



**INFORME 2 DE ESTATUS**

Convenio Desempeño 2017

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables  
de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2018:

**Langostino amarillo, 2018**

SUBSECRETARIA DE ECONOMIA Y EMT / Octubre 2017



## **INFORME 2 DE ESTATUS**

Convenio Desempeño 2017

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables  
de los principales recursos pesqueros nacionales , año 2018:

**Langostino amarillo, 2018**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Octubre 2017

### **REQUERENTE**

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y  
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO

Subsecretaría de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño:  
**Natalia Piergentilli Domenech.**

### **EJECUTOR**

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo  
**Leonardo Núñez Montaner**

Jefe División Investigación Pesquera  
**Mauricio Gálvez Larach**

### **JEFE DE PROYECTO**

Joaquin Cavieres Gaete

### **AUTORES**

Joaquin Cavieres Gaete

### **COLABORADORES**

Alejandro Yáñez Rubio  
Maximiliano Zilleruelo León  
Cecilia Bravo Muñoz



## RESUMEN EJECUTIVO

---

El presente documento técnico contiene los resultados de la evaluación de stock de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) y la actualización del estatus para la unidad de análisis norte (**UAN**, 26°03' – 30°30' L.S) y la unidad de análisis sur (**UAS**, 30°30' – 38°48' L.S). Los datos de entrada al modelo de dinámica poblacional están relacionados con información biológica pesquera proporcionada por el programa de Seguimiento de Pesquerías de Crustáceos Demersales que anualmente ejecuta IFOP. Los datos por unidad están relacionados específicamente con: distribución de frecuencias de tallas en las capturas, pesos medios de los individuos, proporción sexual y la capturas por unidad de esfuerzo (CPUE kg/h.a), todos estos actualizados con la mejor información disponible hasta agosto de 2016. Sólo los desembarques son asumidos como supuestos para el presente año en base a un arreglo en función de los mismos y la cuota asignada para ambas áreas. Las biomassas estimadas mediante el crucero de evaluación directa y sus estructuras de tallas para machos y hembras, presentan información disponible hasta el año 2016. En relación a parámetros de vida, ojiva de madurez y mortalidad natural, se utilizó bibliografía científica específica para este recurso con los supuestos correspondientes a cada área. La serie temporal de datos se extiende entre el año 1985 - 2017 para UAN y 1979 – 2017 para la UAS.

Los resultados de la evaluación de stock del langostino amarillo en la UAN muestra que la biomasa total aumentó sostenidamente desde el año 2001 hasta alcanzar un máximo el 2011, para luego decaer sostenidamente hasta el presente año. Esto podría explicarse debido a una fuerte caída de los reclutamientos desde el año 2010. La baja productividad del stock en términos de reclutas y un aumento de la mortalidad por pesca indican que en esta unidad el indicador de BD/BDo descendió considerablemente desde la última estimación realizada el año 2016, pasando de una condición cercana al 71% de su estado virginal para pasar a un 41% en el presente año. Aunque se muestre una disminución en estas variables, el nivel de biomasa desovante se encuentra levemente sobre biomasa objetivo ( $BD_{2017}/BR_{MS}=1,01$ ) pero con un fuerte aumento de la mortalidad por pesca en función del RMS ( $F_{2017}/FR_{MS}=1,90$ ), en caso de cumplirse la cuota establecida, definiría al recurso en una condición de sobrepesca.

Para el langostino amarillo UAS los resultados muestran que el índice relativo de abundancia (CPUE) sigue teniendo una tendencia a la baja observada desde el año 2007, al igual que la biomasa del crucero de evaluación directa en el mismo año, que probablemente es explicado por la caída de los reclutamientos desde el año 1997. La biomasa desovante sobre la biomasa en el máximo rendimiento sostenido se estimó en  $BD_{2017}/BD_{RMS} = 1,21$  y el nivel de mortalidad por pesca en  $F_{2017}/F_{RMS} = 0,32$ , pero el indicador de BD/BDo bajó desde un 0,55 estimado el año 2016 a un 0,48 estimado el año 2017.

Se estimaron las CBA de langostino amarillo de acuerdo al descarte calculado en el proyecto “Programa de Investigación del Descarte y Captura de Pesca Incidental” ejecutado por IFOP desde el año 2013, para así recomendar capturas restringidas por el descarte en la operación de pesca.



En la pesquería de crustáceos, agrupada en los recursos camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langostino amarillo (*Cervimunida johni*), el descarte promedio del langostino amarillo desde el año 2014 a 2016 es cercano al 0,4% en la UAN y 0,1% en la UAS. De acuerdo al sesgo que se establece en la estimación de capturas (descartadas/retenidas), muestreo en barcos y error propio de muestreo y estimación, se sugiere aumentar porcentajes de descarte de 0,4% a 0,5% en UAN y 0,1% a 0,2% en UAS.

Por lo anterior es que se recomienda una CBA para el langostino amarillo UAN entre 613 t y 675 t descontando un 0,5% destinado al descarte. Mientras que, para el langostino amarillo UAS, se recomienda una CBA entre 1981 t y 2125 t descontando un 0,2% de la misma.

Estas recomendaciones, para ambas unidades, están en función de la probabilidad de sobrepasar en 10 y 20% la estrategia del  $F_{45}$ , las cuales están sujetas a revisión por el Comité Científico Técnico de Crustáceos (CCT).



## ÍNDICE GENERAL

	Página
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>1</b>
Objetivo General.....	1
Objetivos Específicos .....	1
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>2</b>
2.1. Antecedentes Generales .....	2
2.2. Antecedentes Administrativos .....	3
<b>3. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....</b>	<b>5</b>
Objetivo Específico 1 .....	5
3.1. Antecedentes pesqueros .....	7
3.2. Antecedentes biológicos.....	10
Objetivo Específico 2 .....	22
Objetivo Específico 3 .....	25
Objetivo Específico 4 .....	25
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
4.1. Objetivo Específico 1 .....	27
Antecedentes Generales .....	27
Antecedentes Pesqueros.....	27
Antecedentes Biológicos .....	35
4.2. Objetivo Específico 2 .....	12
4.2.1. Estatus langostino amarillo unidad de análisis norte (UAN) .....	13
4.2.2. Estatus langostino amarillo unidad análisis sur (UAS) .....	26
4.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3 .....	39
4.3.1. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) langostino amarillo UAN .....	39
4.3.2. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) langostino amarillo UAS .....	42
4.3.3. Incorporación de capturas programa de descartes para estimación de CBA langostino amarillo .....	45
4.4. OBJETIVO ESPECÍFICO N° 4 .....	47
<b>5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>55</b>

**ANEXO:** Códigos langostino amarillo, 2017.



## 1. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

---

### **Objetivo General**

Estimar la composición, abundancia y biomasa y actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales e incertidumbre asociada, proveyendo toda la información y prestando la mejor asesoría a los Comités Científico Técnicos en el análisis de sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables y los niveles de riesgo involucrados, en horizontes de corto y mediano plazo.

### **Objetivos Específicos**

- 1) Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.
- 2) Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo al menos por grupo de pesquerías, incorporando la incertidumbre de estimación involucrada, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, acorde con los estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y recomendados por los Comités Científico y Técnico respectivos.
- 3) Realizar los análisis estocásticos de las posibilidades futuras de explotación y la determinación de los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, para la siguiente temporada extractiva anual (año 2018), reportando el riesgo de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de la estimación de sus indicadores y estados probables de la naturaleza, conforme a lo dispuesto por la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el Plan de Manejo o Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.
- 4) Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente proyecto y consignar en un listado de comprobación (checklist) el cumplimiento de cada una de las recomendaciones realizadas en las revisiones por pares, cuando corresponda.



## 2. ANTECEDENTES

---

### 2.1. Antecedentes Generales

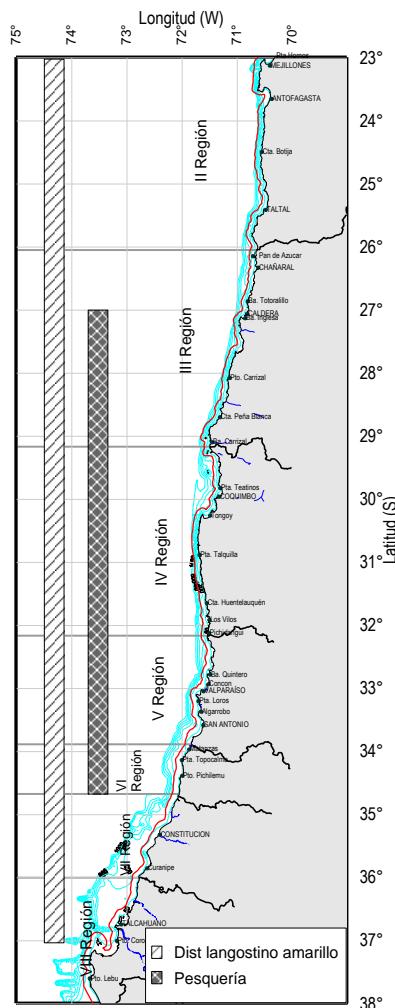
El langostino amarillo (*Cervimunida johni*) es una especie endémica que se distribuye sobre la plataforma continental de Chile y talud superior desde los 23°00' S hasta los 38°20' S y entre los veriles de 150 m a 400 m de profundidad (Bahamonde, 1965; Escuela Ciencias del Mar, 2000; Bahamonde *et al.*, 2003). Se caracteriza por presentar densas agrupaciones o focos de concentración variables inter-anualmente en superficie (Canales y Arana, 2012). De hábitos bento-demersales, vive en fondos de grava y fango y ocasionalmente en los márgenes de zonas rocosas (Ahumada *et al.*, 2013).

La pesquería del langostino amarillo se inicia hace más de 60 años, siendo los centros de desembarque más importantes, Coquimbo, Valparaíso y San Antonio. Actualmente, la operación comercial se concentra principalmente en la zona de Coquimbo (29°) y Valparaíso (34°S), capturándose entre 150 y 350 m de profundidad (Zilleruelo *et al.*, 2015, **Figura 1**).

La actividad pesquera se desarrolla por una flota de carácter multiespecífica que opera sobre cuatro recursos objetivo: langostino amarillo, langostino colorado, camarón nailon y gamba. Los desembarques de estas especies son de menor importancia a nivel nacional en términos de volúmenes de extracción, sin embargo, sustentan una importante actividad tanto industrial como artesanal y aportan significativamente al ingreso de divisas al país por concepto de exportación de productos, especialmente en el rubro congelados. Durante el año 2014, el valor de las exportaciones de langostino amarillo alcanzó los 6.8 millones de dólares correspondientes a 334 toneladas de producto congelado (IFOP/ADUANAS).

Para determinar niveles de explotación sustentables es necesario estudiar la dinámica del recurso y el impacto que tiene la actividad extractivas sobre los niveles poblacionales. Para determinar el estatus del recurso se implementa un modelo de evaluación de stock anual estructurado a la edad que incorpora toda la información biológica y pesquera así como los índices de abundancia estimados a partir de evaluaciones directas. De este modo, se estiman las principales variables de estado del stock a partir de las cuales es posible evaluar estrategias de explotación que permitan mantener la sustentabilidad del recurso. El actual procedimiento de manejo para el langostino amarillo consiste en la determinación del estado de explotación, a partir del cual y bajo un enfoque precautorio, el Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD) con la asesoría técnica del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), recomienda un rango de cuota biológicamente aceptable (CBA) para cada año.

En el presente documento se enmarca dentro del convenio “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pequeños nacionales año 2017” se presenta un enfoque metodológico con arreglo al nivel de conocimiento, es decir, integrando toda la información disponible del langostino amarillo.



**Figura 1.** Distribución espacial del langostino amarillo y área donde se desarrolla la actividad pesquera.

## 2.2. Antecedentes Administrativos

Desde 1995, el langostino amarillo es separado en dos unidades de pesquería: i) La Unidad de pesquería norte, que abarca el área marítima comprendida entre las regiones III y IV, declarada en régimen de Plena Explotación (D.S. N° 377/1995, MINECON) y ii) Unidad de pesquería sur, que se extiende entre la V a la VIII Regiones, declarada en régimen de Pesquería en Recuperación (D.S. N° 787/1996, MINECON). Bajo ambos regímenes de extracción el recurso ha estado sometido a medidas de manejo tales como vedas extractivas orientadas a proteger procesos biológicos y control de la mortalidad por pesca.



En 1997 se estableció una veda biológica anual entre el 1 de enero y 31 de marzo de cada año para toda el área de la pesquería (D.Ex. N° 324/1996, MINECON), orientada a proteger el proceso de muda y crecimiento de la especie. Recientemente, se establece una segunda veda biológica con la finalidad de aportar al proceso de portación de huevos y liberación larval en los crustáceos durante el mes de septiembre de cada año en todo el territorio nacional (D.Ex. N° 126 del 26/02/2015, Ministerio de Economía Fomento y Turismo). Esta norma también modificó la veda de principios de año acotándola a los meses de enero y febrero.

Desde el año 2001 y hasta el año 2007 y debido a los bajos niveles de biomasa estimados tanto por métodos directos e indirectos (Bahamonde *et al.*, 2003; Espejo *et al.*, 2001), se establecieron vedas extractivas anuales en la unidad de pesquería sur por medio de decretos exentos renovados sucesivamente (D.Ex N° 1686/2006). Incrementos de la biomasa (Quiroz *et al.*, 2004; Bahamonde *et al.*, 2004), permitieron que la autoridad normativa propusiera la realización de pescas de investigación, asignando una cuota de captura para la V y VI regiones de 800 t, la que luego fue incrementada en un 50% en el año 2007. Como resultado, se reinicia la actividad extractiva en la V y VI Regiones en el año 2008 y a partir del 2010 en la VII y VIII Regiones.

Durante los últimos años, tanto las evaluaciones directas (Acuña *et al.*, 2012; 2013 y 2014; Queirolo *et al.*, 2015) como indirectas (Bucarey *et al.*, 2015 y Cavieres *et al.*, 2016) han presentado una tendencia decreciente en los niveles de abundancia, lo que motivó la disminución de la cuota en el período 2012-2015. Para el año 2016, la cuota global de captura fue de 4330 t, de las cuales el 57% es para ser extraída entre la III y IV Regiones (D.Ex. N° 953/2014), y el 43% restante entre la V y VIII Regiones. (D. Ex. N° 790/2014). La cuota anual de captura para el año 2017 es de 4068 t, un 7% menos a la estimada para el año 2016.

Consecuentemente con las evaluaciones realizadas durante los últimos años, la dinámica del stock del langostino amarillo es ajustada en dos modelos de evaluación de stock: el primero para la **unidad de análisis norte (UAN)** comprendido entre la III Región y parte de la IV Región ( $26^{\circ}03'$  –  $30^{\circ}30'$  L.S) y el segundo para el **unidad de análisis sur (UAS)**, que abarca desde el sur de la IV Región y hasta el límite sur de la VIII Región ( $30^{\circ}30'$  –  $38^{\circ}48'$  L.S). Esta separación espacial se justifica en el análisis realizado por Montenegro (2008), el cual consideró la distribución espacial del esfuerzo de pesca, rendimientos de pesca, focos de agregación delimitados por las evaluaciones directas y composiciones de tallas. Por lo tanto, la información disponible y actualizada al año 2017, fue revisada y analizada teniendo en consideración dichas áreas de distribución.



### **3. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

---

#### **Objetivo Específico 1**

*Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.*

El estudio se sustenta en la aplicación de un método científico y uso de análisis basados en la mejor información y conocimiento disponible del recurso disponible a la fecha de ejecución del proyecto de acuerdo con la aplicación del enfoque precautorio para la pesca establecido por la FAO (1997). En la implementación del procedimiento de evaluación de stock se utilizan protocolos científicos basados en la determinación de un sistema de niveles o “tiers” que permiten clasificar la información disponible de las especies y su pesquería, los cuales se han convertido en una herramienta de uso común en la asesoría orientada al manejo pesquero en la actualidad.

Como base para la asesoría, el sistema de niveles clasifica a una población según el tipo, cantidad y la calidad de información disponible y por lo tanto, la asesoría en sistemas de nivel superior se considera más confiable (más precisa) que la basada en niveles más bajos. De esta forma, los científicos y administradores de una pesquería, quienes deben asesorar y diseñar medidas de manejo, pueden abordarla con fundamentos más o menos precautorios basados en el nivel de clasificación en que la población se encuentre.

La actual legislación establece que las pesquerías deberán alcanzar o estar en torno al Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) así como los niveles límite que definen el agotamiento o colapso. Para estimar el RMS se utiliza la estrategia de niveles y de acuerdo con la clasificación del estandar de información se definen los PBR o “proxy” que serán usados para definir el estatus del recurso. La definición de los procedimientos de cálculo de los PBR y del marco de referencia especie específicos se basan en el estudio “Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales” (Paya et al., 2014), en cuyo primer taller, se desarrolló en conjunto con expertos internacionales, un sistema de tres niveles para derivar al RMS específico para Las pesquerías en Chile. Además, para determinar el estatus del recurso, se considera lo establecido por el Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD) sobre los requerimientos técnicos que define los estándares de análisis y evaluación para las pesquerías analizadas, conforme a los niveles de conocimiento, información y calidad de los datos disponibles para esos fines.

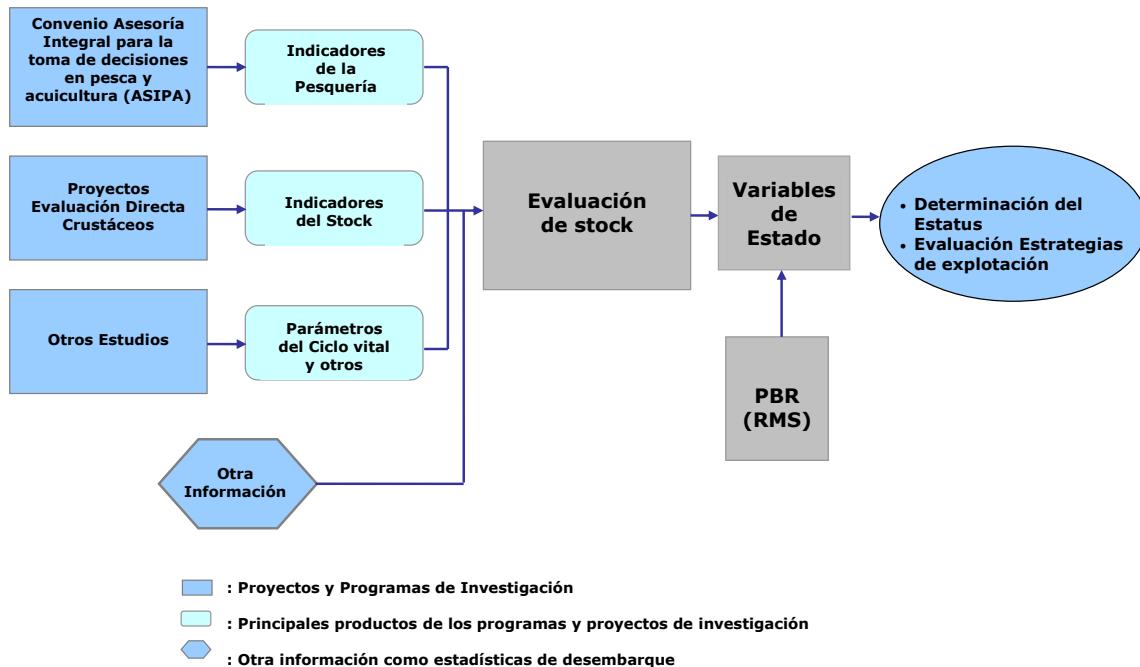
Como parte integral de las actividades del proyecto, se considera la participación en las reuniones establecidas por el CCT-CD, así como las actividades demandadas por la Revisión por Pares Externos e Independientes (RPEI), las que constituirán un Estándar Metodológico en la Evaluación, cuyos protocolos se mantendrán vigentes mientras una actualización no sea requerida.



La evaluación de stock de langostino colorado se realiza a partir de 4 fuentes de información

- (1) El monitoreo de la pesquería. Es la principal fuente de datos y proviene de la Base de Datos del Instituto de Fomento Pesquero, la que es poblada por el levantamiento de información que se realiza a partir del convenio Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura (ASIPA), encargado por la Subsecretaría de Pesca a IFOP desde el año 2010. Anteriormente, la data fue recopilada en el marco del Proyecto Investigación Situación Pesquería Crustáceos (SUBPESCA) y del proyecto Diagnóstico de las Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) Zona Central (CORFO). Esto permite obtener indicadores como la captura por unidad de esfuerzo, las estructuras de tamaños, el peso medio a la talla, entre otros;
- (2) La evaluación directa del recurso que es realizada en los Proyectos de Evaluación Directa licitados por el Fondo de Investigación Pesquera. Estos permiten obtener entre otros resultados, las estimaciones de biomasa vulnerable del recurso.
- (3) Estudios científicos que reportan información asociada a los parámetros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros.
- (4) Otras fuentes de información, como las estadísticas oficiales de desembarques, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca.

De esta forma, el presente proyecto tiene un rol de integración del conocimiento, utilizando los productos de todos los programas y proyectos de investigación que permiten modelar la dinámica del recurso (**Figura 2**).



**Figura 2.** Modelo conceptual utilizado por el presente proyecto de evaluación de stock para langostino amarillo en ambas unidades de análisis.

### 3.1. Antecedentes pesqueros

#### Desembarques

La fuente de información corresponde a los Anuarios estadísticos de pesca (SERNAPESCA) y control cuota (SUBPESCA), identificando la zona de captura del recurso (no el puerto de desembarque). Como el desembarque oficial de SERNAPESCA no se encuentra disponible al año en curso en que se ejecuta el presente proyecto, se asume que la cuota de captura por unidad de análisis es la misma que la desembarcada para el año 2017, por lo anterior es que la serie de desembarques queda desglosada desde el año 1985-2017 para UAN y desde 1979-2017 para UAS.



### Índice de abundancia relativa (CPUE)

Se construyó un Índice de Abundancia Relativa basado en la captura por unidad de esfuerzo CPUE (t/hora de arrastre). La fuente de información proviene de las bitácoras de pesca de armadores y bitácora de viajes pesca con observador científico de IFOP. Se utiliza la información de captura y esfuerzo disponible desde el año 1987 al 2017 para la **UAN** ( $26^{\circ}03' - 30^{\circ}30'$  L.S) y 1982 – 2017 para la **UAS** ( $30^{\circ}30' - 38^{\circ}48'$  L.S). En ambos casos existen años en los que no hay información disponible. El índice anual se obtiene utilizando la metodología descrita por Maunder y Punt (2004), la cual consiste en el modelado de las tasas de captura en función de un conjunto de variables predictoras. Para estos efectos, se probó el supuesto distribucional de la variable respuesta “rendimientos de pesca”, la cual pertenecería a la familia exponencial de distribuciones y, considerando la divergencia que existe con la normalidad de los datos, se optó por utilizar la clase de modelos lineales generalizados (GLM). Luego de un análisis previo y aplicar diversos ajustes, se utilizaron dos modelos: uno con distribución de probabilidad Gamma (**a**) (función de enlace log) y otro donde la variable es convertida mediante el logaritmo natural y ajustando sus parámetros mediante una distribución Gaussiana con función identidad (**b**). Las ecuaciones se presentan a continuación:

$$E(Y_{ijklm}) = \log(\alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \xi_m) \quad (\text{a})$$

$$\ln(Y_{ijklm}) = \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \delta_l + \xi_m \quad (\text{b})$$

donde  $Y_{ijklm}$  corresponde al rendimiento de pesca observado en el año  $i$ -ésimo, en el barco  $j$ -ésimo, en el trimestre  $k$ -ésimo, a la profundidad  $l$ -ésima, obtenida en la zona  $m$ -ésima,  $\alpha$  es el vector de parámetros asociados al año,  $\beta$  es el vector de parámetros de los barcos,  $\gamma$  es el vector de parámetros para los trimestres,  $\delta$  es el vector de parámetros asociado a la profundidad y  $\xi$  es el vector de parámetros asociado a la zona.

Un estimador de la CPUE para el año  $i$ -ésimo, a partir de los modelos se obtiene a través de:

$$\hat{cpue}_i = \exp(\hat{\alpha}_i) \quad (\text{a})$$

y

$$\hat{cpue}_i = \exp(\hat{\alpha}_i + \sigma^2 / 2) \quad (\text{b})$$

donde  $\hat{\alpha}_i$  es el valor del parámetro estimado a través de máxima verosimilitud, utilizando el ambiente de análisis estadístico R (R Core Team, 2016).



Para la estandarización de la CPUE del langostino amarillo de la UAS y UAS se utilizaron los factores año, barco, trimestre y profundidad (Estrato 1: 50-200 m; Estrato 2: 200-400 m).

Se utiliza el método delta para estimar la distribución de funciones de los parámetros estimados, es decir, la CPUE de cada año. El uso de la propiedad de invarianza de los estimadores de máxima verosimilitud es apropiado para la estimación puntual, dado que si  $\theta$  es el estimador máximo verosímil de  $(\theta)$ , entonces es el estimador máximo verosímil de  $g(\theta)$ , (con  $g(\cdot)$  función diferenciable). Por lo tanto, si se tiene una variable aleatoria  $X$  con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ , se puede aproximar la varianza como:

$$\text{var}(g(X)) \approx g(\mu)^2 \sigma^2$$

#### Biomasa vulnerable a los cruceros de área de barrida

Entre 1995 y 2013, los estudios de evaluación directa de langostinos fueron realizados distintas instituciones. A partir del año 2014 pasan a ser parte del Convenio Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura a cargo de IFOP, quien llama a licitación del proyecto siendo la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso la institución a cargo de su ejecución en el último año (**Tabla 1**). El área prospectada por estos estudios abarca desde la II hasta la VIII Regiones, cubriendo así el área de distribución del recurso.

**Tabla 1.**

Proyectos de evaluación directa de langostino amarillo. Los ejecutores corresponden a: PUCV, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso; UCN, Universidad Católica del Norte; UdeC, Universidad de Concepción; IFOP, Instituto de Fomento Pesquero; INPESCA, Instituto de Investigación Pesquera VIII Región S.A.

Año	Proyecto	ZONA	Ejecutor
1995	Informe PUCV	V-VIII	PUCV
1996	FIP 96-08	III -IV Regiones	UCN
1997	FIP 97-23	V - VIII	UdeC
1997	FIP 97-25	III - IV	UCN - UdeC
1998	-	-	-
1999	FIP 99-09	III - VIII	UCV - INPESCA - IFOP
2000	FIP 2000-05	II - VIII (23 -37° LS)	UCV - IFOP - UCN
2001	FIP 2001-06	II - VIII	IFOP - UCV
2002	FIP 2002-06	II - VIII	IFOP - UCV
2003	FIP 2003-31	II - VIII	IFOP - UCV
2004	FIP 2004-11	II - VIII	UCN - UdeC
2005	FIP 2005-09	II - VIII	UCN - UdeC
2006	FIP 2006-04	II - VIII	UCN - UdeC
2007	FIP 2007-19	II - VIII	UCN - UdeC
2008	FIP 2008-16	II - VIII	UCN - UdeC
2009	FIP 2009-15	II - VIII	UCN - UdeC
2010	-	-	-
2011	FIP 2011-01	II - VIII	UCN - UdeC
2012	FIP 2012-02	II - VIII	UCN - UdeC
2013	FIP 2013-02	II - VIII	UCN - UdeC
2014	ASIPA 2014	II - VIII	IFOP-PUCV
2015	ASIPA 2015	II - VIII	IFOP-PUCV
2016	ASIPA 2016	II - VIII	IFOP-PUCV

### **3.2. Antecedentes biológicos**

#### Parámetros de historia de vida

Para la implementación del procedimiento de evaluación se recoge el conocimiento de estudios científicos y técnicos que reportan información asociada al ciclo vital de la especie, como el crecimiento, la mortalidad natural y madurez, entre otros.



### Composición de tallas en la captura

Corresponde al número de ejemplares por rango de tallas capturados por la flota comercial. En las primeras décadas del período analizado (setenta y ochenta), los muestreos eran realizados fundamentalmente al momento del desembarque, en tanto que las últimas décadas (1996 a la fecha) los muestreos son realizados mayoritariamente a bordo, bajo un diseño de muestreo tri-etápico. Este diseño considera como primer nivel de conglomerado, los viajes de pesca, luego los lances de pesca y finalmente los ejemplares capturados. Las composiciones de tallas anuales ingresan al modelo de evaluación como proporción de ejemplares a la talla y disgregada por sexo.

### Proporción sexual

Corresponde a la proporción en número de ejemplares por sexo y área observados en las capturas. Se considera la proporción observada a partir del monitoreo de la pesquería, realizado por el programa de levantamiento de datos de IFOP. En los años en que no se cuenta con información suficiente se utiliza un supuesto de proporción sexual 1:1 (0,5 = hembras y machos).

### Peso medio a la talla

Se utiliza un peso medio histórico por sexo y área para toda la serie de años analizado. Este peso medio se obtuvo a partir de la relación longitud-peso anual por sexo para el período 1993 – 2017 en la UAN y período 1986 – 2017 para la UAS

#### i) **Modelo de evaluación de stock**

Para la evaluación del stock del recurso langostino amarillo, se utilizó un modelo edad-estructurado, con observaciones en tallas (Age Structured Statistical Catch-at-Length, Maunder y Watters, 2003) el que ha sido utilizado sistemáticamente desde el año 2006 (Quiroz y Montenegro, 2006).

Sobre el modelo edad-estructurado, los principales supuestos son:

- El stock de langostino amarillo está constituido por 2 sub-unidades de stock, correspondientes al área norte ( $26^{\circ}03'$  –  $30^{\circ}30'$  L.S) y área sur ( $30^{\circ}30'$  –  $38^{\circ}48'$  L.S).
- El stock está compuesto por 11 grupos de edad.
- El crecimiento es diferenciado entre machos y hembras.
- La mortalidad natural es conocida, constante entre años y edades.
- La mortalidad natural y por pesca son simultáneas (ecuación de Baranov).
- El patrón de vulnerabilidad de los individuos es a la edad y sigue un modelo logístico.



- Los reclutas corresponden a individuos del grupo de edad 3 y son estimados a partir del reclutamiento medio y desvíos anuales con distribución lognormal.
- Los desembarques están sujetos a error de observación.
- CPUE y estructuras de tallas

### Dinámica poblacional

El modelo de dinámica poblacional se estructura en grupos de edades relativas, diferenciado por sexos, con parámetros de crecimiento y mortalidad natural fijos. La dinámica poblacional está gobernada por la expresión:

$$N_{t,a} = \begin{cases} R_t & a = 1, \forall t \\ N_{t-1,a-1} e^{-(F_{t-1,a-1} + M)} & 1 < a < A - 1, \forall t \\ N_{t-1,a-1} e^{-(F_{t-1,a-1} + M)} + N_{t-1,a} e^{-(F_{t-1,a} + M)} & a = A, t > 1 \end{cases}$$

donde  $N_{t,a,s}$  es la abundancia estimada al inicio del año  $t$  de los individuos de edad  $a$  y sexo  $s$ ;  $M$  es la mortalidad natural independiente de la edad y tiempo,  $F_{t,a,s}$  es la mortalidad por pesca para la edad  $a$ , sexo  $s$ , durante el año  $t$ . De esta forma la abundancia se proyecta en el período de modelación, comenzando por la estructura de edad en número a inicios del primer año (1985), la cual se estima con  $2_a$  parámetros en el modelo (con  $a$  el número de edades) y posteriormente removiendo individuos de la población producto de la mortalidad natural y por pesca, sumando para cada período modelado el ingreso de reclutas. Para la fase explotada se estiman los reclutas de la forma:

$$R_{t,s} = \bar{R} \exp(\eta_t) \xi$$

donde  $\bar{R}$  corresponde al reclutamiento medio, el cual es considerado un parámetro desconocido a estimar, el que es multiplicado por una perturbación anual ( $\eta_t$ ) y  $\xi$  es la proporción sexual en el reclutamiento.

La biomasa desovante se estima de la forma:

$$BD_t = \sum_a N_{t,a,s} e^{-\Delta^t Z_{a,t}} \bar{w}_{a,t} O_a$$



donde  $\Delta'$  es la fracción del año a la que ocurre el desove,  $\bar{w}_{a,t}$  es el peso medio a la edad de las hembras y  $O_a$  corresponde a la ojiva de madurez sexual de las hembras a la edad.

La tasa de mortalidad por pesca se asume bajo la hipótesis de separabilidad (Doubleday, 1976; Fournier y Archibald, 1982), donde la mortalidad por pesca por edad y años es definida como el producto de una componente anual y otra edad-sexo específica. El patrón de selectividad de la flota que opera sobre el langostino amarillo se considera asintótico y constante entre años tanto a nivel de parámetros de posición como de dispersión. El mismo supuesto se aplica sobre el patrón de explotación de los cruceros de evaluación directa y sus parámetros son estimados independientemente.

De esta forma la mortalidad por pesca para la edad  $a$  año  $t$  y sexo  $s$  está dada por:

$$F_{t,a,s} = F_t S_{a,s}^f$$

donde  $F_t$  es la mortalidad anual estimada de los ejemplares completamente reclutados a la pesquería y  $S_{a,s}^f$  es la selectividad estimada de la flota edad-sexo específica a la cual se estimó a partir de un modelo logístico re-parametrizado al 50% y 95% de reclutamiento a la pesquería, de la forma:

$$S_{a,s}^f = \left( 1 + e^{(-\ln(19) \frac{a - a_{50,s}}{d_{95-50,s}})} \right)^{-1}$$

donde  $a_{50,s}$  corresponde a la edad al 50% de vulnerabilidad del sexo  $s$  y  $d_{95-50,s}$  corresponde a la diferencia entre la edad al 95% y 50% de vulnerabilidad a la pesquería del sexo  $s$ ; los que fueron estimados como parámetros dentro del modelo. El superíndice  $f$  indica la flota

El modelo es basado en edades, pero con datos en talla, con una estructura similar al modelo A-SCALA (Age Structured Statistical Catch-at-Length, Maunder y Watters, 2003). Se utiliza una clave talla-edad modelo-basada, donde la desviación estándar de la longitud a la edad ( $\sigma_a$ ) se supone proporcional a la talla media ( $\bar{L}_a$ ) a través del coeficiente de variación edad-invariante, de la forma:

$$\sigma_{a,s} = cv_s \bar{L}_{a,s}$$

La talla media para cada grupo etario se estimó a partir de los parámetros de crecimiento sexo-específicos ( $L_{\infty}$  y  $k$ ) y la talla del primer grupo, de la forma:

$$\bar{L}_{a,s} = L_{\infty,s} (1 - e^{-k_s}) + e^{-k_s} \bar{L}_{a-1,s}$$



Así, la probabilidad de que un individuo pertenezca al rango de tallas  $l$ , dado que pertenece al grupo de edad  $a$  y sexo  $s$ , fue modelada a través de una distribución de probabilidad normal con media  $\bar{l}_{a,s}$  y desviación  $\sigma_{a,s}$  sobre todo el rango de tallas observado en la matriz de captura a la talla definida como:

$$p(l|a,s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{a,s}^2}} e^{-\frac{(l-\bar{l}_{a,s})^2}{2\sigma_{a,s}^2}},$$

donde  $p(l|a,s)$  representa la matriz de distribución de probabilidad por talla  $l$  para la edad  $a$  y sexo  $s$ , la cual se utilizó para convertir edades a longitudes.

### Modelo de las observaciones

El modelo de las observaciones corresponde a las variables de estado que son estimadas por el modelo y posteriormente contrastadas estadísticamente con las observaciones provenientes de la pesquería y evaluaciones directas.

#### a) Abundancias y biomassas medias

La abundancia media para el año  $t$  se estimó a través de:

$$\bar{N}_{t,a} = \sum_{s=1}^2 N_{t,a,s} \frac{1 - e^{-Z_{t,a,s}}}{Z_{t,a,s}}$$

La abundancia media vulnerable a la flota se estima a partir de la abundancia media y la selectividad de la forma:

$$\bar{NV}_{t,a} = \sum_{s=1}^2 \bar{N}_{t,a,s} S_{a,s}^f$$

Para obtener la biomasa media vulnerable, primero se estima la abundancia media vulnerable a la talla y luego se llevó a peso a través del peso medio estimado a la talla, a través de las expresiones:

$$\bar{NV}_{t,l,s} = \bar{NV}_{t,a,s} p(l|a,s)$$

$$\bar{BV}_t = \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L \bar{NV}_{t,l,s} \bar{w}_{l,s}$$



Para la estimación de la biomasa media vulnerable a los cruceros de evaluación directa, se estima la abundancia media vulnerable a la edad, la cual es posteriormente estimada a la talla.

$$\bar{NVc}_{t,a,s} = \bar{N}_{t,a,s} S_{a,s}^c$$

Donde  $\bar{NVc}$  es la abundancia media vulnerable a los cruceros de evaluación directa y  $S_{a,s}^c$  es su selectividad. El superíndice c identifica al crucero de evaluación directa.

La biomasa vulnerable a los cruceros se estima de la forma:

$$\bar{NVc}_{t,l,s} = \bar{NVc}_{t,a,s} p(l|a,s)$$

$$\bar{BVc}_t = q_c \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L \bar{NVc}_{t,l,s} w_{l,s}$$

donde  $q_c$  corresponde al coeficiente de capturabilidad de los cruceros de evaluación directa y se estima de la forma:

$$\hat{q}_c = \exp \left[ \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(\bar{BVc}_t) - \ln(\hat{B}_t) \right]$$

### b) Captura (número) y desembarque (peso)

La captura a la edad se estima a través de la ecuación de captura de Baranov de la forma:

$$Y_{t,a,s} = \frac{F_{t,a,s}}{Z_{t,a,s}} (1 - e^{-Z_{t,a,s}}) N_{t,a,s}$$

Para la estimación del desembarque se estima la captura en número a la talla, y luego el desembarque en peso a partir del peso medio a la talla.

$$Y_{t,l,s} = Y_{t,a,s} p(l|a,s)$$

$$Y_t = \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L Y_{t,l,s} w_{l,s}$$



c) Proporción de captura a la talla para la flota comercial

$$p_{t,l,s} = \frac{Y_{t,l,s}}{\sum_{l=1}^L Y_{t,l,s}}$$

d) Proporción de captura a la talla para la evaluación directa

$$p_{t,l,s} = \frac{Y_{t,l,s}}{\sum_{l=1}^L Y_{t,l,s}}$$

e) Índice de abundancia relativo ( $CPUE \equiv I$ ),

$$I_t = q_f \bar{BV}_t$$

donde  $q_f$  es el coeficiente de capturabilidad para la flota comercial, el cual es resuelto en el modelo a través de su estimador máximo verosímil (Walters y Ludwig, 1994):

$$q_f = e^{(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(I_t) - \ln(\bar{BV}_t))}$$

donde  $T$  es el número de años del período de modelación y  $I_t$  es el índice de abundancia relativo (CPUE estandarizada) estimado a partir de la información de captura y esfuerzo.

f) Proporción sexual (de machos en número) en la fracción explotable

La proporción de machos para la fracción explotable se estima de la forma:

$$\tilde{p}_t^m = \frac{\sum_{a=1}^A NV_{t,a,1}}{\sum_{a=1}^A NV_{t,a,1} + \sum_{a=1}^A NV_{t,a,2}}$$



donde  $\tilde{p}_t^m$  corresponde a la proporción estimada de machos en la fracción vulnerable para el año  $t$ ,  $NV_{t,a,1}$  es la abundancia vulnerable de machos ( $s=1$ ), de la edad  $a$  en el año  $t$  y  $NV_{t,a,2}$  es la abundancia vulnerable de hembras ( $s=2$ ), de la edad  $a$  en el año  $t$ .

#### Modelo de los errores y función de minimización

Las verosimilitudes describen las funciones de probabilidad asociadas a la componente aleatoria del proceso. Para esto, se utilizan las siguientes funciones de verosimilitud ( $\ln$ ):

- Distribución multinomial de la composición por talla de los desembarques (omitiendo constantes):

$$-\ln(L(x/\theta))_1 = -\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L n p_{t,l,s} \ln(\hat{p}_{t,l,s})$$

Donde  $p_{t,l,s}$  es la proporción observada de ejemplares a la talla  $l$ , del año  $t$ , del sexo  $s$ ,  $\hat{p}_{t,l,s}$  es la proporción estimada y  $n$  es el tamaño de muestra efectivo.

- Distribución lognormal de los desembarques (omitiendo constantes, asumiendo  $\sigma_Y$  conocido)

$$-\ln(L(x/\theta))_2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(Y_t) - \ln(\hat{Y}_t))^2}{2\sigma_Y^2}$$

Donde  $Y_t$  es el desembarque (en peso) observado por año,  $\hat{Y}_t$  es el desembarque estimado y  $\sigma_Y = \sqrt{\ln(1 + cv_Y^2)}$  (Bull *et al.*, 2005).

- Distribución lognormal de la CPUE (omitiendo constantes, asumiendo  $\sigma_c$  conocido).

$$-\ln(L(x/\theta))_3 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(I_t) - \ln(q_f \bar{B} V_t))^2}{2\sigma_c^2}$$

- Distribución lognormal de las biomasas reportadas en los cruceros de evaluación (omitiendo constantes, asumiendo  $\sigma_B$  conocido).



$$-\ln(L(x/\theta))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(Bc_t) - \ln(q_c \bar{B} V c_t))^2}{2\sigma_B^2}$$

v) Distribución binomial para la proporción de machos en la fracción vulnerable (aproximación normal):

$$-\ln(L(x/\theta))_5 = \frac{\sum_{t=1}^T (p_t^m - \tilde{p}_t^m)^2}{2 \tilde{p}_t^m (1 - \tilde{p}_t^m) / n}$$

Donde  $p_t^m$  es la proporción de machos en el stock (vulnerable) observado por año,  $\tilde{p}_t^m$  es la proporción de machos en el stock (vulnerable) estimado y  $n$  es el tamaño de muestra efectivo.

vi) Error de proceso en los reclutamientos

$$-\ln(L(\eta_t / \sigma_R^2))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T \eta_t^2}{2\sigma_R^2}$$

vii) Error de proceso en la estructura de edad inicial (por sexo)

$$-\ln(L(\varepsilon_{t,s} / \sigma_{0,s}^2))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_{t,s}^2}{2\sigma_{0,s}^2}$$

viii) Coeficientes de variación

Los coeficientes de variación que son empleados en los distintos índices de abundancia y capturas miden el nivel de desviación que el analista supone tienen los datos respecto del valor central verdadero como parte del error de observación. El coeficiente de variación tiene relevancia en las estimaciones pues es inversamente proporcional con el peso que tiene una determinada fuente de datos en la verosimilitud total.

Por ejemplo y como medida de referencia, para dos series de índices con igual número de observaciones, un  $cv=0,1$  (ie. un IC al 95% de  $\pm 20\%$  la media) tiene un peso en la verosimilitud total de 4 veces más respecto del índice que asume un  $cv=0,2$ . En este razonamiento a menudo se supone que el modelo representa la naturaleza de manera perfecta, lo cual ya es cuestionable y por ende el establecimiento de ponderadores es un punto de debate. Este tema ha sido recientemente discutido



por Francis (2011) sin que por ahora se disponga de reglas claras para su determinación, sino más bien criterios a tomar en cuenta.

Estos factores son a menudo consensuados entre especialistas y es común asumir desviaciones que reflejen el nivel de credibilidad relativa que se tienen a ciertas piezas de información. Comúnmente se asignan bajos niveles de incertidumbre a los desembarques y mayores a los cruceros, esto por el hecho que los desembarques son mediciones directamente asociadas con la mortalidad por pesca, mientras las estimaciones de biomasa de cruceros están sujetos a variados criterios y consideraciones en sus estimaciones de una población “no observable”, lo que en definitiva insta a suponer que ellos tienen mayor incertidumbre y/o son tratados como medidas relativas de abundancia.

Francis (2011) propone la idea de aproximarse de manera gradual a una medida del error, comenzando con un suavizador de los datos, es decir, un análisis exploratorio que considere aquel coeficiente de variación teórico que resulta de aplicar el “mejor” modelo de tendencia central a los datos aislados. Este primer procedimiento no depende del modelo de evaluación de stock sino de la variabilidad de los datos. En el presente estudio, el modelo base considerará los cv, usados habitualmente y además, se aplicará el procedimiento propuesto por Francis (*op. cit*) a las biomassas estimadas en los cruceros acústicos, y cpue, empleando polinomios como estimadores de tendencia central.

Con respecto a los CV de las capturas, debido a que existe poca o ninguna información en los datos y estructura del modelo para estimar la captura total, el modelo se ajusta asumiendo que las capturas se conocen exactamente o con altos niveles de precisión. Bajo este supuesto, las estimaciones de N del modelo y los parámetros de separabilidad permitirían determinar F anual. Sin embargo, para la ecuación de Baranov, no existe una solución analítica para los valores de F, por lo tanto se deben tratar como parámetros estimables, pero altamente limitados (CV bajos) de tal manera que las capturas totales se puedan estimar de manera muy precisa.

Los valores de coeficiente de variación (cv) y los tamaños de muestra efectivos para la estructura de tallas de la captura del modelo y evaluaciones directas de partida en las funciones de verosimilitud se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 2.**

Resumen de los principales ponderadores usadas a las piezas de información de entrada al modelo base de evaluación

	UAN	UAS
Desembarque	0.1	0.1
Índice relativo ( $\approx$ CPUE)	0.15	0.15
Biomasa cruceros	0.3	0.3



Los desembarques comúnmente se asumen como valores verdaderos dentro del modelo. En el caso de los cruceros de evaluación directa, se considera que las estimaciones de biomasa suponen un mayor grado de incertidumbre dada su naturaleza de población “no observable” sujeta al uso de variados criterios y consideraciones en su estimación por lo que son tratados como índice relativo de abundancia.

#### ix) Tamaños de muestra efectivos

El tamaño de muestra corresponde a una expresión inversamente proporcional con la incertidumbre/error de observación que tienen las composiciones de tallas empleadas en la evaluación de stock. En este trabajo se aplicará un proceso iterativo recomendado por Gavaris y Ianelli (2002) e implementado por Canales *et al.*, 2012 donde se considera el promedio aritmética según fuente de información:

$$nm = \sum \hat{p}(\mathbf{1} - \hat{p}) / \sum (\hat{p} - p)^2$$

Donde  $nm$  corresponde al tamaño efectivo muestral,  $\hat{p}$  y  $p$  representan las proporciones observadas y predichas. El proceso se inicia con un valor arbitrario de tamaños de muestra para luego de repetidos ajustes del modelo, llegar a valores estables que son los empleados en esta evaluación de stock. A menudo es deseable verificar estas estimaciones cuando en el modelo se van integrando nuevas composiciones de tallas o como estos valores pueden variar dependiendo de cambios en los supuestos del modelo.

Como análisis alternativo se introduce la metodología propuesta por Francis (2011), el cual estima los tamaños muestrales en función de la matriz de estructura de tallas observadas y las estimadas por el modelo de evaluación. La estimación se hace en dos “fases”, en donde por ejemplo, en la fase 1 se asignan los ponderadores a los datos recolectados de la estructura de tallas. La fase 2 de estimación se produce después de que el modelo ha sido ejecutado y está destinado a hacer que las ponderaciones de los datos sean más consistentes con los resultados del modelo. La estimación en la primera fase es a partir de la negativa *log-verosimilitud* (ignorando los términos constantes) para los datos de composición ( $O_{jby}$ ):

$$-N_{jy} O_{jby} \log E_{jby}$$

Donde  $N$  es el tamaño de muestra usado con distribución multinomial en los datos ponderados,  $O$  es un punto individual (observación),  $E$  el valor esperado del modelo para un punto individual y los subíndices  $j, b$  e  $y$  corresponden a la composición del set de datos usados en el modelo de evaluación, los bins dentro de la composición de los datos (por ejemplo, intervalo entre tallas) y los años dentro de un conjunto de datos de composición. La ecuación correspondiente a la fase 2 bajo el supuesto de que:



$$N_{jy} = \widehat{N}_{jy} w_j$$

es igual a:

$$w_j = [m_{year,j}(m_{bin,j} - 1)] / [\frac{\sum_{by} \widehat{N}_{jy} (O_{jby} - E_{jby})^2}{E_{jby}}]$$

Donde  $w$  es un ponderador simple de la composición del set de datos usados en la evaluación de stock

**Tabla 3**  
Tamaño de muestra efectivos para evaluación de langostino amarillo UAN y UAS

Tamaños de muestra	UAN	UAS
<i>nm</i> machos flota	50	25
<i>nm</i> hembras flota	50	25
<i>nm</i> machos cruceros	25	25
<i>nm</i> hembras cruceros	25	25

#### x) Plataforma de trabajo

El modelo de la dinámica poblacional fue programado en la plataforma AD Model Builder (Fournier *et al.*, 2012). Todos los códigos fuente y datos empleados en las evaluaciones serán debidamente documentados e informados detalladamente, incluyendo su versión digital, estableciéndose una numeración específica para cada versión. Cualquier modificación del modelo y/o de su correspondiente código será informado detalladamente en el informe respectivo, dejando constancia de todas las versiones que se emplearon hasta la fecha en que se emite el informe y definiendo específicamente la versión que se empleará en éste, para fines de revisiones posteriores.



## Objetivo Específico 2

*Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo al menos por grupo de pesquerías, incorporando la incertidumbre de estimación involucrada, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, acorde con los estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y recomendados por los Comités Científico y Técnico respectivos.*

### Evaluación de stock

Para determinar el diagnóstico y estatus de los principales recursos pesqueros nacionales, en el contexto de la nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), se revisan los puntos biológicos de referencia (PBR) y marco biológico a emplear. La actual legislación establece que las pesquerías deberán alcanzar o estar en torno al Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) así como los niveles límite que definen el agotamiento o colapso del recurso. El RMS se produce cuando el stock desovante se reduce sin impactar el reclutamiento promedio y para ello es necesaria la estimación de PBR. El marco biológico se define en el Informe Técnico N°02/2015 por el Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales, el cual a su vez está basado en el estudio “Revisión y Estimación de los PBR (Rendimiento Máximo Sostenido) para las principales pesquerías nacionales” (Payá et al., 2014), proyecto ejecutado por IFOP con la consultaría a expertos internacionales.

### Modelo por Recluta de dinámica combinada y estimación de PBR

A partir de un análisis de rendimiento y biomasa por recluta, dado el patrón de selectividad de la flota, pesos medios y madurez sexual a la edad, se estima el nivel de mortalidad por pesca ( $F_{RMS}$ ) asociado a la proporción de la Biomasa Desovante virginal (BDo) considerada objetivo o un proxy basado en la literatura (Clark, 1993; Mace y Sissenwine, 1993). Cabe señalar que la biomasa desovante se calcula al 1º de agosto y considera el efecto edad específico de la mortalidad (natural y por pesca)

El método se describe como:

$$\begin{aligned}N_a &= 1.0 & a = 0 \\N_a &= N_{a-1} \exp(-M - s_{a-1}F) & 0 < a < a_{plus} \\N_a &= \frac{N_{a-1} \exp(-M - s_{a-1}F)}{(1 - \exp(-M - s_a F))} & a_{plus} \\N_{a,\Delta t} &= N_a \exp(-(M \Delta t_{BD}) - (s_{a-1} F \Delta t_{BD})) & a.\Delta t\end{aligned}$$



Donde  $N_a$  es el número de individuos a la edad  $a$ ,  $M$  es la mortalidad natural,  $S_a$  es la selectividad edad específica,  $F$  es la mortalidad por pesca,  $a_{plus}$  es el grupo plus,  $\Delta t_{BD}$  es el período del año después del cual comienza el desove. La biomasa desovante por recluta puede ser estimada usando el número predicho a la edad combinado con el peso a la edad y la madurez a la edad:

$$BDPR_F = \sum_{a=0}^{a_{plus}} N_a w_a m_a$$

donde  $BDPR_F$  es la biomasa por recluta a la tasa de mortalidad por pesca  $F$  (si  $F=0$ , es  $BDPR_0$ ); por ejemplo, el objetivo  $BDPR_{0.45}$  es simplemente  $0.45 \times BDPR_0$ . La  $F_{45\%}$  se obtiene resolviendo la ecuación:

$$BDPR_F - BDPR_{0.45} \sim 0.0$$

El rendimiento para cada tasa de mortalidad por pesca se calcula como:

$$\hat{C}_a = \frac{s_a F}{M + s_a F} N_a (1 - e^{-(M+s_a F)})$$

donde  $\hat{C}_a$  es la captura predicha a la edad  $a$ , la que debe sumarse en todas las edades para obtener el rendimiento total previsto para una tasa de mortalidad por pesca dado.

Cabe destacar que se utiliza el equilibrio  $F_{45\%}$  de un análisis de biomasa desovante por recluta ( $BD_{PR}$ ) como objetivo que no necesita estimación de  $h$  para actuar como un proxy de  $B_{RMS}$ . Clark demostró que, al menos para algunas condiciones, la pesca en  $F_{45\%}$  produce que un stock alcance  $B_{40\%}$  (actuando como una aproximación genérica o proxy para  $B_{RMS}$ ) bajo un amplio rango de valores de steepness ( $h$ ) de una relación stock-recluta de Beverton-Holt (2º Taller Revisión de PBR).

## Marco de Referencia

Desde los resultados de la evaluación de stock y su incertidumbre total, se obtienen las variables de estado y PBRs que permiten diagnosticar el stock en estudio. Para ello se utiliza el diagrama de Fase en el cual se define el estatus del recurso. Este diagrama se construye a partir de la razón entre la biomasa desovante actual respecto de la biomasa desovante considerada objetivo ( $BD/BD_{RMS}$ ) y la razón de mortalidad por pesca respecto de la considerada como objetivo de manejo ( $F/F_{RMS}$ ).

En el diagrama de Fases se identifican las áreas que definen la condición del recurso basado en los PBR y límites establecidos en el Informe Técnico N°2 del CCT-CD (**Figura 3**):



- i) Plena explotación, ocurre cuando recurso se encuentra en o en torno al RMS (o proxy) en términos de la biomasa desovante, es decir, la razón  $BD/BD_{RMS} \sim 1$ . Los límites que definen la zona de plena explotación en términos de la biomasa se establecen entre  $[0,8 - 1,5] * BD_{RMS}$ . Los límites en términos de la mortalidad por pesca ( $F$ ) corresponden a  $[0,75 - 1,25] * F_{RMS}$
- ii) Sobre-explotado, ocurre cuando el recurso se encuentra por debajo del RMS, es decir, la  $BD/BD_{RMS} < 0,8$ .
- iii) Agotado, ocurre cuando la  $BD/BD_{RMS} < 0,5$ .
- iv) Sub-explotado, ocurre cuando la razón  $BD/BD_{RMS} > 1,5$ .
- v) Sobrepesca, ocurre cuando el nivel de mortalidad por pesca aplicado sobre el stock es superior al  $F_{RMS}$  y se encuentra por sobre el límite de plena explotación ( $F/F_{RMS} > 1$ ).

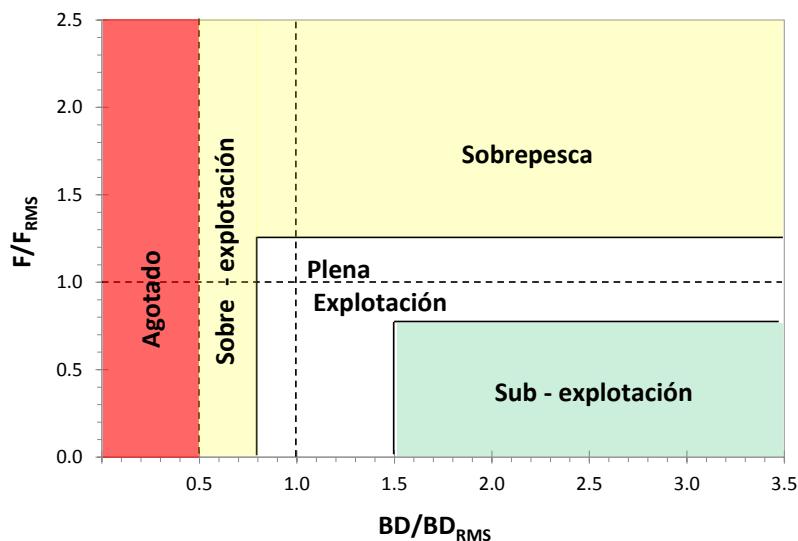


Figura 3. Diagrama de Fase definido por el CCT-CD para las pesquerías de Crustáceos Demersales.



### **Objetivo Específico 3**

*Realizar los análisis estocásticos de las posibilidades futuras de explotación y la determinación de los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, para la siguiente temporada extractiva anual (año 2018), reportando el riesgo de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de la estimación de sus indicadores y estados probables de la naturaleza, conforme a lo dispuesto por la Ley General de Pesca y Acuicultura y en el Plan de Manejo o Programa de Recuperación respectivo, según corresponda.*

La ecuación que gobierna la dinámica de la población proyectada es la misma que la utilizada en el período de modelado del stock. Los reclutamientos serán estimados a partir de un valor medio obtenido para todo el período de ajuste del modelo (fijos).

Las estrategias a ser evaluadas corresponden a tasas de mortalidad por pesca constante y consistente con los puntos biológicos de referencia para el recurso y por unidad de modelado, para las cuales se presentaron las capturas asociadas y los percentiles de riesgo de exceder dichas tasas (10% al 50%). Estos percentiles son elegidos de acuerdo al impacto que puede tener un incremento en la elección de una estrategia de explotación, el rango de CBA es presentado como ejercicio y no como valor definitivo, el cual queda sujeto a la recomendación y decisión del CCT.

Se realizará un análisis de riesgo de exceder las tasas de explotación en conjunto, con un análisis de escenarios (estados de la naturaleza) respecto del valor de la biomasa directa que se obtuvo a partir del crucero de investigación directa del año 2016. Un ejemplo de este enfoque se puede encontrar en McAllister y Kirkwood (1998).

Se proyectarán distintos escenarios de capturas y reducción poblacional (BD/BDo) en el mediano plazo, esto ante la estrategia del proxy  $F_{RMS}$  con reclutamientos altos, medios y bajos. El mediano plazo está referido a 10 años y en directa relación con los 11 grupos de edades observadas (y modelados) en la evaluación de stock, esto con el fin de dejar pasar una cohorte completa para visualizar los resultados de dicha proyección.

### **Objetivo Específico 4**

*Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente proyecto y consignar en un listado de comprobación (checklist) el cumplimiento de cada una de las recomendaciones realizadas en las revisiones por pares, cuando corresponda.*

Conforme al Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) elaborado por recurso y/o pesquería se informarán tanto los avances alcanzados como una propuesta de las actividades a desarrollar en los proyectos que continúan. El PMCCAC no sólo se enfoca en las



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

brechas de datos, información y conocimiento, sino que incluye pertinencia, calidad y coherencia de éstos con la situación general de la pesquería, acorde con los requerimientos de asesoría solicitados por la administración pesquera. Todo lo referido a sistemas o procesos fuera del alcance de este estudio (i. e., información disponible, nivel de conocimiento del recurso, etc.) es sólo enunciado para conocimiento y fines de administración pesquera.



## 4. RESULTADOS

### 4.1. Objetivo Específico 1

*Implementar procedimientos de evaluación de stock basados en protocolos científicos para la determinación del estatus de los recursos seleccionados con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a los estándares actuales en ciencia pesquera.*

El estudio se sustenta en la aplicación de un método científico y uso de análisis basados en la mejor información y conocimiento disponible del recurso disponible a la fecha de ejecución del proyecto de acuerdo con la aplicación del enfoque precautorio para la pesca establecido por la FAO (1997). En la implementación del procedimiento de evaluación de stock se utilizan protocolos científicos basados en la determinación de un sistema de niveles o “tiers” que permiten clasificar la información disponible de las especies y su pesquería, los cuales se han convertido en una herramienta de uso común en la asesoría orientada al manejo pesquero en la actualidad.

#### Antecedentes Generales

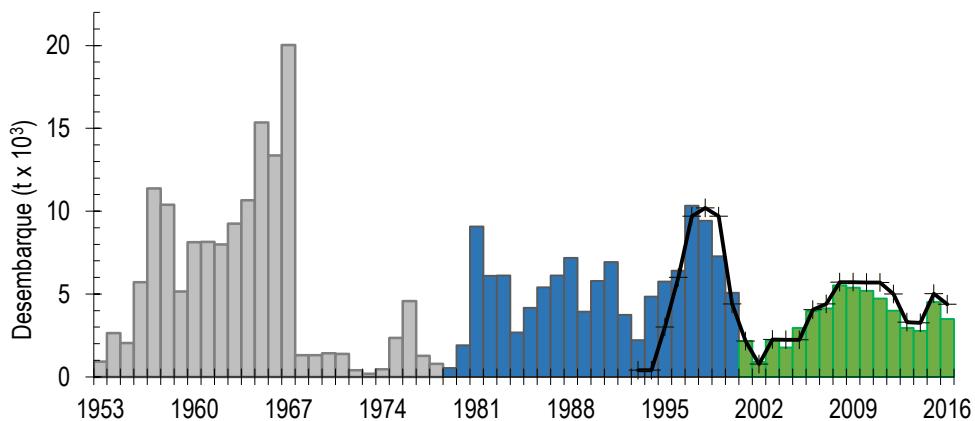
La falta de mayor conocimiento sobre la estructura poblacional del langostino amarillo ha llevado a la discusión sobre cuál es la estructura espacial adecuada sobre la cual ejecutar el modelo de evaluación. Por el momento y mientras no se cuente con antecedentes que permitan justificar una modificación de los límites espaciales, el modelo base mantiene la actual estructura espacial por unidad de análisis norte (**UAN**) y sur (**UAS**), lo cual ha sido discutido y también consensuado por el Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD, Acta - 02/2013).

#### Antecedentes Pesqueros

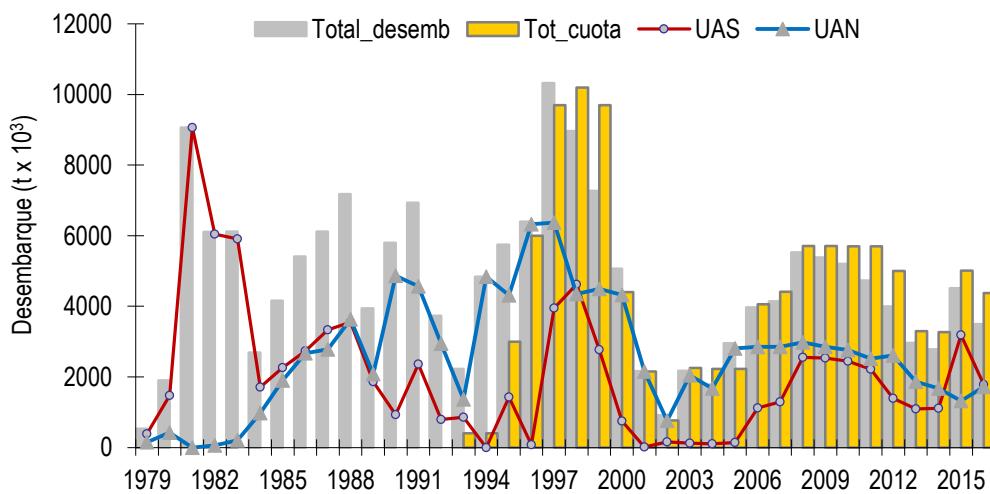
En la década de los '50, los desembarques tuvieron un comportamiento al alza, con bajos niveles de esfuerzo, área de operación reducida y capturas del orden de las 4 mil a 6 mil toneladas (Henríquez, 1982). En la década de los 60, la intensidad de pesca tuvo un fuerte incremento, llevando rápidamente al recurso a un estado de sobreexplotación. Las capturas se mantuvieron en niveles bajos hasta la década de los 80 cuando se produce un repunte de los desembarques en la zona norte, llegando a magnitudes cercanas al inicio de la pesquería (Canales *et al.*, 2000).

Hasta fines de los 90 los desembarques disminuyeron hasta caer nuevamente cerca de las 900 t en el año 2002, consistentemente con el inicio de las moratorias extractivas en el sur de la pesquería. Dichas moratorias permitieron una recuperación en el período 2003-2008, con valores ligeramente inferiores a las cuotas de captura establecidas. En los últimos 4 años, la tendencia es decreciente, con un desembarque total cercano a las 4 mil toneladas en el 2012, cifra equivalente a un 80% de la cuota

asignada para esta especie. Durante el año 2014 y 2015, se capturaron cerca de 3200 t y 5000 t equivalentes a un 85% y 90% de las cuotas totales asignadas durante esos años, mientras que durante el año 2016 los desembarques en total alcanzaron sólo el 80% de la cuota asignada para ambas unidades de análisis (**Figura 4**)



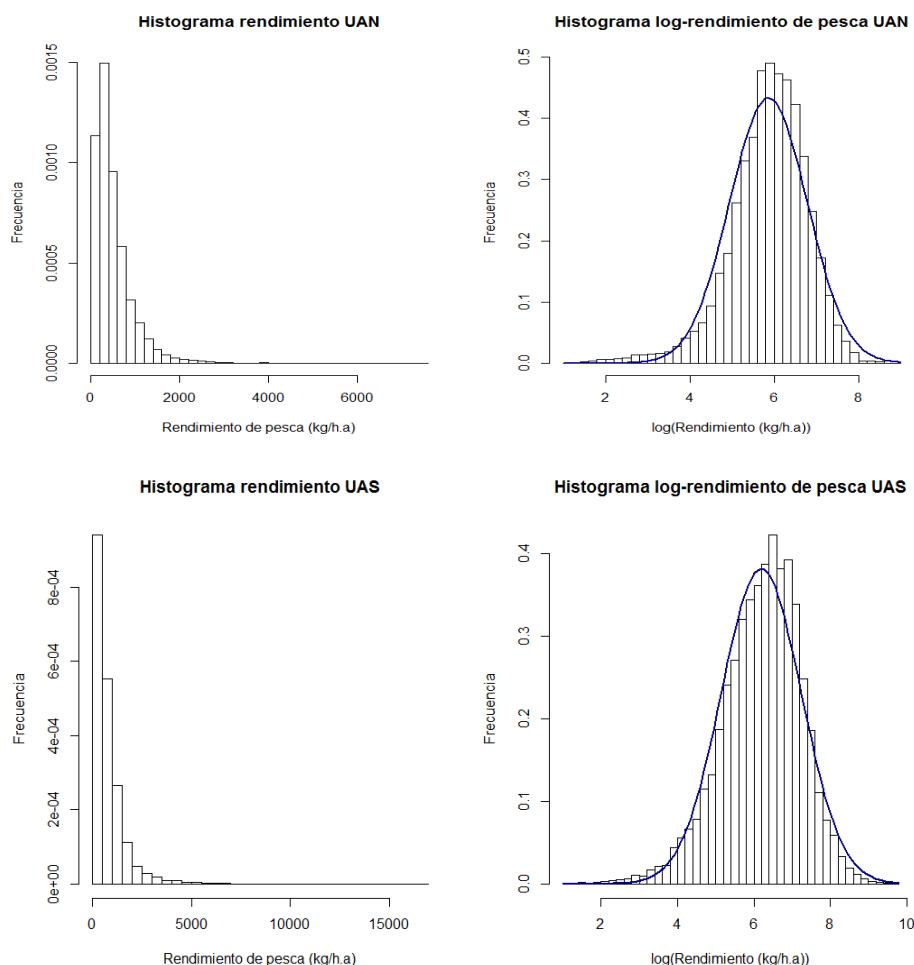
**Figura 4.** Desembarque total de langostino amarillo, entre 1953 y 2016. Se distinguen 3 períodos según fuente y tipo de información i) Barras grises: 1953 – 1978, Registros de pesca oficiales para langostinos en general; ii) Barras en azul: 1979 – 2000, Registros Anuarios de Pesca SERNAPESCA; iii) 2001 – 2016: Registro Control Cuota SUBPESCA. En línea negra continua se presenta la cuota de captura establecida para el langostino amarillo entre 1992 y 2016 en ambas unidades de análisis.



**Figura 5.** Desembarque total (gris), cuota total (amarillo), desembarques UAN y UAS (azul y rojo) para el recurso langostino amarillo, 1979 – 2016.

### Índice de abundancia relativa (CPUE)

En la **Figuras 6** se presentan histogramas de los rendimientos de pesca y de los mismos en escala log para las unidades de análisis norte y sur, respectivamente. A partir de estos, se puede afirmar que no existen evidencias del supuesto de distribución normal para el rendimiento, por lo que un modelo con supuesto de distribución normal pero en escala log se considera adecuado en la estandarización de la CPUE y otro con distribución Gamma con fines de estimación de un índice relativo de abundancia.



**Figura 6.** Histograma del rendimiento de pesca (kg/h.a.) y del logaritmo del rendimiento de pesca para el langostino amarillo UAN y UAS.



En el primer documento “**Informe de Datos 1**” se desarrolló un ejercicio preliminar con el fin de determinar las variables que incidirían en el comportamiento de los rendimientos en ambas unidades de análisis (**Anexo I**), pero los resultados no son considerados en el presente informe por presentar una posible colinealidad entre la variable respuesta (Rendimientos (kg/h.a) y una de sus covariables (Velocidad arrastre (Horas)).

Para obtener el índice relativo anual de abundancia se modela el rendimiento con todas las variables que podrían explicar su comportamiento, primero con una distribución Gamma y luego con una log-normal, junto a una serie de predictores descritas previamente. Luego, la función “**step**” del software estadístico R junto con el conocimiento previo de la pesquería, se identificaron las principales variables que construyen el predictor lineal. Como fue señalado previamente, para el langostino amarillo de la UAN se utilizó un modelo linealizado con factores año, trimestre, zonas (Z1: II y III Regiones, Z2: IV Región), y dos estratos de profundidad (E1: 50-200 m, E2: 200-400 m) y el barco como factor. En la **Tabla 4, 5, 6 y 7** se presentan los principales estadísticos resultantes de los modelos propuestos, en la que se observa que el factor año es el que más explica la variación en los rendimientos de pesca, y por debajo de éste, se encuentran el factor barco, trimestre, mientras que la zona y la profundidad tienen menores niveles de significancia en ambas distribuciones de probabilidad.

**Tabla 4.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 1 (Gamma)  
ajustado a los rendimientos de pesca, langostino amarillo, UAN

**AIC=204196**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			14695	10317.4			
AÑO	27	2539.11	14668	7778.3	194.6492	<2.20E-16***	0.25
BARCO	38	849.73	14630	6928.6	46.284	<2.20E-16***	0.08
TRIMESTRE	2	19.15	14628	6909.4	19.8179	2.54E-09***	0.00
ZONA	1	1.23	14627	6908.2	2.5437	0.1108	0.00
							<b>0.33</b>

**Tabla 5.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 2 (normal escala log)  
ajustado a los rendimientos de pesca, langostino amarillo, UAN

**AIC=334410**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			14695	12455.6			
AÑO	27	3111.52	14668	9344.1	203.6287	<2.20E-16***	0.25
BARCO	38	1046.17	14630	8297.9	48.6463	<2.20E-16***	0.08
TRIMESTRE	2	19.1	14628	8278.8	16.8753	4.78E-08***	0.00
ZONA	1	0.78	14627	8278	1.3861	0.2391	0.00
							<b>0.34</b>

**Tabla 6.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 3 (normal escala log) ajustado a los rendimientos de pesca con distintos predictores, langostino amarillo, UAN  
**AIC=33407**

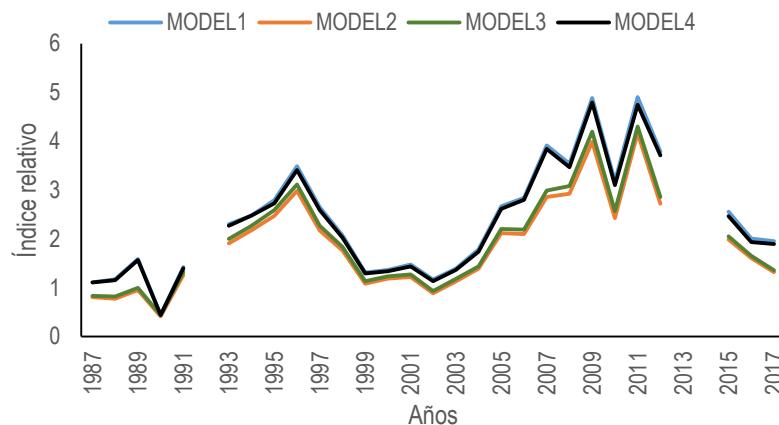
FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			14695	12455.6			
AÑO	27	3111.52	14668	9344.1	203.6689	<2.20E-16***	0.25
BARCO	38	1046.17	14630	8297.9	48.6559	<2.20E-16***	0.08
TRIMESTRE	2	19.1	14628	8278.8	16.8786	4.77E-08***	0.00
PROFUNDIDAD	1	2.42	14627	8276.4	4.2708	0.03879*	0.00
							<b>0.34</b>

**Tabla 7.**

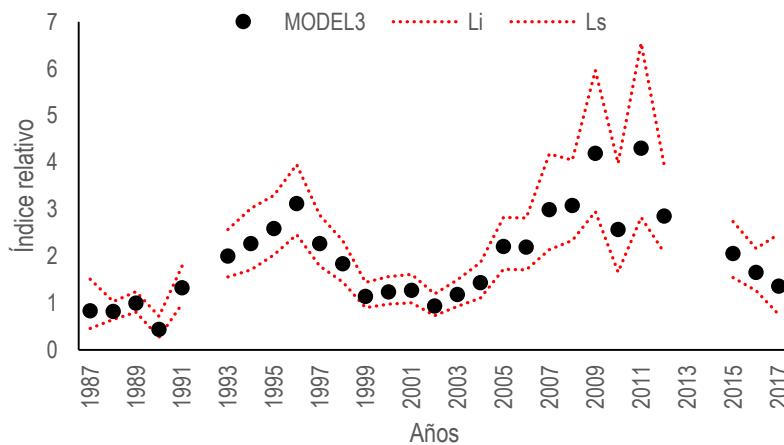
Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 4 (Gamma) ajustado a los rendimientos de pesca con distintos predictores, langostino amarillo, UAN.  
**AIC=204199**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			14695	10317.4			
AÑO	27	2539.11	14668	7778.3	194.2673	<2.20E-16***	0.25
BARCO	38	849.73	14630	6928.6	46.1932	<2.20E-16***	0.08
TRIMESTRE	2	19.15	14628	6909.4	19.779	2.64E-09***	0.00
PROFUNDIDAD	1	0.14	14627	6909.3	0.2811	0.596	0.00
							<b>0.33</b>

Como se puede apreciar en la **Figura 7**, las tendencias de las medias anuales estimadas son similares, por lo que se elige el modelo en función del mayor porcentaje de variabilidad explicado por cada predictor lineal y menor AIC de los modelos propuestos, por lo tanto se elige el modelo con distribución lognormal y predictores año, barco, trimestre y profundidad con fines de evaluación (**Figura 8**)



**Figura 7.** Estimaciones y tendencias de los modelos propuestos en langostino amarillo UAN, periodo 1987 - 2017.



**Figura 8.** Índice relativo de abundancia estimado para el langostino amarillo UAN entre 1987 - 2017.

Para obtener el índice de la UAS, se utilizaron los mismos modelos propuestos anteriormente, en donde se modelan la CPUE en función de variables predictoras. Al analizar los modelos se obtienen resultados robustos en términos de devianza explicada, con cerca de un 49% para modelos con distribución Gamma y de un 50% con distribución lognormal, donde el factores año y barco son los que explican el mayor porcentaje de variabilidad de los rendimientos. Al igual que en la unidad de análisis norte, en la unidad de análisis sur se elige el modelo que explica mejor la variabilidad de los rendimientos con un menor AIC. Los resultados se presentan en la **Tabla 8, 9, 10 y 11**. La **Figura 9** muestra el comportamiento de los índices estimados por cada modelo y la **Figura 10** muestra la tendencia en la serie temporal del índice escogido.

**Tabla 8.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 1 (Gamma)  
ajustado a los rendimientos de pesca, langostino amarillo, UAS

**AIC=346375**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			23732	22452			
AÑO	34	7312.8	23698	15139	396.3839	<2e-16***	0.33
BARCO	77	3162.2	23621	11977	75.6862	<2e-16***	0.14
REGION	4	333.9	23617	11643	153.8512	<2e-16***	0.01
TRIMESTRE	2	128	23615	11515	117.9749	<2e-16***	0.01
PROFUNDIDAD	1	0.6	23614	11515	1.0151	0.3137	0.00
							<b>0.49</b>

**Tabla 9.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 2 (normal escala log)  
ajustado a los rendimientos de pesca, langostino amarillo, UAS

**AIC=53268**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			23732	25981			
AÑO	34	8926.9	23698	17055	477.6826	<2e-16***	0.34
BARCO	77	3576.7	23621	13478	84.5101	<2e-16***	0.14
REGION	4	350.2	23617	13128	159.2989	<2e-16***	0.01
TRIMESTRE	2	146.8	23615	12981	133.5556	<2e-16***	0.01
PROFUNDIDAD	1	1.3	23614	12979	2.4244	0.1195	0.00
							<b>0.50</b>

**Tabla 10.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 3 (normal escala log)  
ajustado a los rendimientos de pesca con distintos predictores, langostino amarillo, UAS

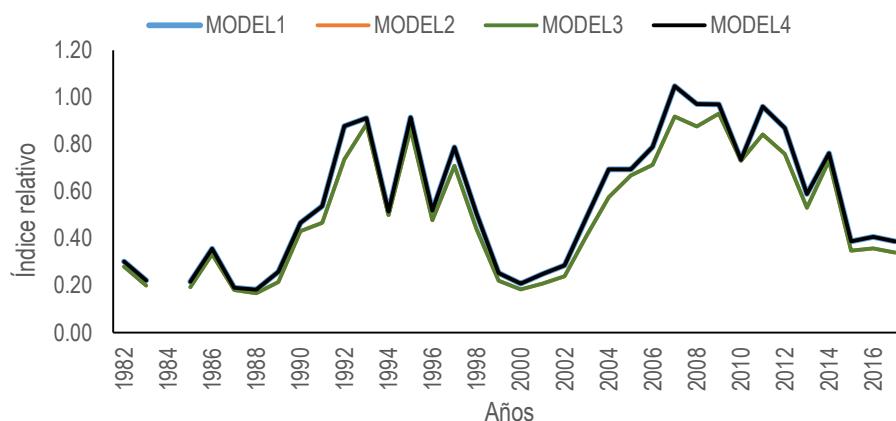
**AIC=53268**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			23732	25981			
BARCO	77	9218.5	23655	16763	217.8134	<2e-16***	0.35
AÑO	34	3285.2	23621	13478	175.79	<2e-16***	0.13
REGION	4	350.2	23617	13128	159.2989	<2e-16***	0.01
TRIMESTRE	2	146.8	23615	12981	133.5556	<2e-16***	0.01
PROFUNDIDAD	1	1.3	23614	12979	2.4244	0.1195	0.00
							<b>0.50</b>

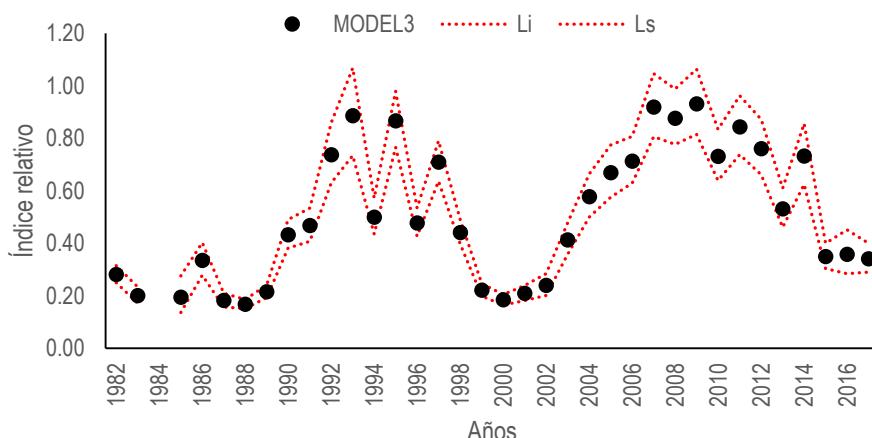
**Tabla 11.**

Tabla ANOVA con devianza explicada para los factores del modelo 4 (Gamma) ajustado a los rendimientos de pesca con distintos predictores, langostino amarillo, UAS.  
**AIC=346375**

FACTORES	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Varianza
NULO			23732	22452			
BARCO	77	7358.9	23655	15093	176.1309	<2e-16***	0.33
AÑO	34	3116.1	23621	11977	168.9061	<2e-16***	0.14
REGION	4	333.9	23617	11643	153.8512	<2e-16***	0.01
TRIMESTRE	2	128	23615	11515	117.9749	<2e-16***	0.01
PROFUNDIDAD	1	0.6	23614	11515	1.0151	0.3137	0.00
							<b>0.49</b>



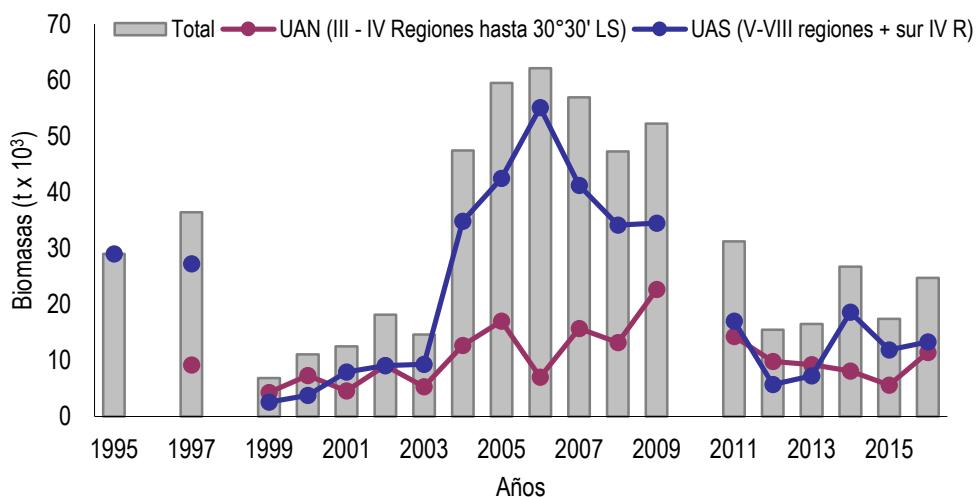
**Figura 9.** Estimaciones y tendencias de los modelos propuestos en langostino amarillo UAS, periodo 1982 - 2017.



**Figura 10.** Índice relativo de abundancia estimado para el langostino amarillo UAS entre 1982 - 2017.

### Biomasa vulnerable a los cruceros de área de barrida

La biomasa estimada a través de área de barrida muestra fluctuaciones importantes en la serie analizada, con bajos niveles poblacionales entre 1999 y 2003. En el año 2004, la biomasa muestra un incremento del 139% respecto de la estimada el año anterior lo que se podría explicar por cambios metodológicos asociados al cambio de ejecutor del proyecto, lo que llevó a incorporar un cambio en el coeficiente de capturabilidad en dicho año (Bucarey *et al.*, 2012) . Los niveles de biomasa continúan incrementándose y se mantienen altos hasta el año 2009. Por razones administrativas durante el año 2010 no se llevó a cabo el proyecto de evaluación directa, mientras que en los años 2011 y 2012 las estimaciones muestran una disminución del 40% y 50% de los niveles poblacionales respecto del estudio anterior. Para el año 2016, se estimó una biomasa total de 24683 t, desglosadas en 11381 t para la unidad de análisis norte (UAN) y 13302 t para la unidad sur (UAS). La **Figura 11** muestra las estimaciones de biomassas por medio del crucero de evaluación directa para el langostino amarillo (Queirolo *et al.*, 2016)



**Figura 11.** Biomassas de langostino amarillo en el área norte y sur, estimadas a través de cruceros de evaluación directa entre 1995 y 2016.

### **Antecedentes Biológicos**

Los parámetros de historia de vida se obtuvieron desde estudios científicos que reportan información asociada a los parámetros del ciclo vital de la especie, como la mortalidad natural, el crecimiento y madurez, entre otros.



### a) Parámetros de vida

La literatura relacionada con las estimaciones de los parámetros de crecimiento realizadas para langostino amarillo por diversos autores es indicada en la **Tabla 12**. Los estudios más recientes (1996 – 2005) utilizan un mismo enfoque metodológico, abarcando la misma cobertura temporal y espacial, y por lo tanto, sus resultados son similares. Los autores Arancibia *et al.*, 2005 estimaron una máxima longitud asintótica ( $L_{\infty}$ ) de 45.6 mm para hembras y 52.8 mm para los machos, y un  $k=0.174$  para hembras y  $k=0.151$  para machos. Estos parámetros han sido utilizados en el presente estudio debido a que son los valores más actualizados y consensuados en esta materia. Si bien es la fuente de información más adecuada para seguir siendo utilizada en las evaluaciones indirectas del stock de langostino amarillo, se considera pertinente una actualización de dichos parámetros, debido a la incertidumbre generada por la amplia escala espacial en la cual se distribuye el recurso y las posibles diferencias ecológicas de estas. La Tabla 13 presenta los parámetros estimados por Queirolo *et al.*, 2016

En el presente estudio se realiza un análisis de sensibilidad relacionado con los parámetros  $L_{\infty}$  y  $k$ .

**Tabla 12.**  
Parámetros de crecimiento estimados para langostino amarillo según diversos autores.

Sexo	L <sub>00</sub>	k	t <sub>0</sub>	Fuente
Hembras	54.60	0.177		Alegría <i>et al.</i> , 1993
Machos	60.70	0.265		
Ambos sexos	46.00	0.315		Wolff y Aroca, 1995
Hembras	51.80	0.194	-0.44	Pavéz <i>et al.</i> , 1994
Machos	58.00	0.165	-0.58	
Hembras	53.90	0.196		Pavéz y Falcón, 1995
Machos	57.40	0.221		
Hembras	54.60	0.177	-1.87	Pool <i>et al.</i> , 1996
Machos	62.10	0.165	-1.62	
Hembras	49.00	0.154		Acuña <i>et al.</i> , 1996
Machos	59.30	0.118		
Hembras	45.60	0.174		Arancibia <i>et al.</i> , 2005
Machos	52.80	0.151		

**Tabla 13.**

Parámetros de crecimiento estimados para langostino amarillo en evaluación directa del recurso (2016).

Sexo	$L_{\infty}$	K	$t_0$	Fuente	Obs
Hembras (norte)	33,265	1,845	-839	Queirolo <i>et al.</i> , 2016	Grupo edad variable
Machos (norte)	40,109	1,082	-451		
Hembras (sur)	37,062	1,104	-1,032	Queirolo <i>et al.</i> , 2016	Grupo edad variable
Machos (sur)	43,471	1,204	-356		
Hembras (norte)	81,946	0.046	-8,170	Queirolo <i>et al.</i> , 2016	Grupo edad constante
Machos (norte)	92,067	0.035	-9,323		
Hembras (sur)	53,250	0.083	-8,055	Queirolo <i>et al.</i> , 2016	Grupo edad constante
Machos (sur)	58,004	0.121	-5,079		

**b) Mortalidad natural**

En la **Tabla 14** se presentan estimaciones de mortalidad natural para el langostino amarillo realizadas por distintos autores. En la estimación de M se debe considerar la relación invariante propuesta por Beverton y Holt (1959), en la que un valor alto de k estaría asociado a un valor alto de M y viceversa, y estiman que la razón entre M/k se sitúa generalmente en un rango entre 1,5 y 2,5. Si bien este valor de M no es basado metodológicamente sobre crustáceos, ha sido utilizado por diversos autores con el fin de determinar su valor (Jensen, 1996; Zheng, 2005; Hewitt *et al.*, 2007, Windsland, 2014). La presente evaluación considera el trabajo realizado por Acuña *et al.*, 1996, quienes estiman un valor de M en 0,3 año<sup>-1</sup>.

**Tabla 14.**

Mortalidad natural estimada para langostino amarillo por diversas metodologías y autores

<b>Sexo</b>	<b>M (1/año)</b>	<b>Método</b>	<b>Fuente</b>
Machos	0.317	-	Pavez et al., 1994
Hembras	0.352		
Machos	0.66-0.77	Alagaraja, 1994	Wolff y Aroca, 1995
Hembras	0.77-0.92		
Machos	-	Rikhter y Efánov, 1976	Wolff y Aroca, 1995
Hembras	0.88-0.99		
Machos	0.250	Pauly, 1980	Acuña, et al., 1996
Hembras	0.300		
Machos	0.263	Alagaraja, 1994	Escuela de Cs del Mar, 2000
Hembras	0.165		

**Tabla 15.**

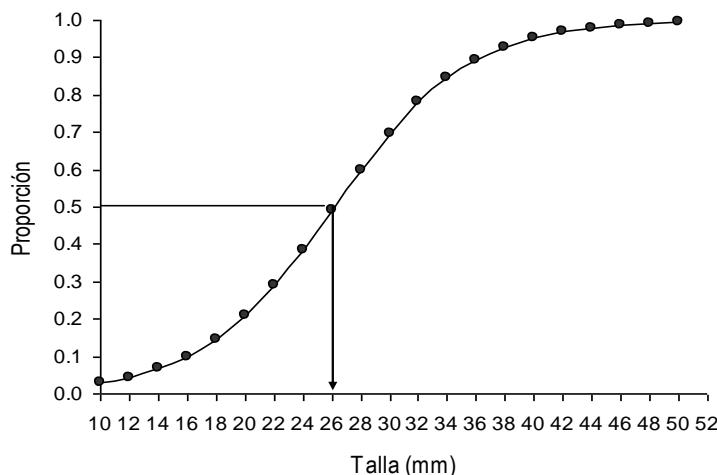
Estimaciones de mortalidad natural para langostino amarillo (diferenciado por sexo) en estudio de área barrida año 2016.

<b>Sexo</b>	<b>M (1/año)</b>	<b>Método</b>	<b>Fuente</b>	<b>Unidad poblacional</b>
Machos	0,291			
Hembras	0,271	Gislason et al., 2010	Queirolo et al., 2016	Total
Machos	0,31			
Hembras	0,287	Charnov et al., 2013	Queirolo et al., 2016	Total



### c) Madurez sexual

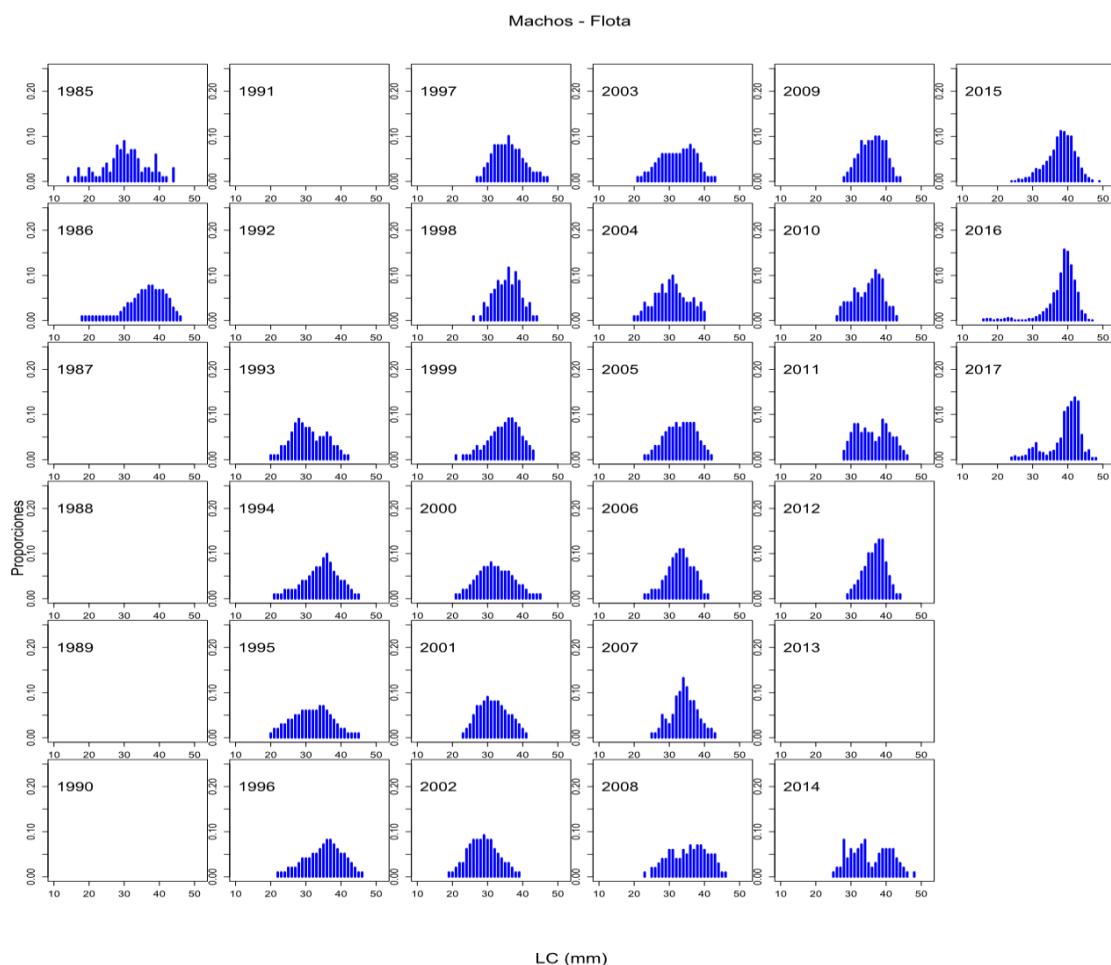
En la **Figura 12** se presenta la curva logística de madurez sexual para las hembras de langostino amarillo del área norte de Chile central, propuesta por Espejo *et al.*, 2001. La longitud media a la cual el 50% de las hembras son sexualmente maduras ( $L_{50\%}$ ) fue estimada en 26,1 mm. Para el área sur, Zilleruelo y Montenegro (2007) estimaron la talla media de madurez sexual de las hembras en  $L_{50\%} = 32,7$  mm. No obstante, los parámetros de la unidad sur estarían sobreestimando la talla media de madurez, por lo tanto y de acuerdo con las recomendaciones del taller de revisión de datos del año 2011, en dicha área se utiliza la misma ojiva de madurez de la unidad norte, mientras no se reestimen los parámetros de madurez con datos actualizados. El presente estudio utiliza la ojiva de madurez propuesta por Espejo *et al.*, 2001 con el fin de hacer comparable las estimaciones con años anteriores.



**Figura 12.** Curva logística de madurez sexual de langostino amarillo UAN (Espejo *et al.*, 2001)

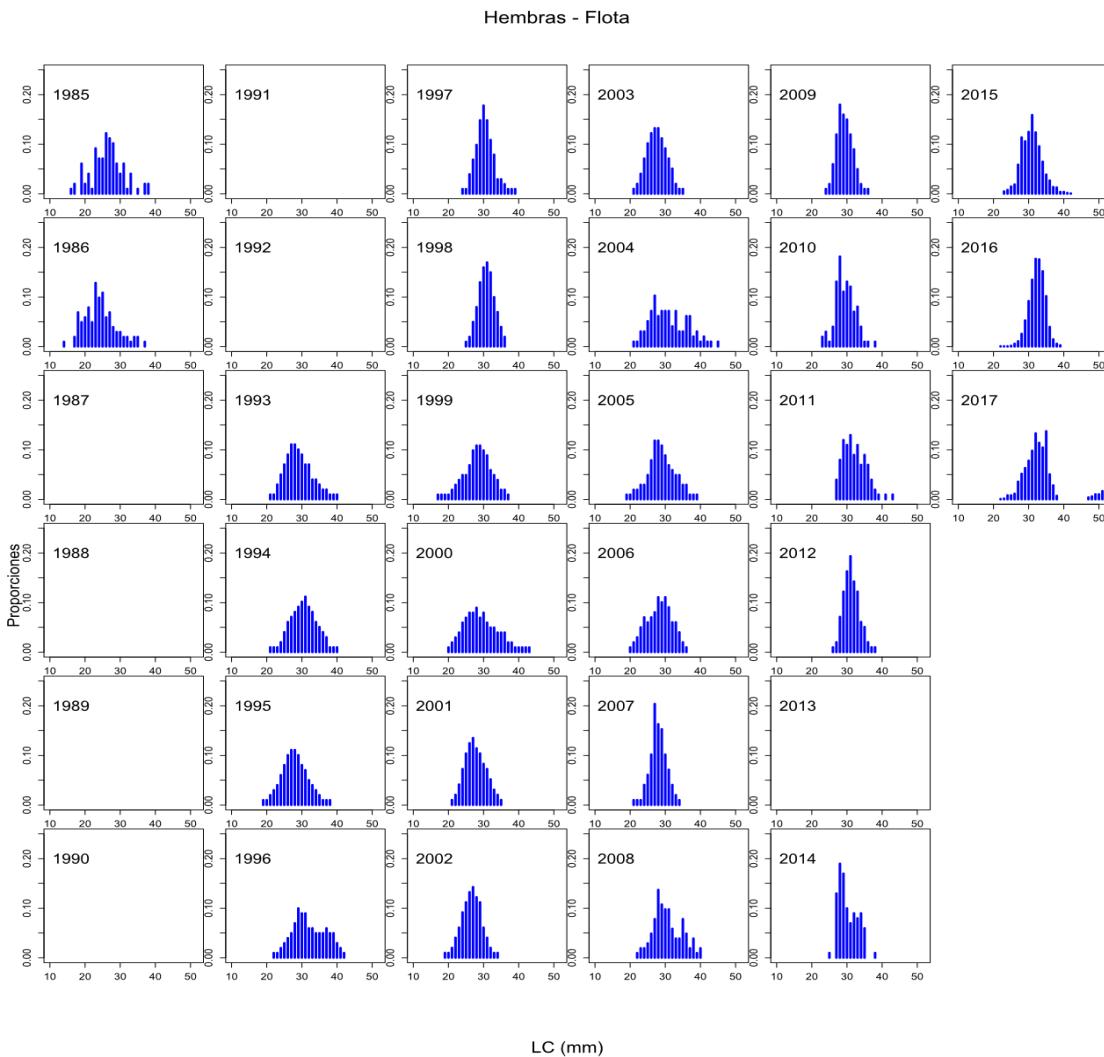
### Estructura de tallas (flota)

En la UAS la estructura de tallas presenta una importante variabilidad interanual, especialmente en los machos. También se destaca que en el período 2003-2012, las modas se han desplazado hacia tallas mayores, tanto en machos como en hembras, cuyas tallas medias están centradas en 36.9 y 31.3 mm de longitudcefalotorácica (LC), respectivamente. En el año 2016 la moda de capturas en los machos está cercana a los 39 mm y en hembras los 33 mm con una distribución pesada hacia las colas de individuos más pequeños en machos, sin embargo, en la información parcial del año 2017 se presenta una bi-modalidad en torno a los 30 mm y 43 mm LC (**Figura 13**).



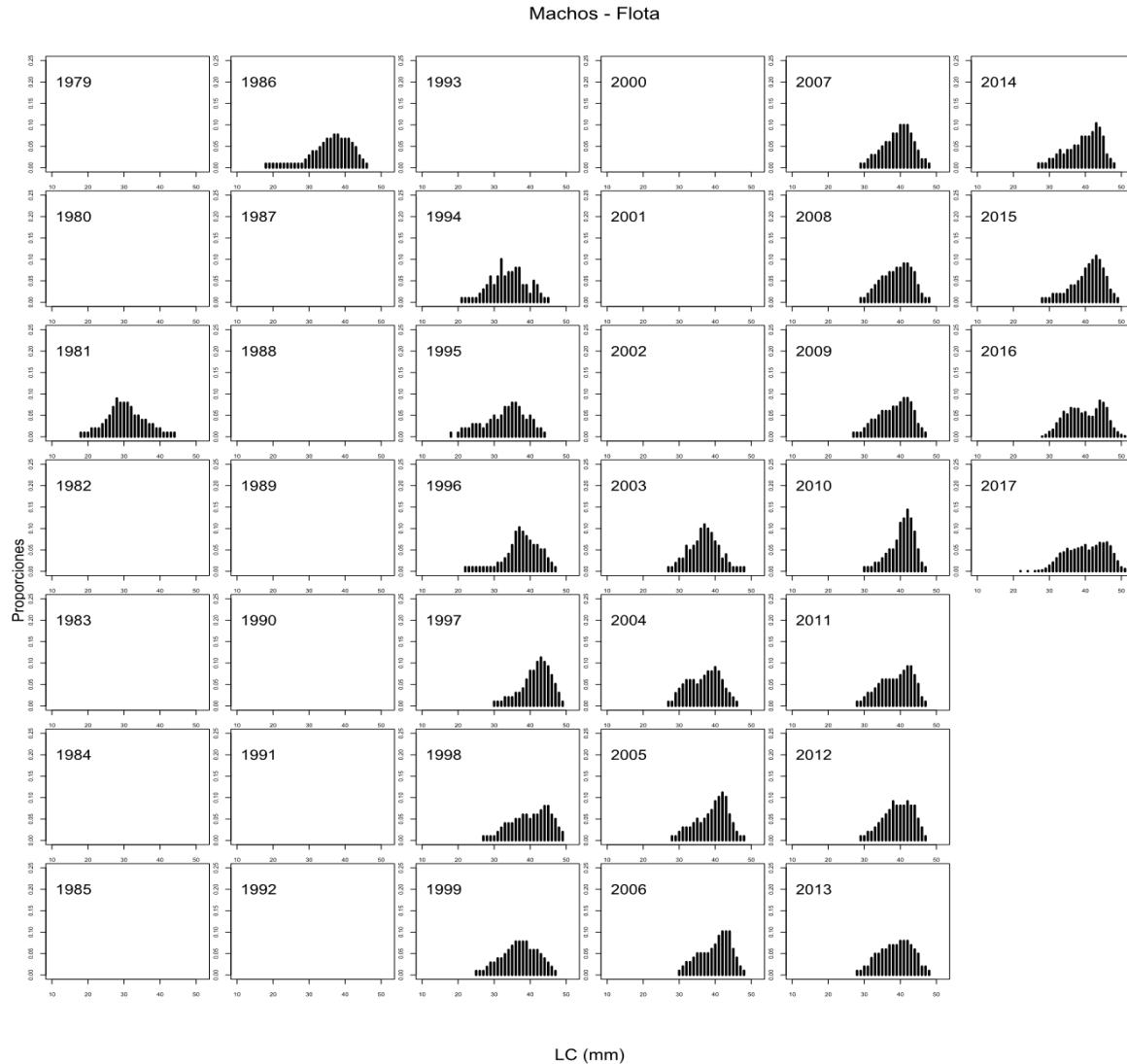
**Figura 13.** Distribución de frecuencia de tallas en las capturas de los machos de langostino amarillo. Área norte, período 1985 – 2017.

En las hembras, durante el año 2017, se puede apreciar una estructura con una cola bien pesada (casi como una distribución pequeña de los individuos en torno a los 50 mm). Este tipo de estructura parece ser algo extraña, pero no sería un suceso imposible de ocurrencia, esto de acuerdo a lo observado y comentado por los observadores científicos de IFOP en la flota (**Figura 14**).



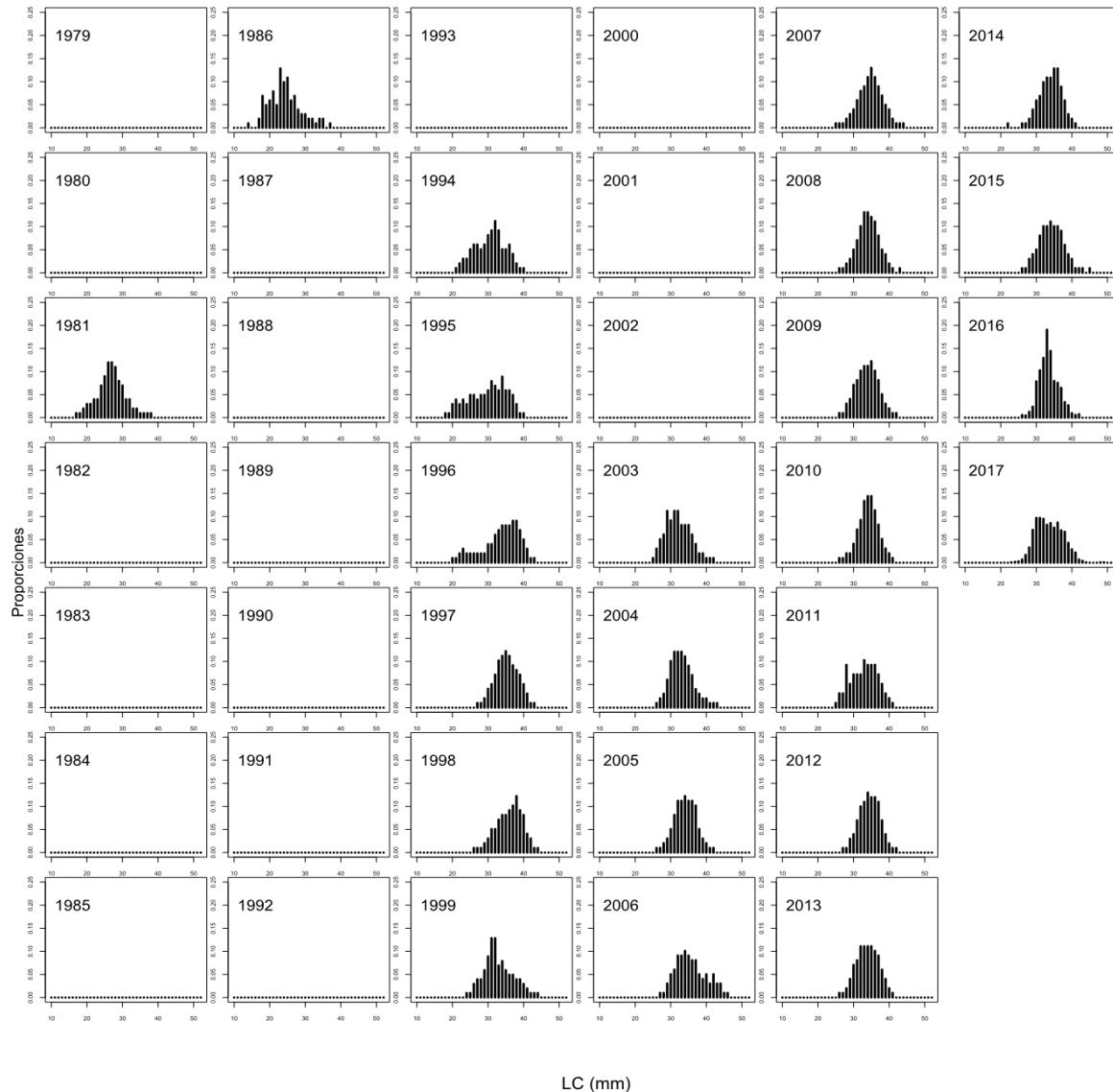
**Figura 14.** Distribución de frecuencia de tallas en las capturas de las hembras de langostino amarillo, área norte, período 1985 – 2016.

En la unidad de análisis sur (UAS) la estructura de tallas también presenta variabilidad interanual, especialmente en los primeros años de la serie analizada en los machos. Posteriormente a la moratoria extractiva en ésta unidad, las tallas medias de las hembras de langostino amarillo están en torno a los 34.5 mm de LC en el período 2006-2012, mientras que para el año 2017 disminuye levemente a 32 mm de LC. Por su parte, en los machos, la talla media del año 2017 alcanzó los 44 mm de LC (**Figura 15 y Figura 16**).



**Figura 15.** Composición estructura de tallas de machos en las capturas de langostino amarillo período 1979 - 2017, UAS.

Hembras - Flota

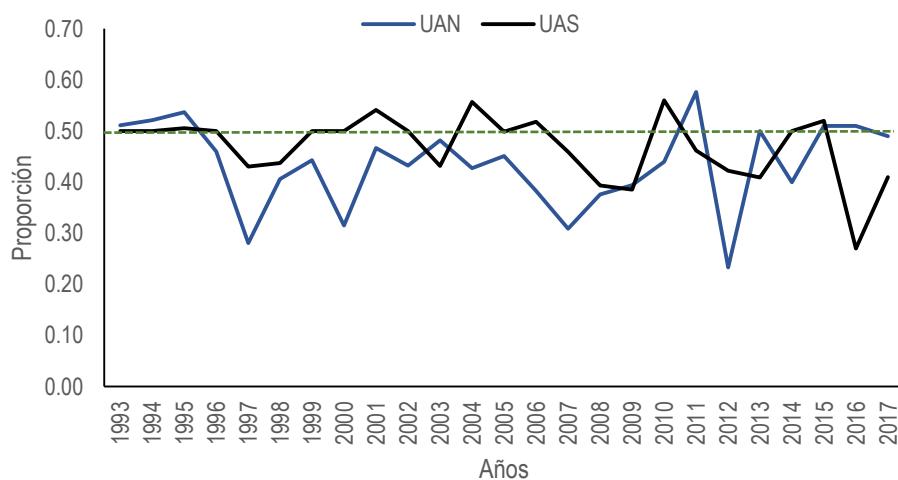


**Figura 16.** Composición estructura de tallas de hembras en las capturas de langostino amarillo periodo 1979 - 2017, UAS.



### Proporción sexual

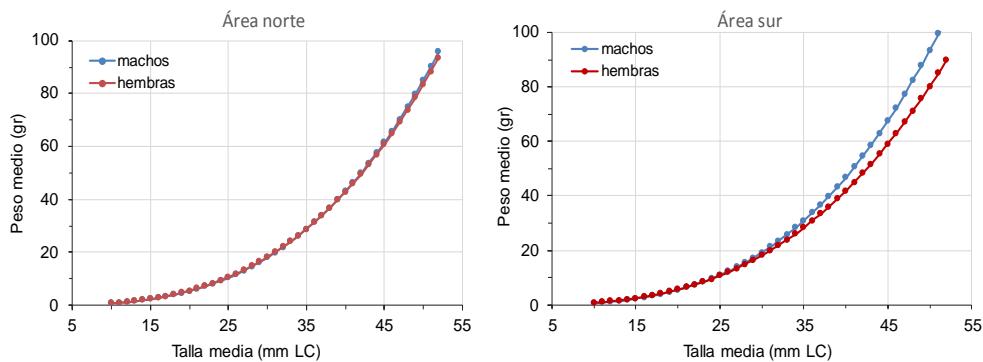
La proporción de hembras en las capturas ha sido históricamente menor que los machos, con excepción de los años 1993-1995 y 2011 en UAN. En UAS, la proporción sexual de las hembras es similar a la de machos en los años 1995, 2005-2006, y superior en los años 2001, 2004 y 2010. La proporción de hembras con machos en UAN ha sido casi constante a lo largo de los muestreos realizados por IFOP, presentando una pequeña variación, pero durante el año 2016 se observa una fuerte caída llegando incluso al 27% del total, la que luego aumenta a un 41% en el año 2017 (**Figura 17**).



**Figura 17.** Serie anual de proporción sexual de hembras de langostino amarillo, UAN y UAS. Periodo 1993-2017. La línea azul corresponde al 50% en la proporción machos y hembras.

### Peso medio a la talla

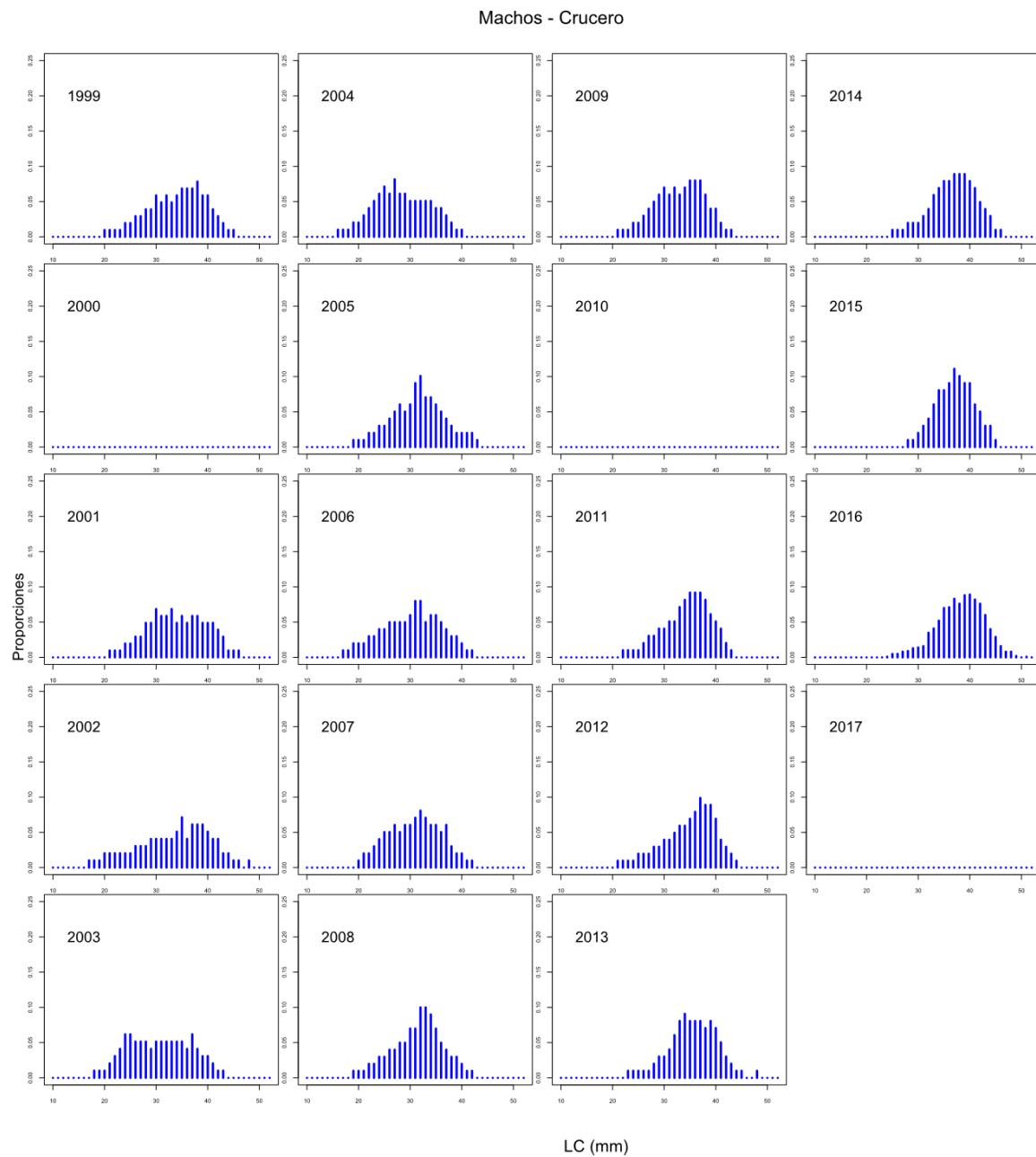
Se utiliza un peso medio histórico por sexo y área para toda la serie de años analizado (**Figura 18**). Esta se obtuvo a partir de la relación longitud-peso anual, a través de un modelo con error multiplicativo cuya ventaja radica que al aplicar logaritmo se obtiene un modelo lineal.



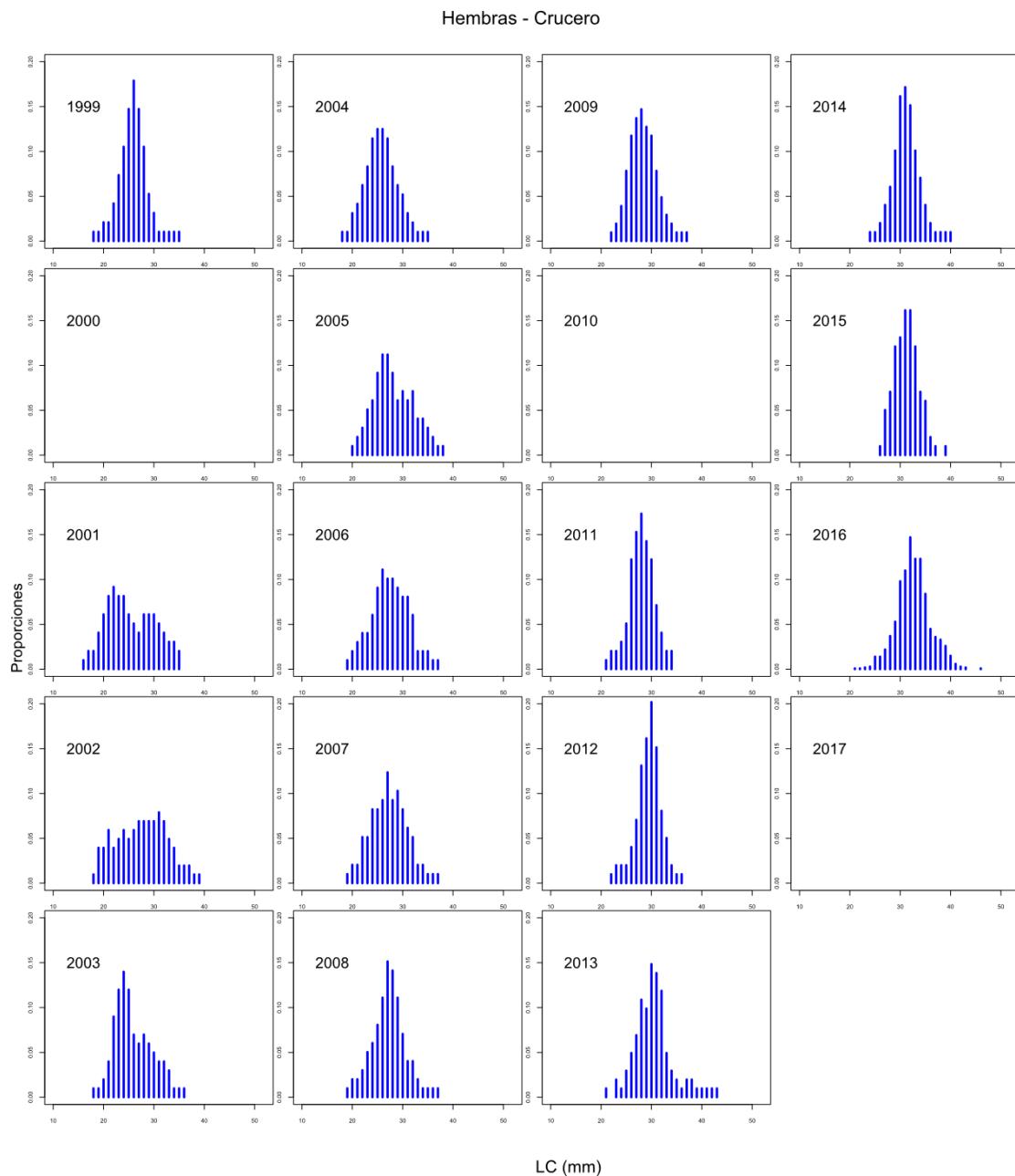
**Figura 18.** Curva relación longitud – peso para el langostino amarillo, UAN y UAS, promedio histórico.

#### Composición de tallas en los cruceros

En la presente evaluación de stock del langostino amarillo se incorpora la información de composición de tallas disponible hasta el año 2016 de los cruceros de evaluación directa, la cual ha sido levantada desde los informes presentados al FIP en los estudios llevados a cabo entre los años 1999 y 2012. La composición de tallas del año 2000 no está disponible debido a la dificultad de separar dicha información por unidad de análisis, mientras que en el año 2010 no se realizó crucero de evaluación directa. La **Figura 19** y **Figura 20** muestran la estructura diferenciada por sexo para UPN del crucero de evaluación directa.

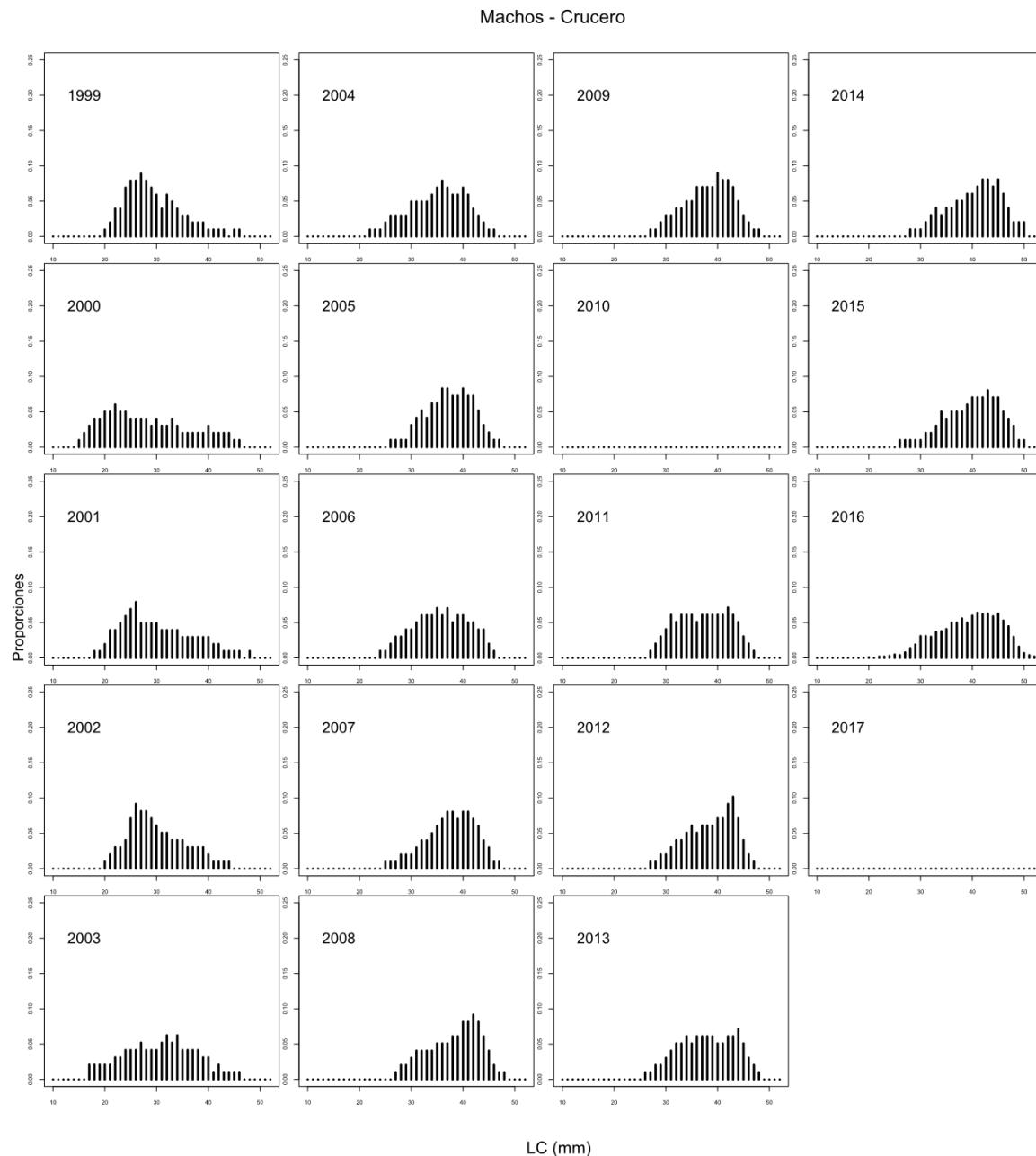


**Figura 19.** Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo (machos) período 1999-2016, UAN

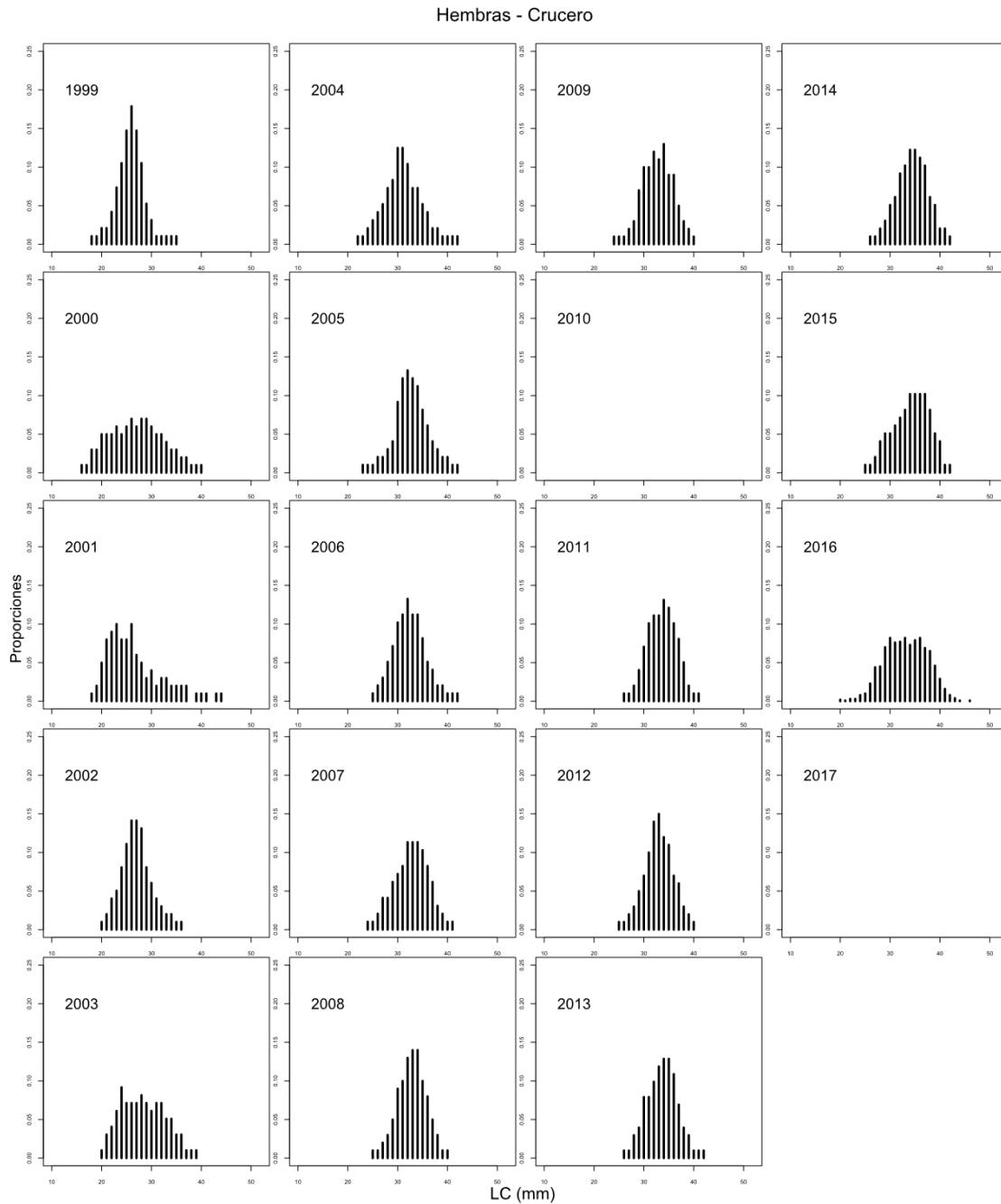


**Figura 20.** Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo (hembras) período 1999-2016, UAN

La **Figura 21** y **Figura 22** muestran las estructuras de tallas para machos y hembras de la UAS observadas por los cruceros de evaluación directa.



**Figura 21.** Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo (machos) período 1999-2016, UAS.



**Figura 22.** Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo (hembras) período 1999-2016, UAS.



## 4.2. Objetivo Específico 2

Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores estandarizados de estado y flujo al menos por grupo de pesquerías, incorporando la incertidumbre de estimación involucrada, empleando el mejor conocimiento e información disponible a la fecha de ejecución del estudio, acorde con los estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y recomendados por los Comités Científico y Técnico respectivos.

El IFOP desarrolló el proyecto “Revisión de los puntos biológicos de referencia en las pesquerías nacionales”, el cual constituye un avance importante en la definición formal de un sistema de niveles o “tiers” de calidad de datos e información para las pesquerías chilenas, con la participación de expertos extranjeros y nacionales.

El objetivo específico del primer taller fue definir y/o establecer los estándares técnicos y los métodos disponibles para estimar el rendimiento máximo sostenible (RMS) por especies y los puntos biológicos de referencia (PBR) asociados. En el taller, los científicos chilenos y siete científicos internacionales desarrollaron un sistema de niveles (Tier System) para clasificar las poblaciones de acuerdo al tipo de evaluación que se podría realizar y el tipo de puntos de referencia que se podrían estimar ( $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$  o proxies), expusieron varios métodos mediante los cuales se podrían computar los puntos de referencia, y recomendaron métodos para calcular los puntos de referencia para cada una de las 24 poblaciones en estudio.

De acuerdo a Paya *et al.*, (2014), el langostino amarillo se clasifica dentro del nivel o “**Tier 1b**”, el cual se define como: “Stocks respecto de los cuales existe un modelo de evaluación estructurado a la talla o a la edad que entregan estimaciones de abundancia actuales utilizables”. La sub-clasificación “b” indica que se debe seleccionar un proxy para los puntos de referencia RMS ( $F_{RMS}$  y  $B_{RMS}$ ), los cuales deben tener en cuenta la incertidumbre en el modelo de evaluación y el grado de resiliencia (o ausencia de la misma).

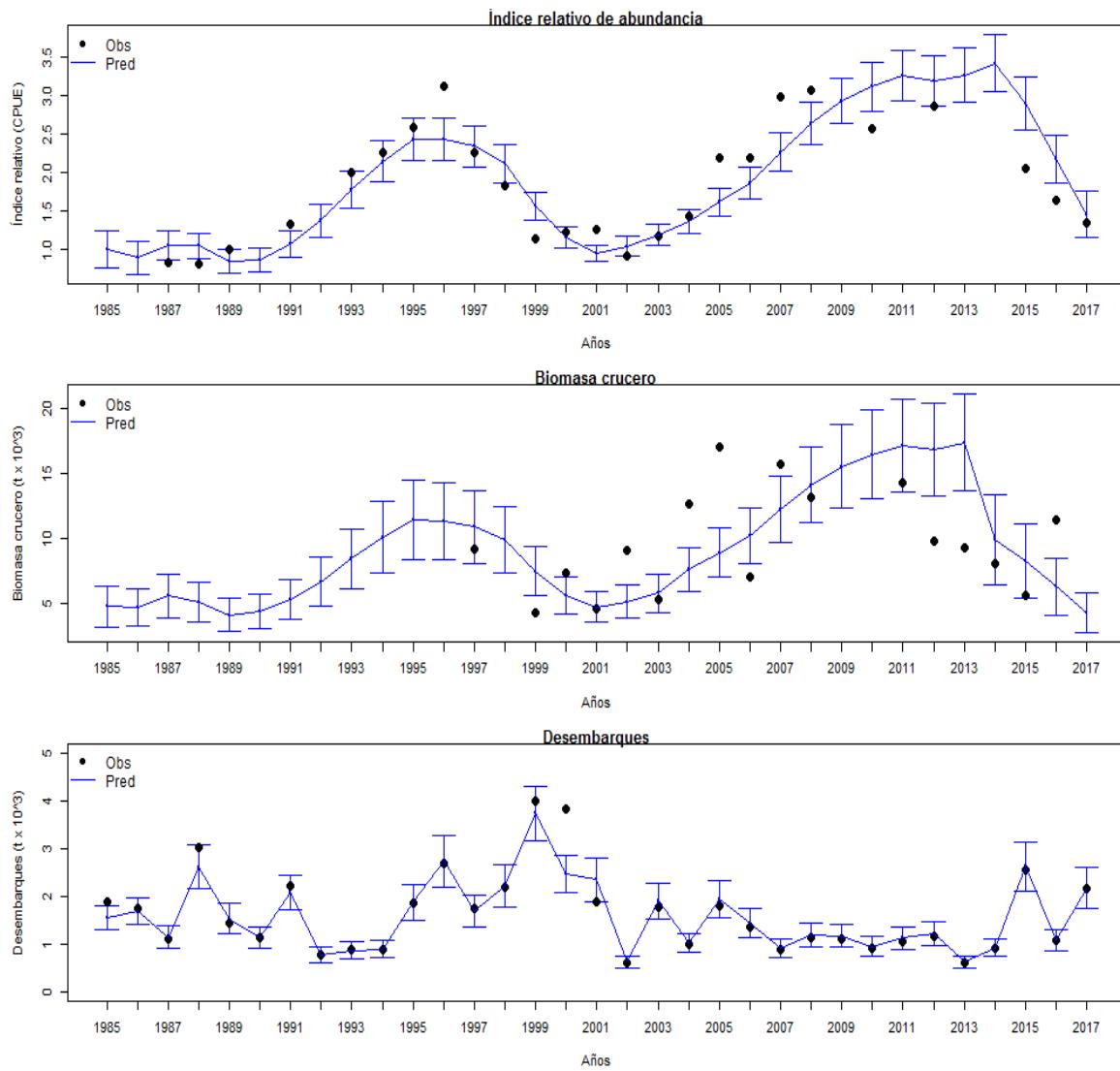
El sistema de niveles descrito anteriormente es distinto al sistema de Datos Ricos, Datos Moderados y Datos Pobres utilizados por el US National Marine Fisheries Service (Restrepo, 1998). El sistema de niveles descrito en el presente documento hace hincapié en los tipos de análisis que son viables y no en la cantidad o la calidad de los datos. Lo anterior significa que, aunque no se disponga de puntos de referencia RMS a partir de una relación stock-recluta confiable, si es posible utilizar un valor de  $B_{RMS}$  proxy (basado en la literatura y la experiencia) para estimar los PBR objetivos de esta pesquería.



#### **4.2.1. Estatus langostino amarillo unidad de análisis norte (UAN)**

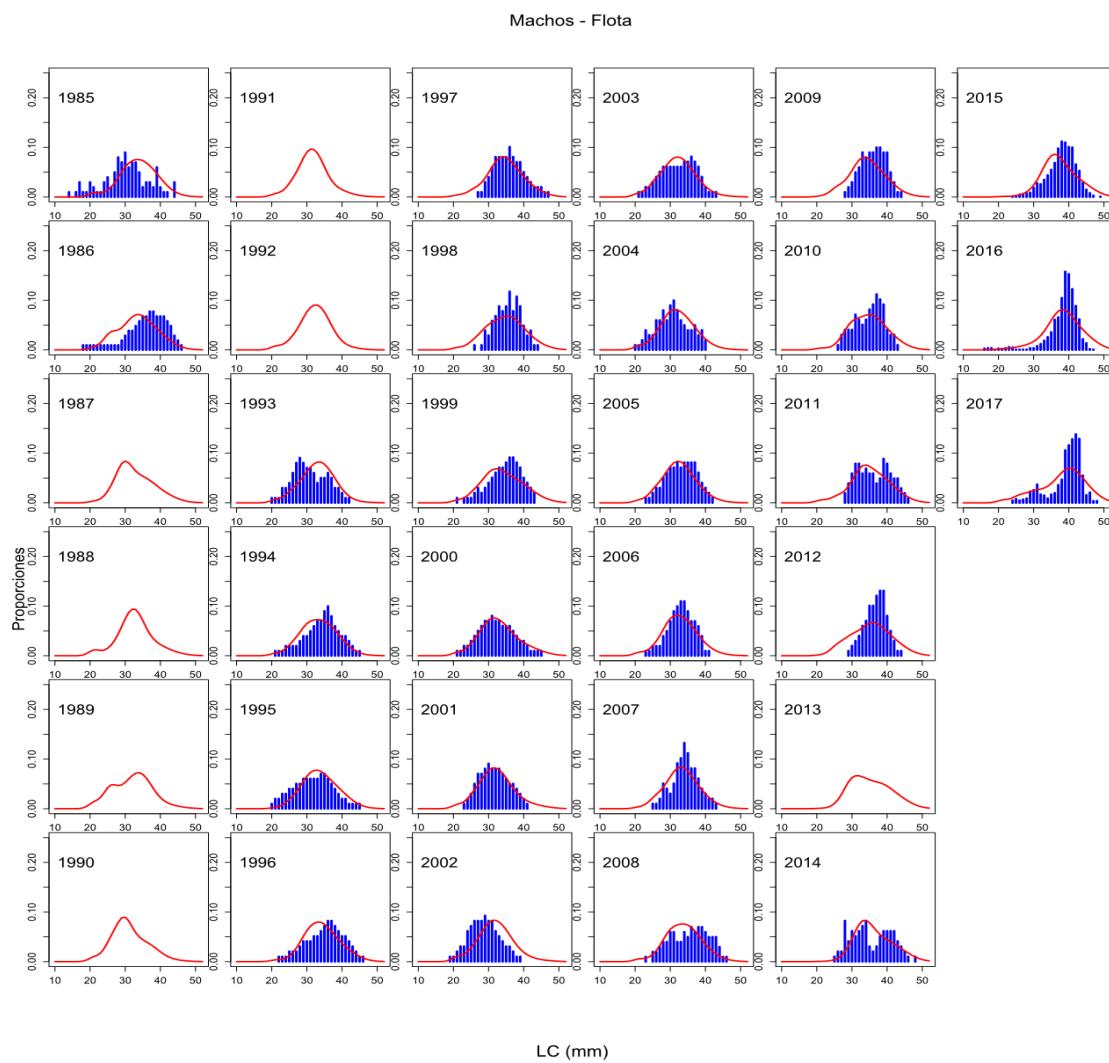
Se presentan los resultados del ajuste y evaluación de stock de langostino amarillo para la unidad de análisis norte ( $26^{\circ}03'S$  -  $30^{\circ}30'S$ ). El modelo de dinámica poblacional y los datos provenientes de la pesquería consideran la información disponible parcial hasta el año agosto de 2017. La información relacionada a los cruceros de evaluación directa está actualizada completa hasta el año 2016.

El modelo presenta un buen ajuste a la CPUE y serie de desembarques capturando la tendencia en ambas variables aun cuando la incertidumbre generada por los desembarques de los años 1998 y 1999 presenten valores altos en comparación con el resto de información. Se destaca que el indicador CPUE sugiere una tendencia decreciente de la abundancia desde el 2011 a 2017. El ajuste del modelo es menos satisfactorio a la biomasa estimada por el área de barrida, lo que se explica por la alta variabilidad interanual que presentan las observaciones, especialmente el año 2005 y 2016, en donde se captura la tendencia de las observaciones pero sub-estimadas en ambos periodos (**Figura 23**). La capturabilidad del crucero fue separada en tres bloques, el primero en el período 1985 – 2003, el segundo a partir del año 2004-2013 y el ultimo 2014 - 2017, dado el cambio de ejecutor en los cruceros de evaluación lo que sugiere cambios metodológicos en la evaluación.

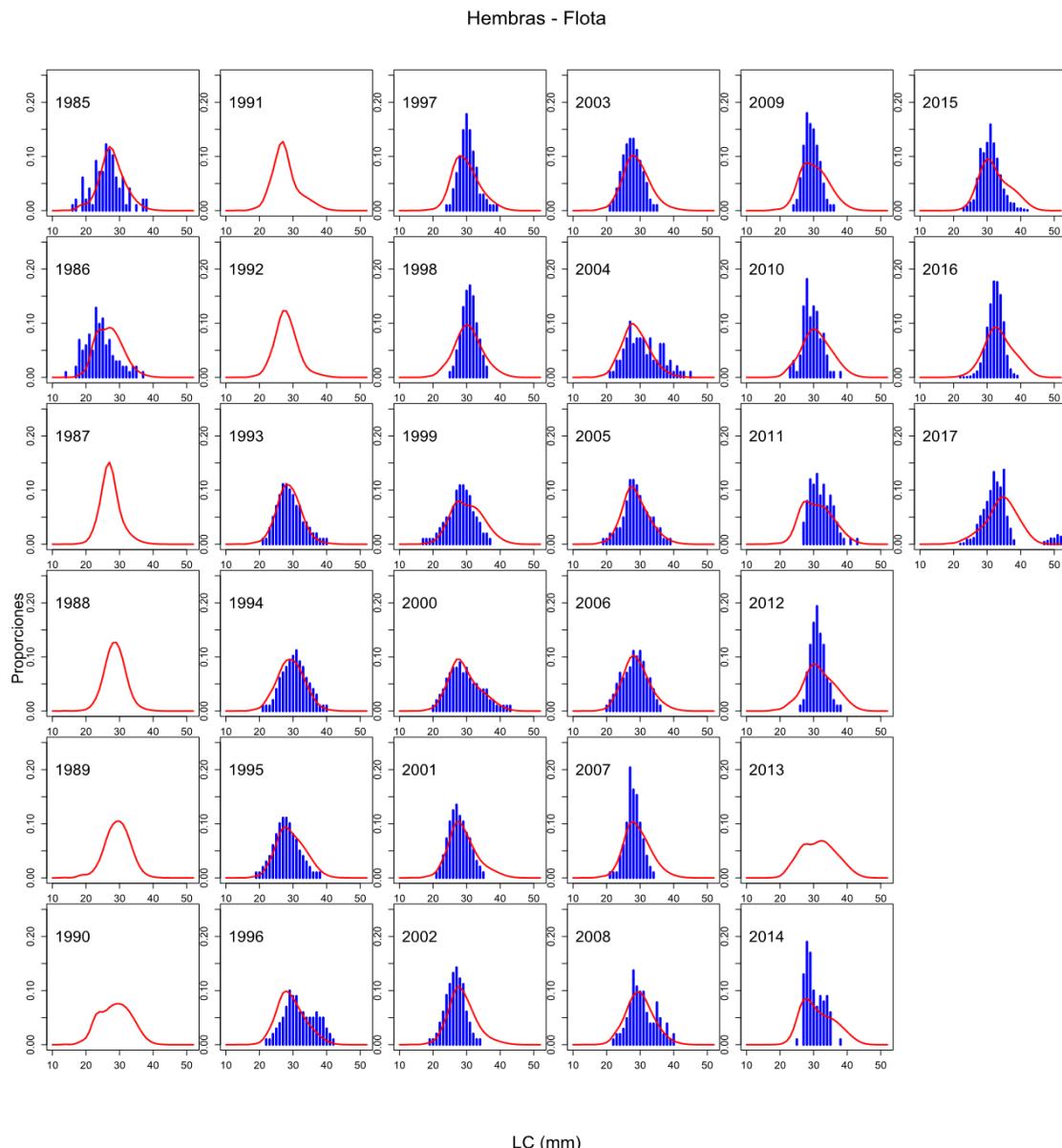


**Figura 23.** Ajuste del modelo de evaluación a la información de CPUE, desembarques y biomasa directa. La línea continua muestra el valor estimado por el modelo (azul) y los puntos las observaciones junto a su nivel de incertidumbre. Período 1985-2017, langostino amarillo UAN.

En la **Figura 24** se presenta el ajuste del modelo a las composiciones de tamaño de los machos en las capturas comerciales. En general, éstas son reproducidas de manera adecuada aunque el modelo estima una estructura de tallas desplazada hacia ejemplares de menor tamaño en algunos años. En las hembras (**Figura 25**), el modelo se ajusta satisfactoriamente a las observaciones, exceptuando el último año que es donde se observó una estructura inusual que no permite un correcto ajuste de las tallas. Para el año 2017, en machos se presenta una bi-modalidad que el modelo reproduce adecuadamente, a pesar de la doble estructura observada de proporciones y abarcando la totalidad de la densidad de tallas.

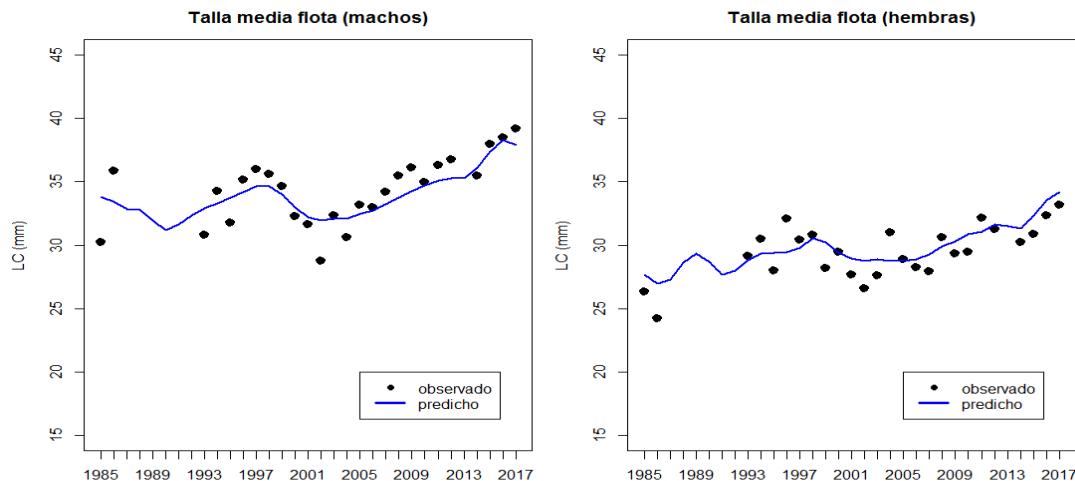


**Figura 24.** Ajuste del modelo (líneas rojas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de machos de langostino amarillo UAN, periodo 1985 – 2017.



**Figura 25.** Ajuste del modelo (líneas rojas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de hembras de langostino amarillo UAN, periodo 1985 – 2017.

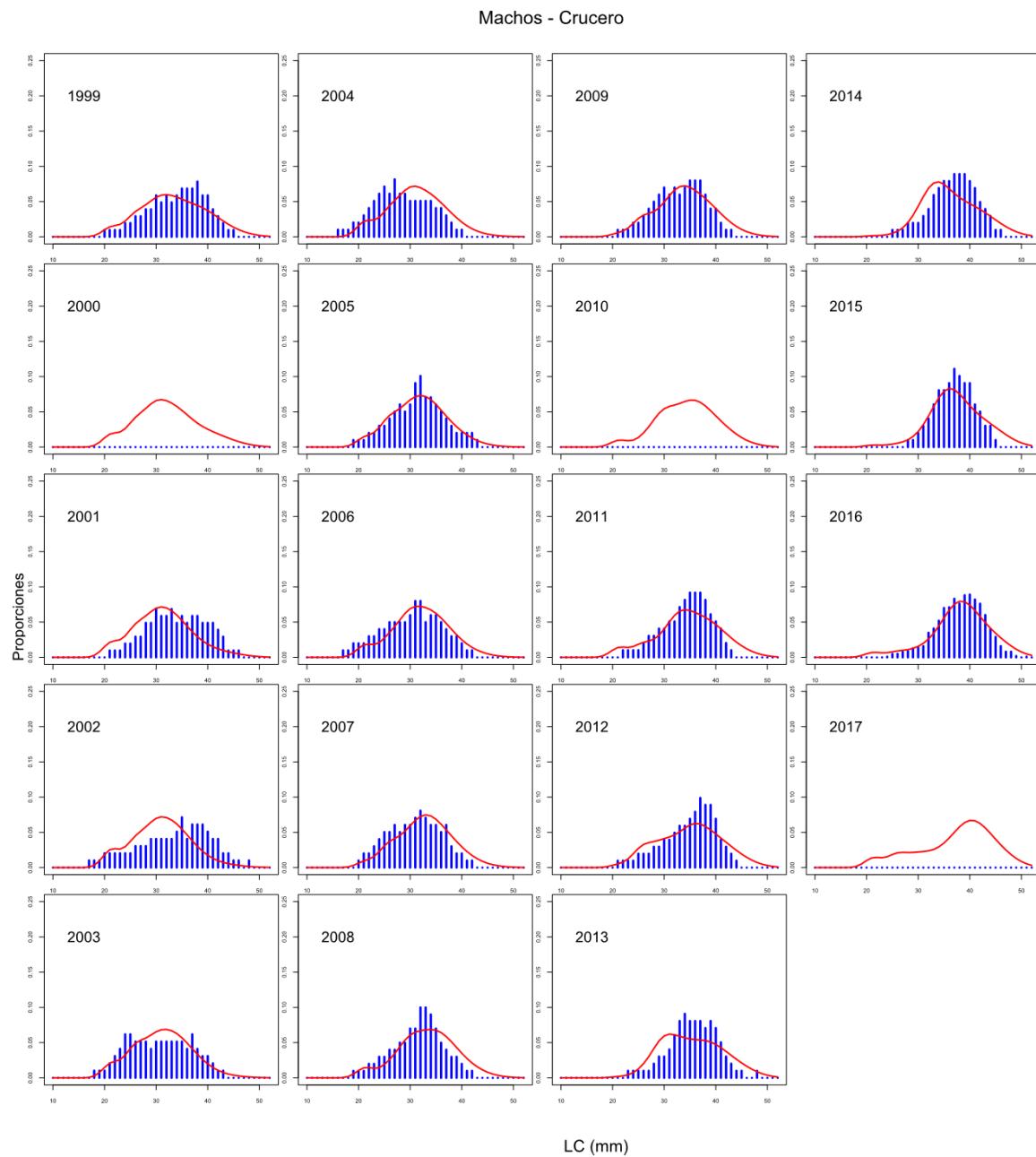
El nivel de ajuste del modelo a las tallas medias de la flota es adecuado para machos y hembras, ya que recoge las tendencias del período analizado. Se observó una reducción de tamaños corporales a principios del 2001 en ambos sexos para luego presentar una recuperación hasta el período actual, donde el último año la talla media estimada por el modelo es de 37,9 mm de LC para los machos y en 34,2 mm de LC para las hembras (**Figura 26**).



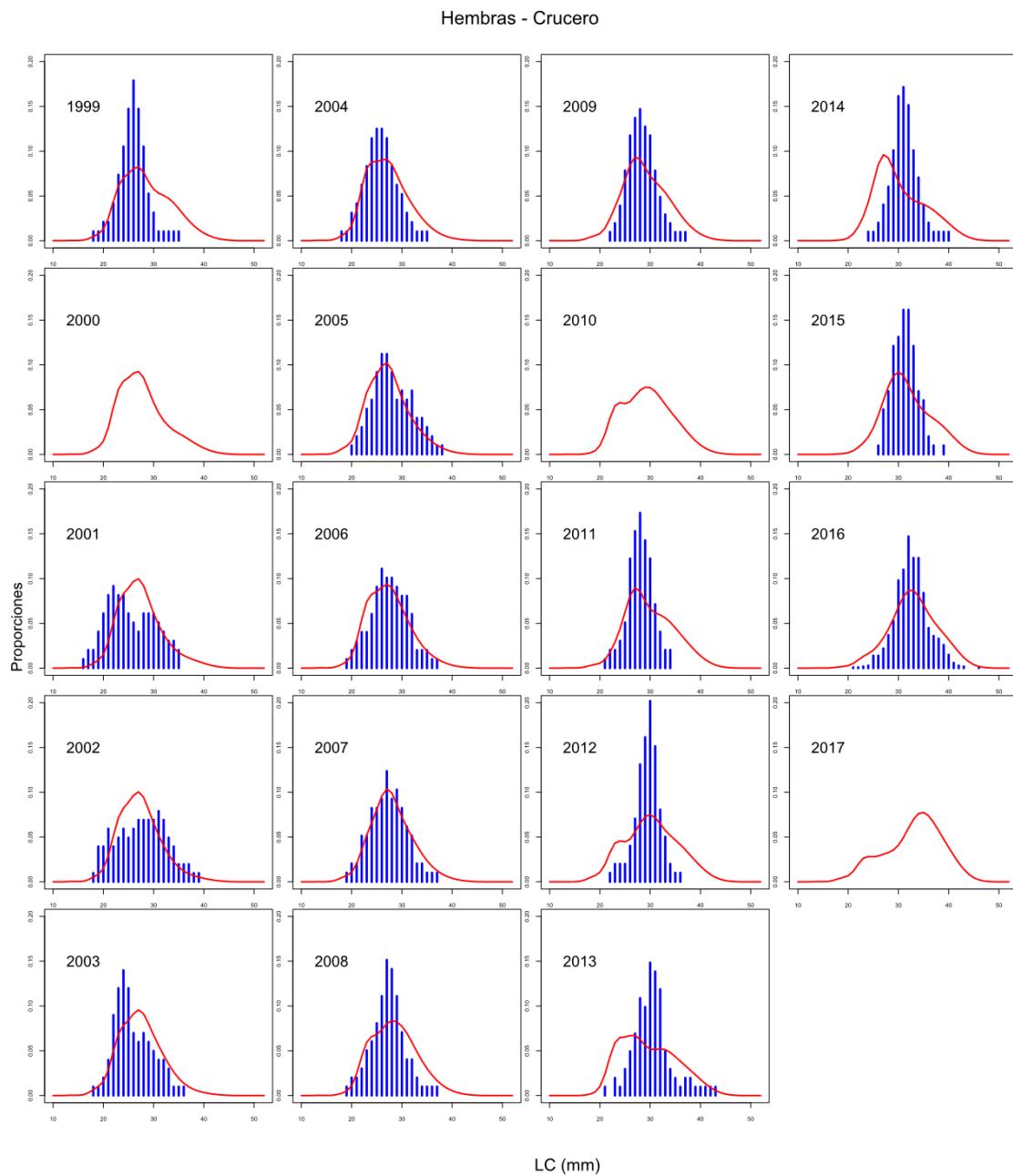
**Figura 26.** Talla media estimada por el modelo (línea azul) a los datos observados en la pesquería (puntos), langostino amarillo UAN, período 1985 – 2017.

La **Figura 27** presenta el ajuste del modelo a las estructuras de tallas observadas por los cruceros de área de barrida. En machos el modelo ajusta de buena forma a los datos observados exceptuando los años 2001, 2002, 2004, 2013 y 2014, en que al igual que lo observado en la flota comercial, se observó una tendencia del modelo a estimar ejemplares de menor tamaño corporal. En las hembras el ajuste del modelo es adecuado a las tallas observadas con excepción del año 1999, 2001, 2002, 2013 y 2014 (**Figura 28**).

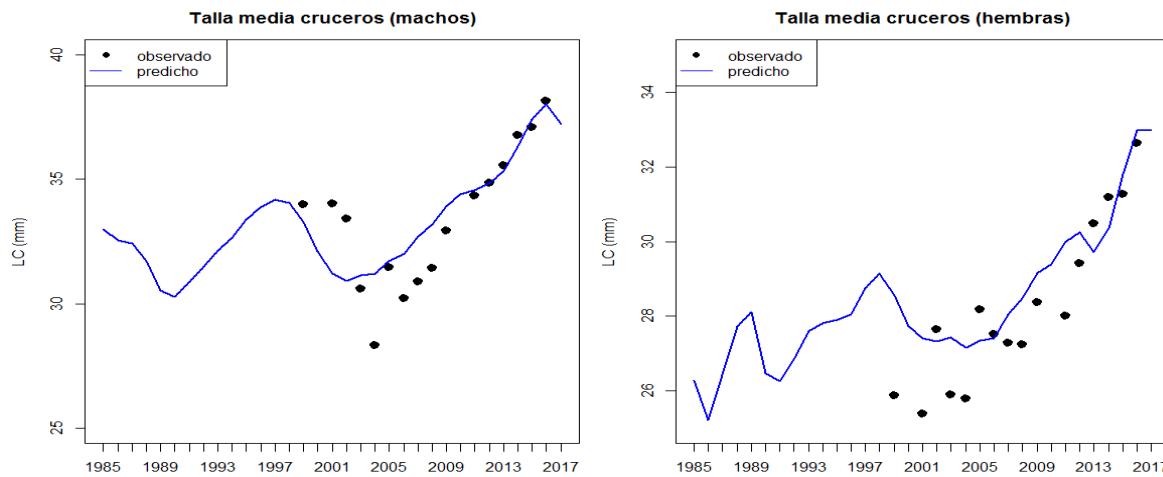
En la **Figura 29** se presenta el ajuste a las tallas medias observadas por el modelo el cual captura la tendencia en los años analizados. Se observa una disminución importante de la talla media de los machos a partir del año 1997, recuperándose a partir del año 2004. Para el año 2017 el modelo estimó una talla media de 37,2 mm de LC para machos y en las hembras la talla media en el año 2017 fue estimada en 32,99 mm de LC.



**Figura 27.** Ajuste del modelo (línea roja) a la composición de tallas observadas en los machos (barras) de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo UAN periodo 1999-2016.

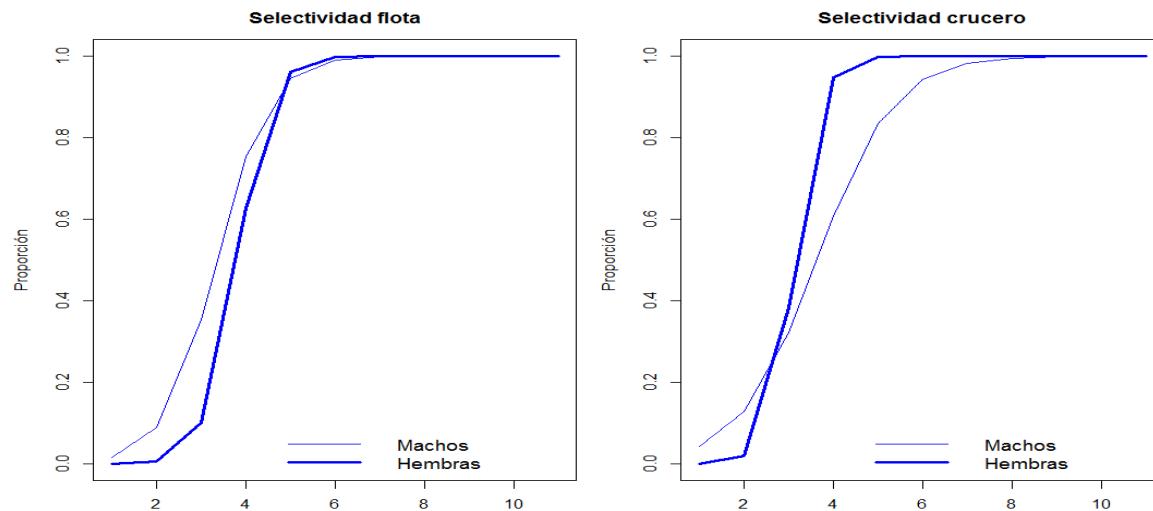


**Figura 28.** Ajuste del modelo (línea roja) a la composición de tallas observadas en los hembras (barras) de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo UAN periodo 1999-2016.



**Figura 29.** Tallas medias estimadas por los cruceros de área barrida (círculos) y las estimadas por el modelo (línea) para el langostino amarillo del área norte.

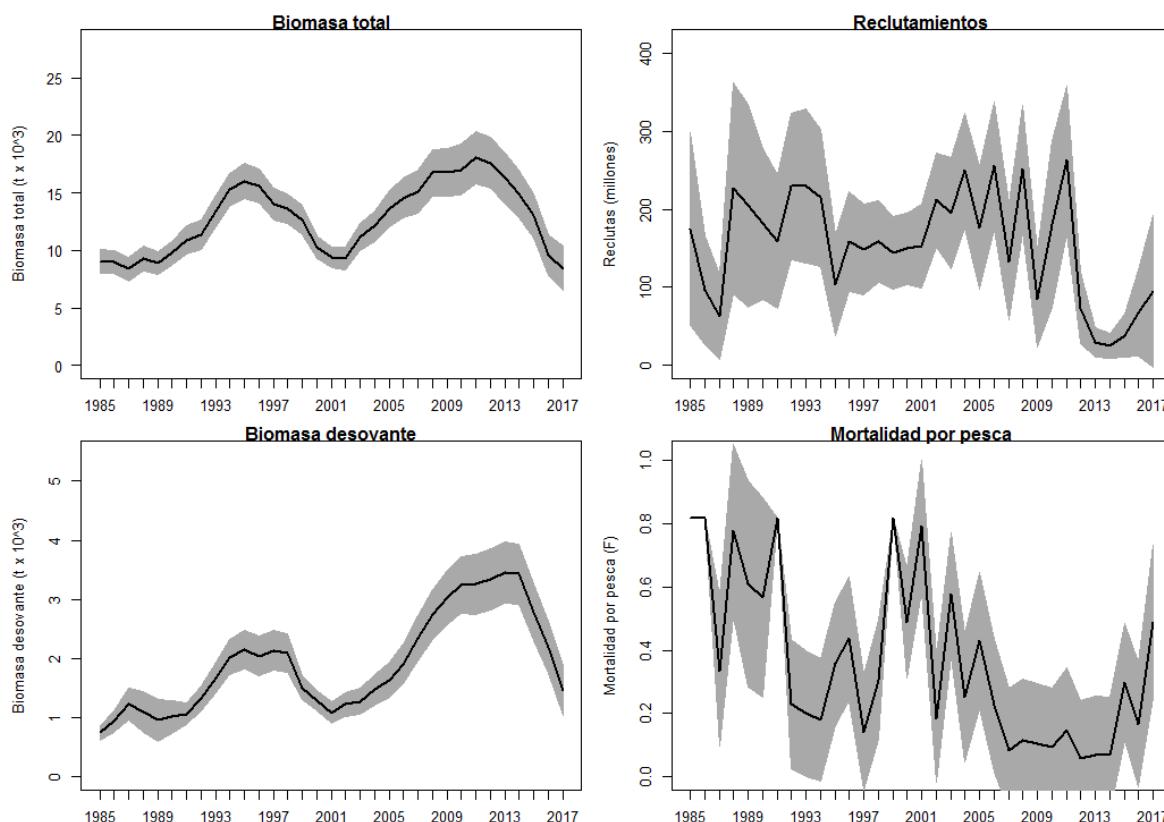
Las selectividades para la flota comercial y los cruceros de evaluación directa (**Figura 30**) son constantes en el tiempo y diferenciadas por sexo. El patrón de explotación a la edad en la flota da cuenta de una edad media de capturas en machos próxima al grupo de edad 3 y en grupo de edad cercano a 4 en hembras. En el caso de los cruceros, el patrón de explotación indica una selectividad del 50% cercana al grupo de edad 4 en machos y de grupo de edad cercana a 3 en hembras.



**Figura 30.** Patrón de explotación a la edad sexo-específicas de la pesquería y crucero, langostino amarillo UAN.

### Principales variables de estado UAN

La **Figura 31** presenta las trayectorias de las biomasas, reclutamiento y mortalidad por pesca calculadas por el modelo, junto a la incertidumbre asociada a las estimaciones. En la segunda mitad de los años '90 la población alcanzó las 16000 t, luego decayó hasta el año 2001 para luego presentar un aumento hasta año 2011 con una biomasa total cercana a las 18000 t, para luego disminuir hasta las 8414 t estimadas el año 2017. Desde el 2005 los niveles poblacionales han presentado variaciones hasta el año 2010, para luego iniciar un proceso de disminución hasta el año 2013, asociado al ingreso de clases anuales débiles. Para el año 2017 la biomasa desovante alcanzó las 1455 t (**Tabla 16**).



**Figura 31.** Biomasa total, reclutamientos, biomasa desovante y mortalidad por pesca estimados para langostino amarillo, UAN. Periodo 1985 – 2017. El área sombreada corresponde a los intervalos de confianza al 95%.

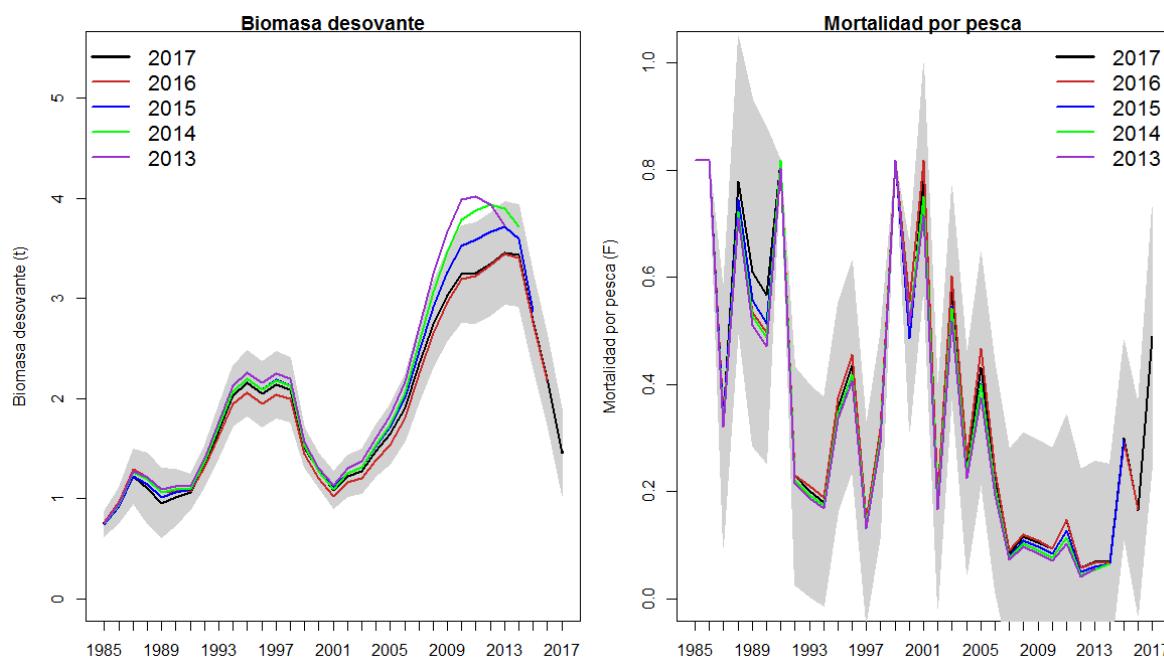
**Tabla 16.**

Biomassas total y desovante (t), reclutas y mortalidad por pesca (F) del langostino amarillo para UAN. Se presentan los intervalos de credibilidad del 95%.

Año	BT (t)	Li	Ls	BD (t)	Li	Ls	Reclutas	Li	Ls	F (año <sup>-1</sup> )
1985	9010	7995	10024	747	623	872	-	-	-	0.82
1986	9005	8080	9931	935	759	1111	175	52	299	0.82
1987	8370	7391	9349	1224	956	1493	96	26	166	0.34
1988	9325	8257	10392	1103	753	1452	63	8	117	0.78
1989	8886	7953	9818	957	607	1307	227	92	362	0.61
1990	9750	8702	10799	1013	730	1296	205	75	334	0.57
1991	10884	9668	12100	1067	888	1246	181	85	278	0.82
1992	11374	10124	12624	1332	1124	1540	159	73	244	0.23
1993	13441	12063	14819	1679	1420	1939	230	136	323	0.20
1994	15275	13846	16704	2027	1726	2329	230	130	329	0.18
1995	16029	14561	17497	2154	1829	2480	215	126	303	0.36
1996	15585	14146	17024	2044	1714	2373	103	38	168	0.44
1997	14002	12662	15342	2139	1806	2472	159	96	223	0.14
1998	13641	12350	14932	2089	1767	2411	148	91	206	0.31
1999	12657	11416	13898	1508	1312	1704	159	106	211	0.82
2000	10239	9281	11197	1288	1118	1458	144	97	190	0.49
2001	9409	8551	10266	1086	902	1270	149	103	195	0.79
2002	9292	8325	10259	1229	1024	1433	153	99	207	0.18
2003	11188	10012	12364	1275	1054	1496	212	152	272	0.58
2004	12131	10829	13433	1477	1222	1732	196	124	267	0.25
2005	13644	12124	15164	1643	1348	1938	250	177	323	0.43
2006	14551	12869	16233	1910	1571	2249	177	98	255	0.22
2007	15109	13279	16939	2348	1965	2731	256	175	337	0.08
2008	16753	14763	18743	2745	2322	3168	133	58	207	0.12
2009	16777	14721	18833	3036	2578	3493	252	171	333	0.11
2010	17006	14827	19185	3243	2760	3726	85	24	147	0.09
2011	18042	15831	20253	3256	2754	3757	181	75	288	0.15
2012	17622	15414	19830	3342	2831	3854	263	168	358	0.06
2013	16244	14108	18380	3452	2939	3965	74	28	119	0.07
2014	14927	12916	16938	3432	2926	3937	30	11	49	0.07
2015	13011	11148	14874	2784	2309	3259	25	9	42	0.30
2016	9594	7854	11334	2196	1753	2639	38	11	65	0.17
2017	8414	6533	10295	1455	1034	1876	68	12	123	0.49

### Diagnóstico del modelo de evaluación UAN

Con el fin de testear el comportamiento y la consistencia del modelo, se desarrolló un análisis retrospectivo del modelo de evaluación, el cual está relacionado con restarle un año sucesivamente al modelo base y ver el sesgo que se produce en las estimaciones en las variables de interés. La Figura 32 muestra el comportamiento histórico de las variable BD/BDo y Mortalidad por pesca del langostino amarillo en el área norte, donde la biomasa desovante se encuentra dentro del intervalo de confianza estimado y no mostrando algún tipo de re-escalamiento en cuanto a la estimación misma, mientras que la mortalidad por pesca sigue el mismo patrón a lo largo de las estimaciones por año.

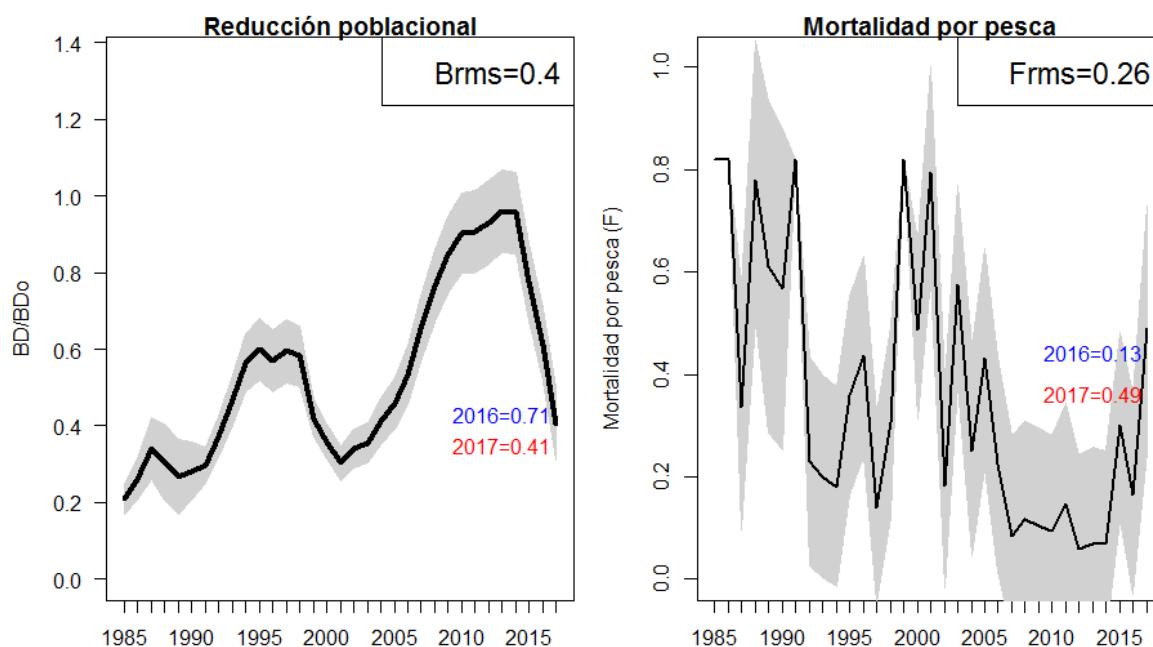


**Figura 32.** Análisis retrospectivo para comprobar consistencia del modelo de evaluación de stock, langostino amarillo UAN. El área sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% en la estimación de la biomasa desovante escenario Base (2017).

### Indicadores del estado del stock

El langostino amarillo de la UAN fue sometido a una tasa de mortalidad por pesca elevada y fluctuante en el período 1988-1990. Un segundo período de alta explotación ocurre en el año 1998-2001, para luego disminuir constantemente hasta el año 2014. Luego de estos años los niveles de mortalidad producida por la pesca se han mantenido, pero debido a la buena condición del stock declarado como sub-exploitado el año 2016, se aumentó el nivel de captura para el año 2017, estimándose un nivel de mortalidad por pesca significativo en el año 2017, con un valor de  $F = 0,49 \text{ año}^{-1}$ .

El nivel de reducción de la biomasa desovante respecto de la biomasa desovante virginal (BDo) es estimada al interior del modelo en función de los reclutamientos medios observados en la serie analizada (**Figura 33**). El rendimiento por recluta en equilibrio muestra que el recurso entre los años 2001 - 2013 presentó un aumento significativo del proceso de crecimiento poblacional, esto en función de la biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal. Dado el aumento de mortalidad por pesca estimado el año 2017, la razón de BD/BDo es de 0,41, muy por debajo del 0,71 estimado en el año 2016.

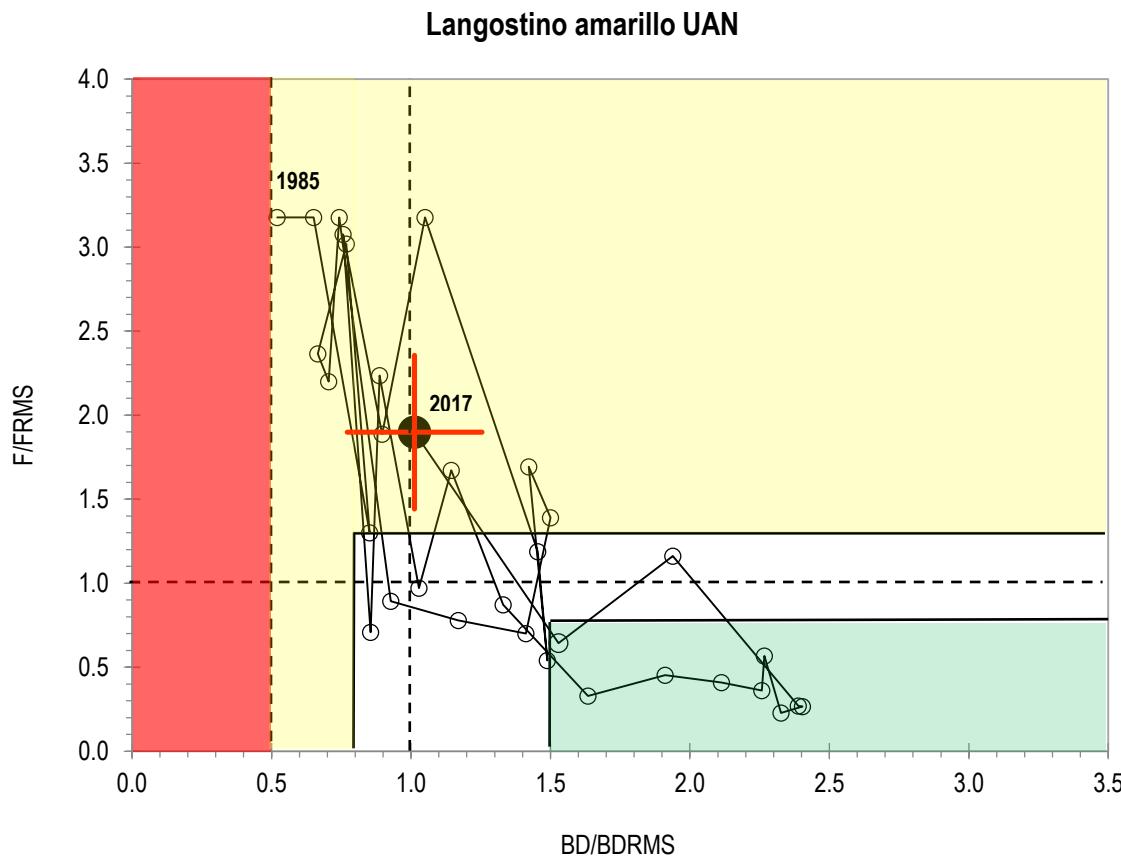


**Figura 33.** Biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal (BD/BDo) estimada para langostino amarillo área norte. El contorno sombreado corresponde a los intervalos de confianza al 95% y la línea azul corresponde a  $BD_{RMS}$  y mortalidad por pesca y tasa de explotación (en peso) para langostino amarillo en el período 1985-2016, área norte. La línea azul muestra el valor de F objetivo ( $F_{45\%}$ )

#### Diagrama de fases langostino amarillo UAN

A partir de la definición de los PBR y los indicadores de estatus se construye un diagrama de fase comparativo para ambos criterios de reducción de la biomasa desovante (**Figura 34**). En los inicios de la serie analizada el recurso estuvo sometido a niveles de explotación por sobre la mortalidad por pesca objetivo y, considerando el RPR en equilibrio, el nivel de biomasa desovante es inferior a la recomendada. Hacia el final de la serie y consecuentemente con los bajos niveles de mortalidad a los que se sometió el recurso, los niveles de biomasa desovante presentan una sostenida recuperación respecto de la condición virginal, manteniendo al langostino amarillo de la UAN en una zona segura

hasta el año 2016, que es cuando se considera un recurso sub-explotado. Para el año 2017 la razón  $BD/BD_{RMS} = 1,01$  y  $F_{2017}/Frms = 1,90$ , indicando que si bien, en términos de biomasa se encuentra cercano al RMS, los niveles de mortalidad por pesca lo sitúan en sobrepesca con probabilidad de encontrarse en sobreexplotación.



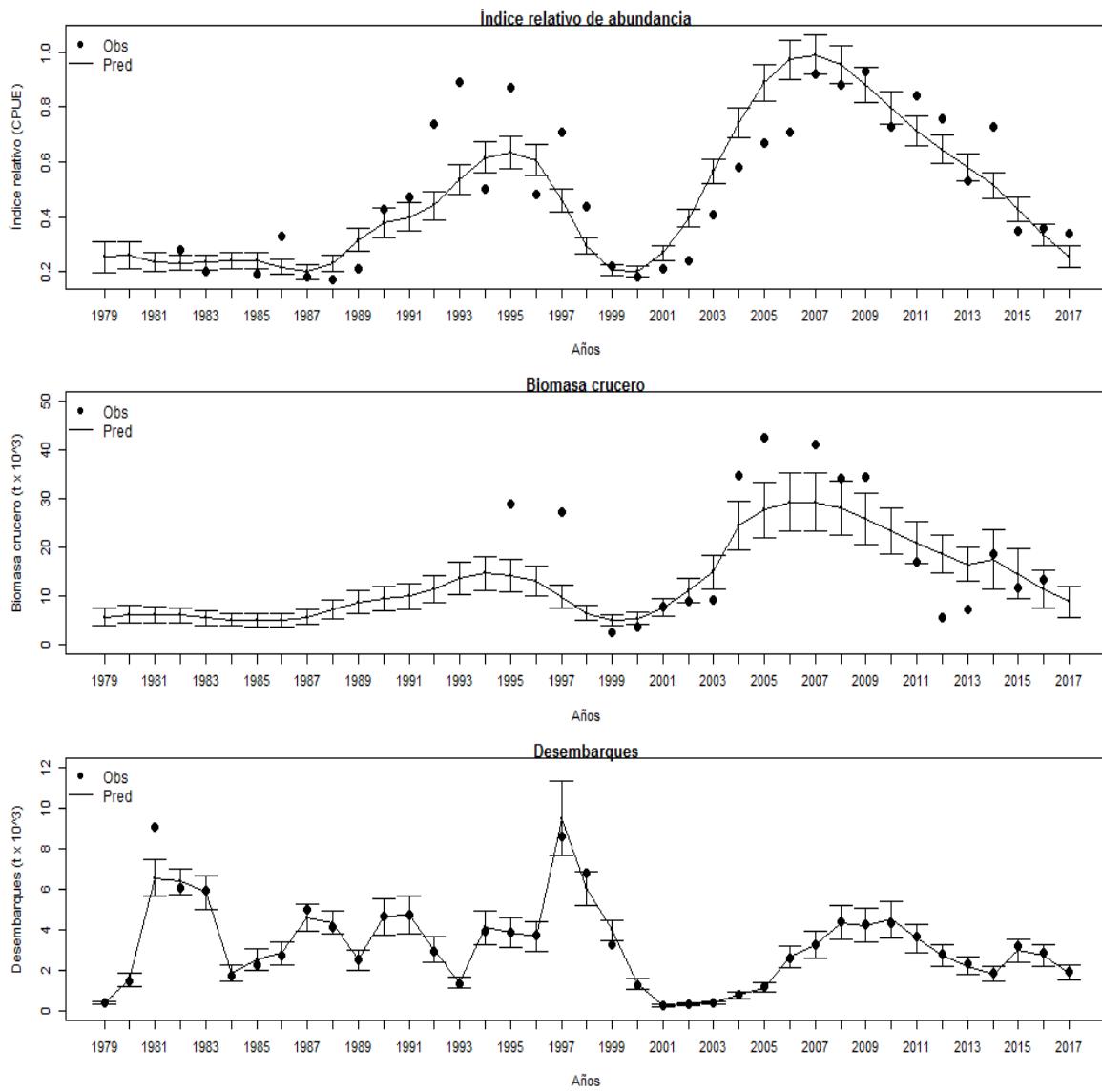
**Figura 34.** Diagrama de fase del langostino amarillo, área norte. En el eje X se presenta la razón entre el nivel de reducción de la biomasa desovante estimada en la evaluación de stock respecto de la biomasa objetivo ( $BD_{RMS}$ ), la cual define el estatus de sub-explotación ( $BD/BD_{RMS} > 1$ ), plena explotación ( $0.8 \geq BD/BD_{RMS} \geq 1.5$ ), sobreexplotación ( $BD/BD_{RMS} < 0.8$ ) y colapso ( $BD/BD_{RMS} < 0.5$ ). El eje Y representa la razón entre la mortalidad por pesca proveniente de la evaluación respecto del  $F_{45\%}$  considerado objetivo para alcanzar el RMS (proxy), sobre la línea continua ( $F/F_{RMS} > 1$ ) se define la condición de sobrepesca.



#### **4.2.2. Estatus langostino amarillo unidad análisis sur (UAS)**

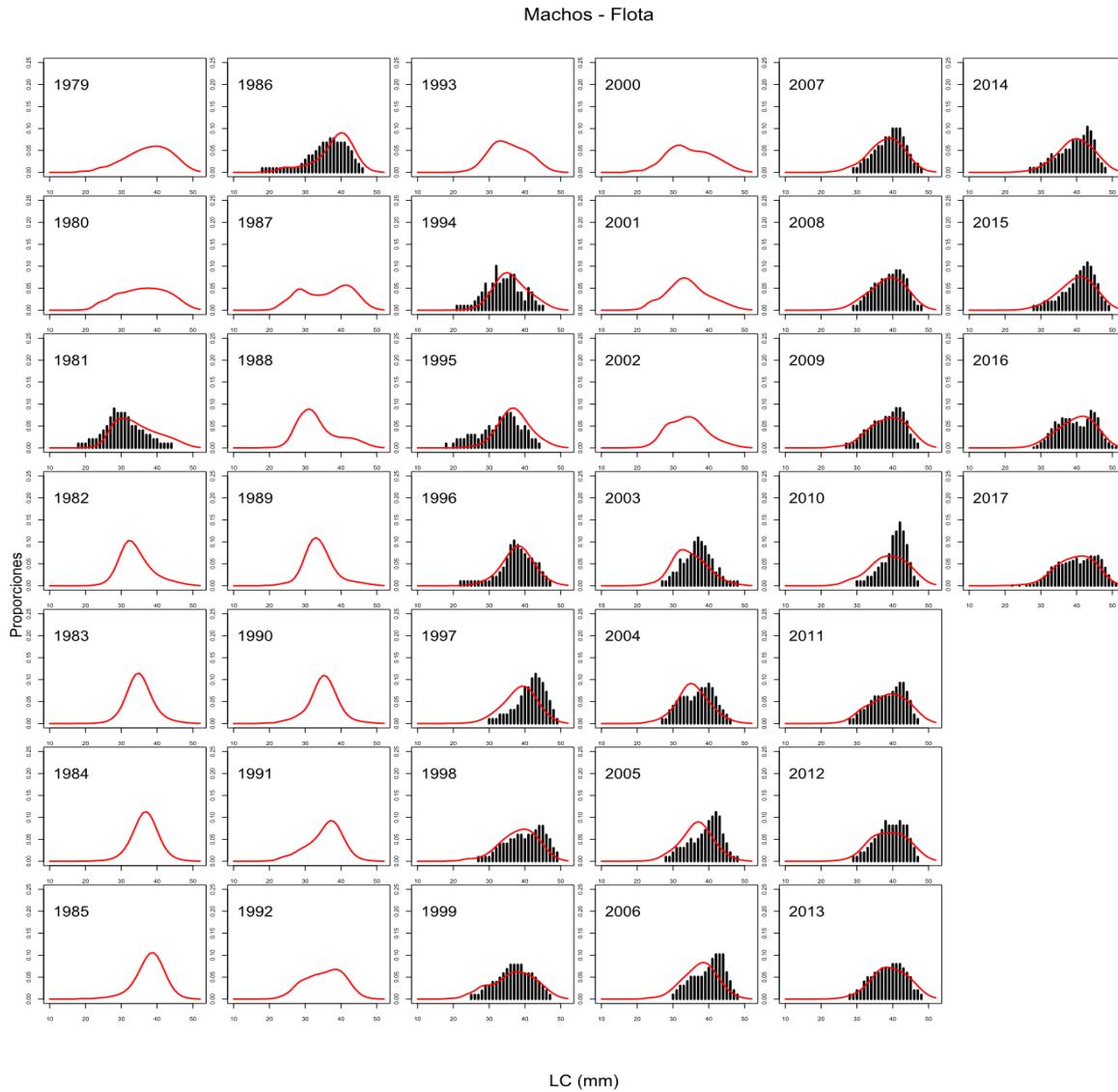
Se presenta el ajuste del modelo de dinámica poblacional para la unidad de análisis sur para el período 1979 – 2017. Debido a la moratoria extractiva declarada entre la V y VIII Regiones a partir del año 2001, indicadores como las estructuras de tamaños cuentan con estimaciones provenientes del sur de la IV Región.

El ajuste del modelo a la serie de desembarques es satisfactorio, mientras que el ajuste a la CPUE es adecuado ya que recoge la tendencia para este indicador, pero sub-estimando los valores observados el año 1993, 1996, 1997 y 1998, posiblemente por la alta variabilidad de los rendimientos en este periodo. La estimación de biomasa del crucero presenta gran incertidumbre debido a los valores iniciales de la serie en 1995 y 1997, aunque el modelo logra capturar la tendencia de esta variable, el modelo refleja la disminución de la abundancia del recurso en función de su trayectoria. El año 2007, la CPUE estimada por el modelo muestra una caída drástica lo que se explica por el impacto en la estimación de la biomasa de la evaluación directa desde el 2007 en adelante, lo que genera un efecto compensatorio entre ambos indicadores (**Figura 35**)



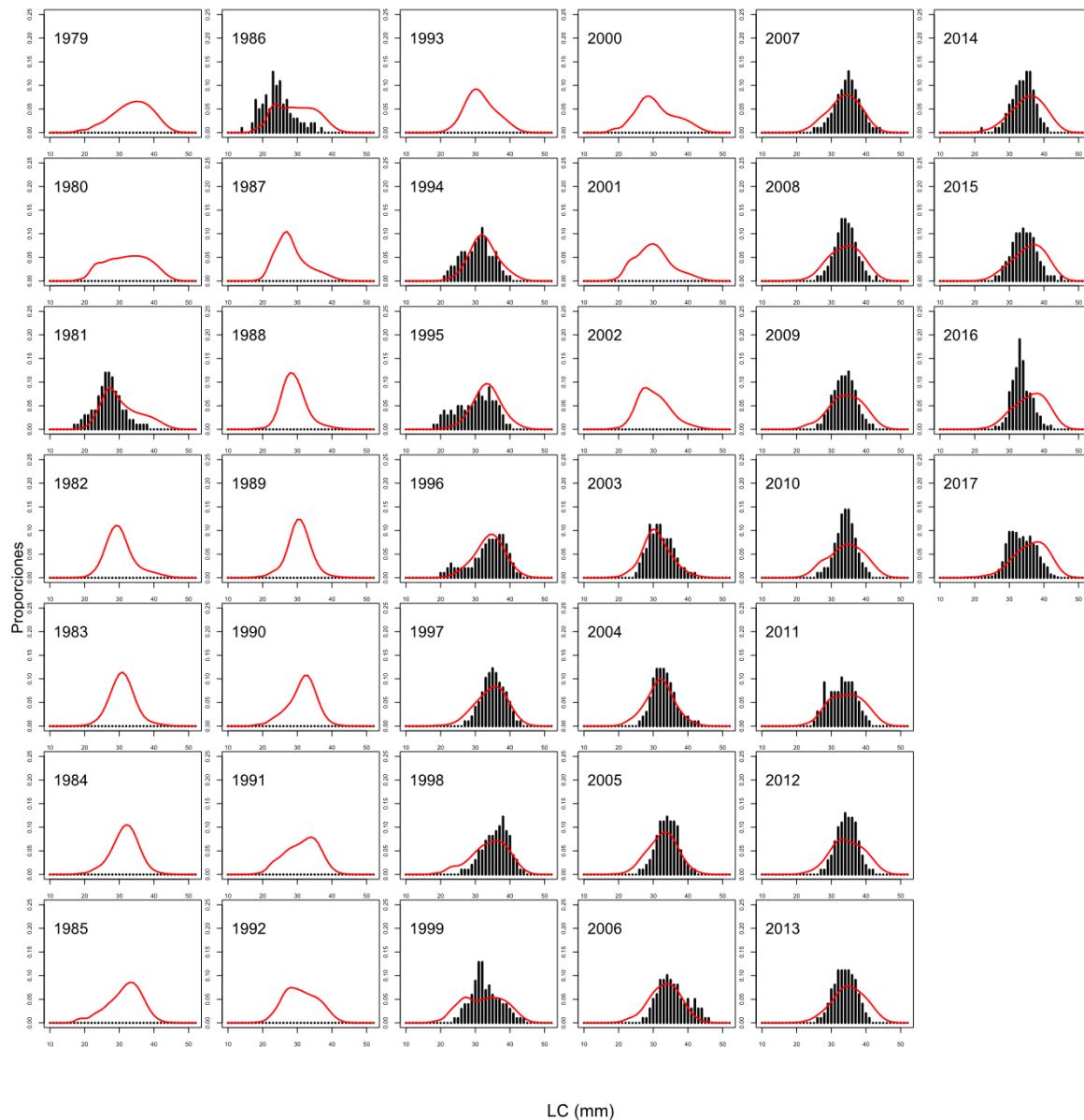
**Figura 35.** Ajuste del modelo de evaluación a la información de CPUE, desembarques y biomasa directa. La línea continua muestra el valor estimado por el modelo y los puntos las observaciones junto a su nivel de incertidumbre. Período 1979-2016, langostino amarillo UAS.

Las composiciones de tamaño de las capturas de la flota son reproducidas adecuadamente, salvo en algunos años, como en el inicio de la serie (1981 en ambos sexos y 1997 en machos). Además, en los machos se observa una subestimación de la talla media especialmente entre los años 1997, 2003, 2005 y 2006 (**Figuras 36, Figura 37 y Figura 38**). En las tallas medias estimadas por el modelo se observa que este tiende a sobreestimar los valores estimados desde el año 2011 a 2017, probablemente por la tendencia a sobreestimar la estructura observada en el mismo periodo.

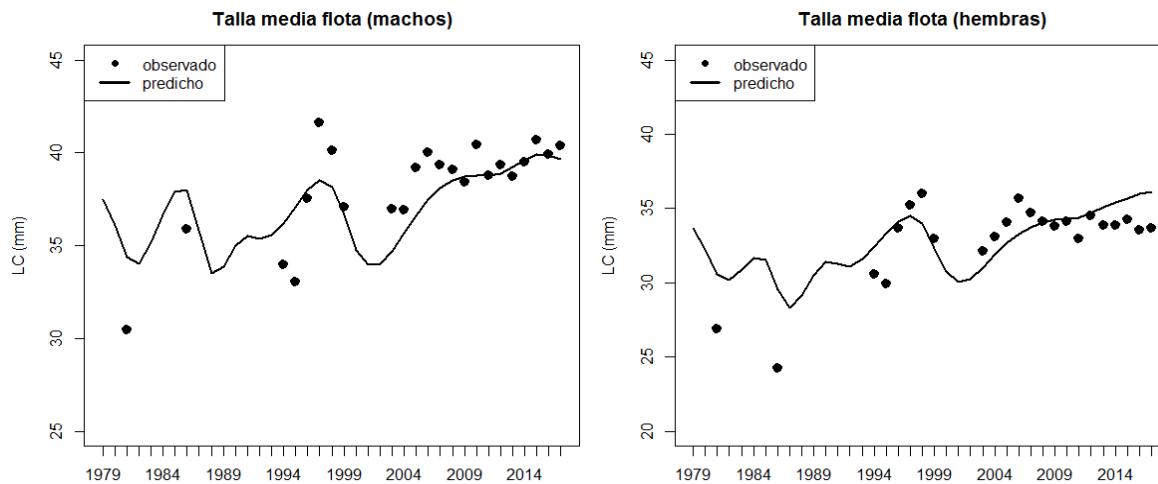


**Figura 36.** Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de machos de langostino amarillo, UAS, periodo 1979 – 2017.

## Hembras - Flota

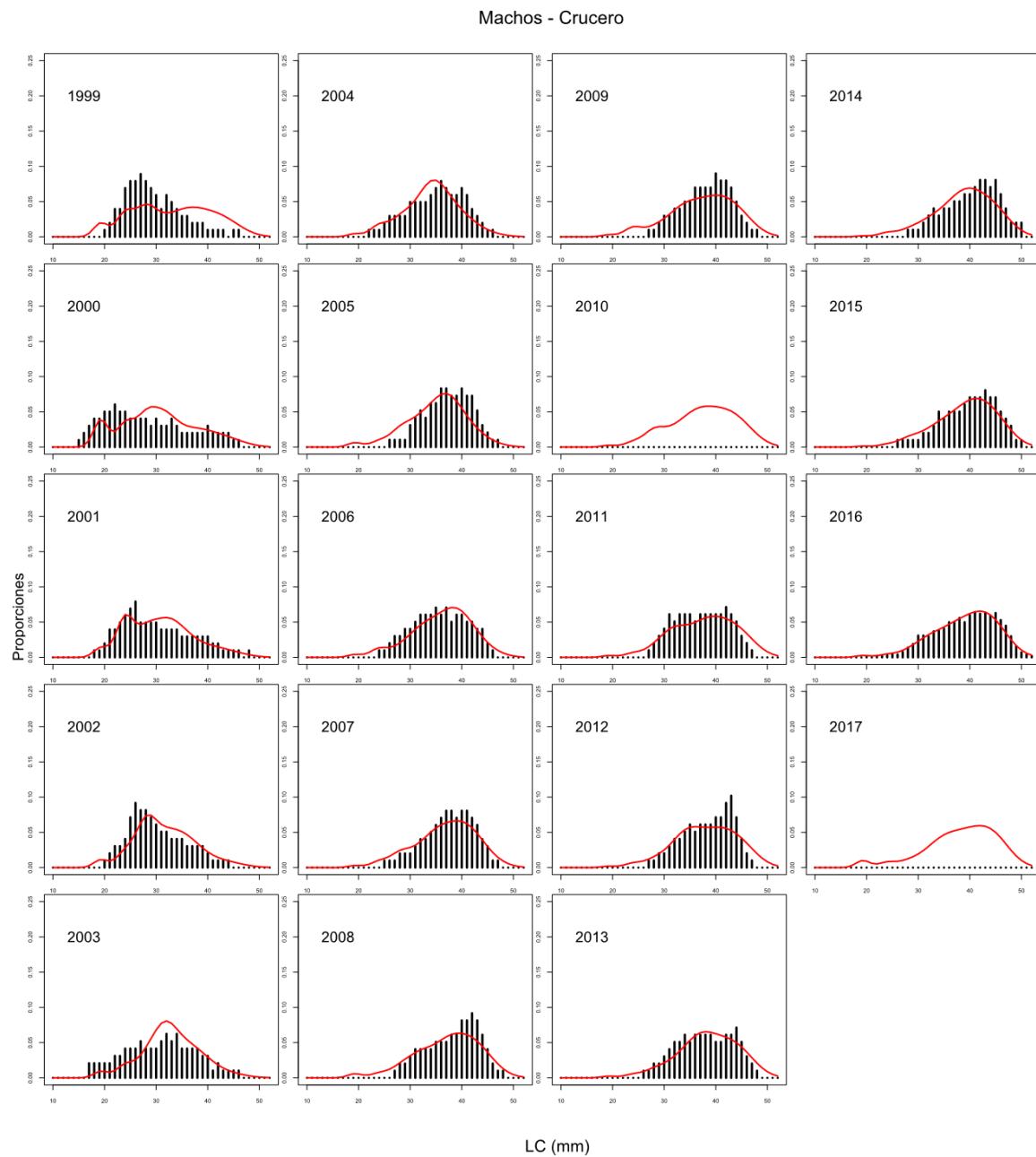


**Figura 37.** Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de hembras de langostino amarillo, UAS, periodo 1979 – 2017.

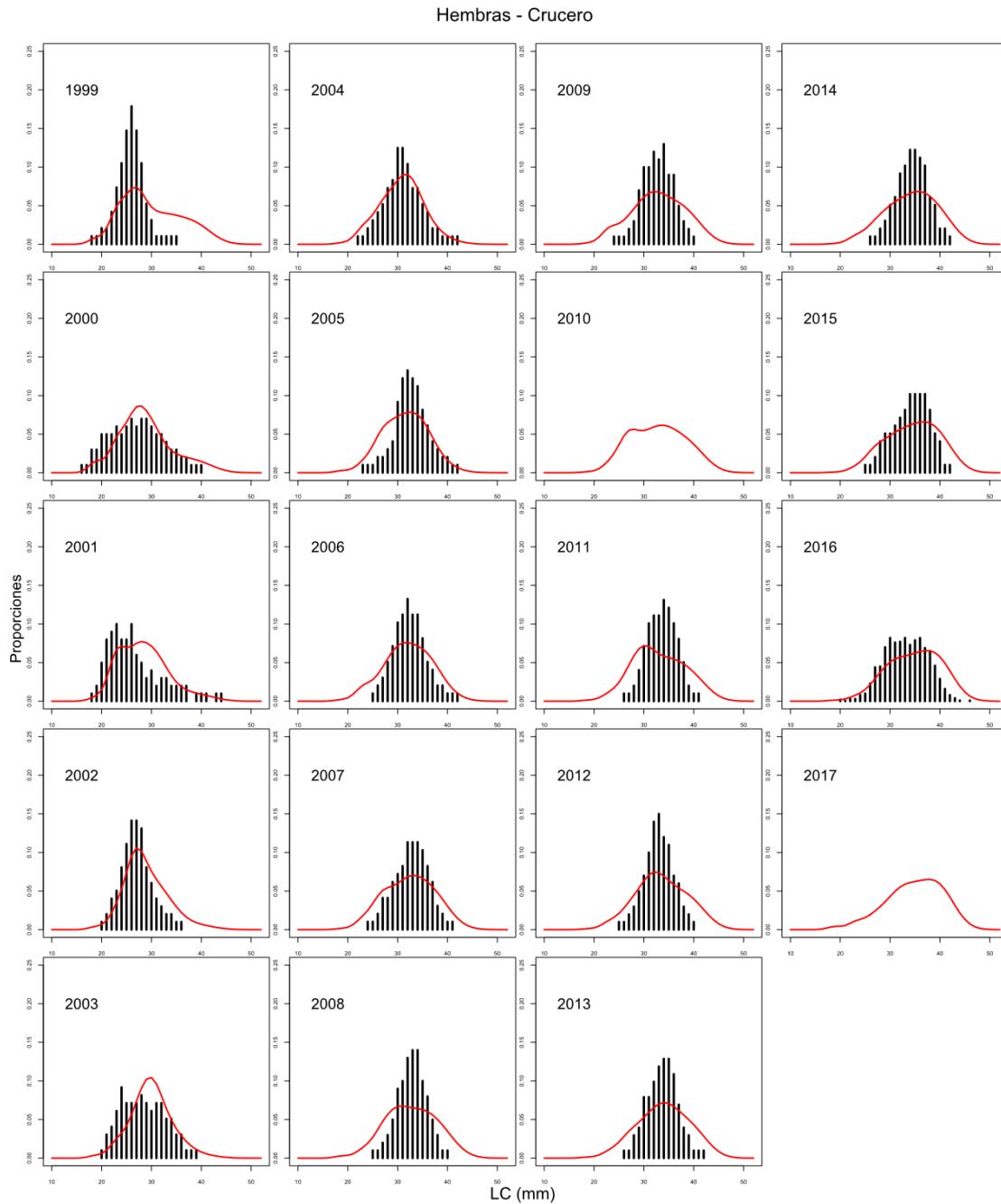


**Figura 38.** Tallas medias estimadas por el monitoreo a la pesquería (círculos) y las estimadas por el modelo, langostino amarillo UAS, periodo 1979 – 2017.

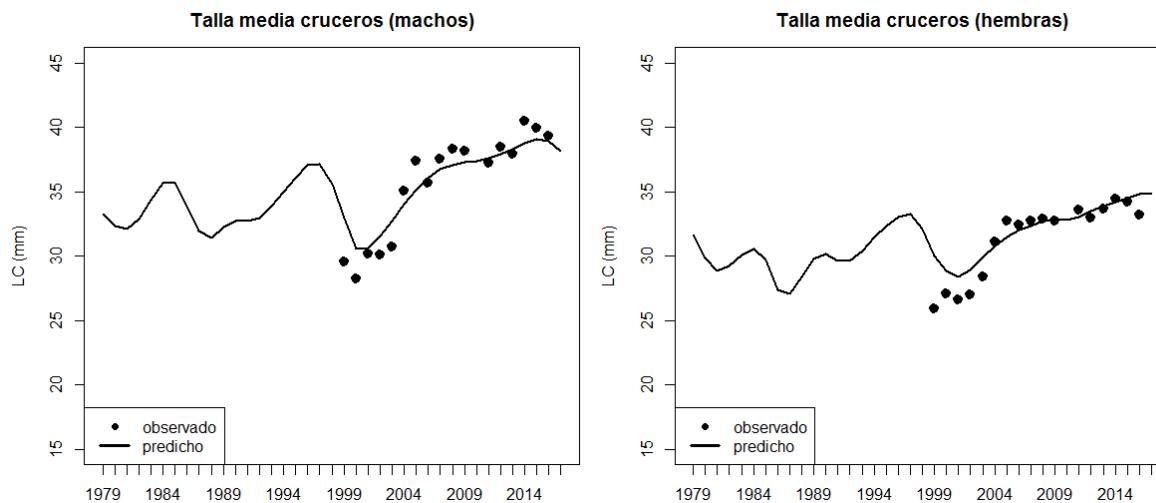
El ajuste del modelo para el crucero de evaluación representa adecuadamente la estructura de machos, a excepción de los dos primeros años de observación (1999 y 2000), pero luego sigue la tendencia a lo largo de las tallas observada, en especial la proporción del año 2016. El modelo se ajusta correctamente a las estructuras de hembras, sólo el primer año presenta una sobreestimación hacia individuos más grandes en forma bi-modal de la estructura. Las tallas medias estimadas siguen la tendencia de los valores observados en los cruceros de evaluación, estimando para el año 2017 una longitud media en machos de 38,16 mm y 34,88 mm en hembras. (**Figuras 39, Figura 40 y Figura 41**).



**Figura 39.** Ajuste del modelo a la composición de tallas de los machos de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo, UAS, periodo 1999 – 2017.

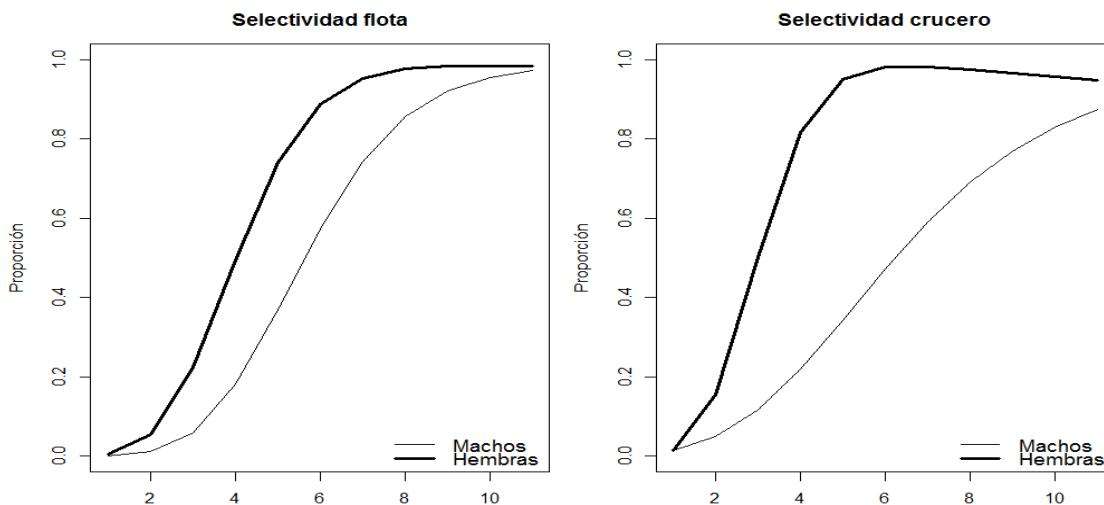


**Figura 40.** Ajuste del modelo a la composición de tallas de las hembras de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo, UAS, periodo 1999 – 2017.



**Figura 41.** Tallas medias estimadas por los cruceros de evaluación directa (círculos) y las estimadas por el modelo (línea) para el langostino amarillo, UAS, periodo 1979 – 2017.

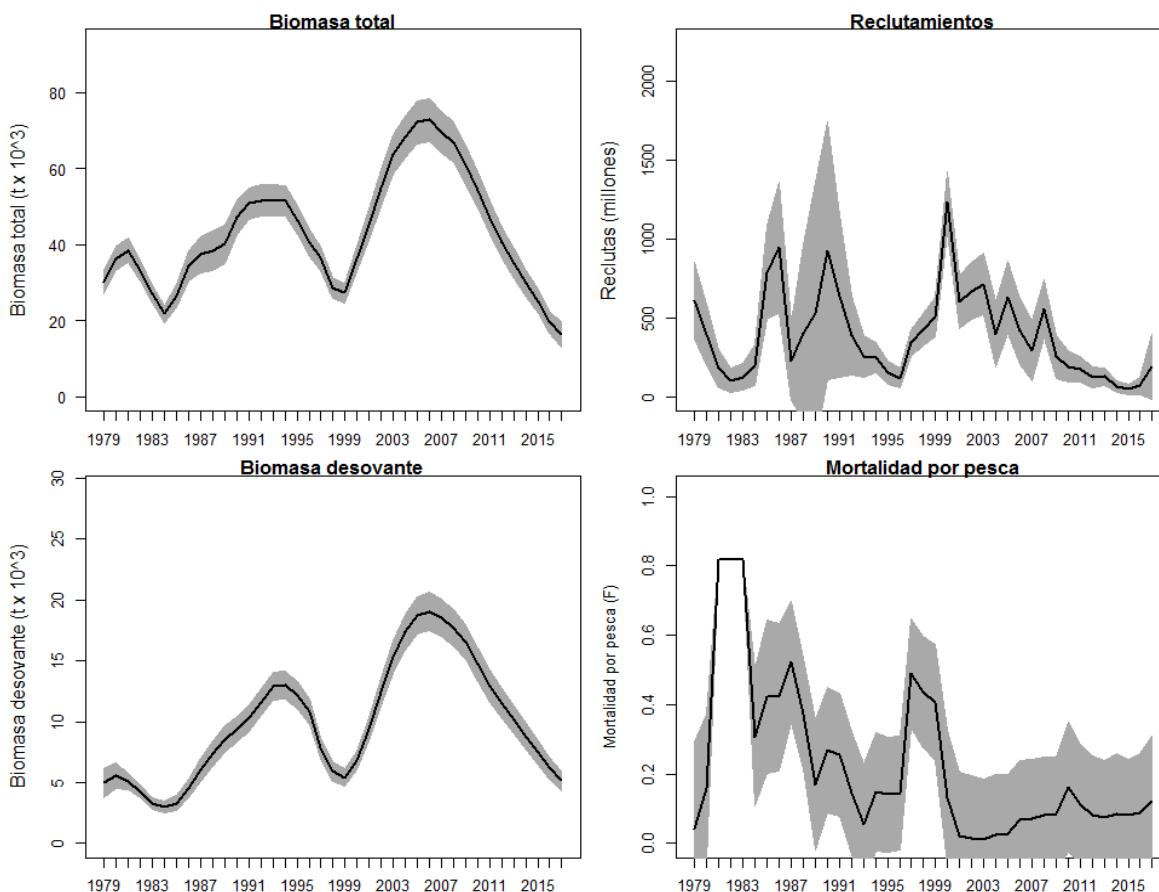
Se estimó el patrón de explotación durante el período de análisis en UAS con una ojiva de vulnerabilidad constante en el tiempo para cada género. En la **Figura 42** se presentan las selectividades estimadas por grupo de edad, dando cuenta de un grupo edad vulnerable al 50% en machos para el grupo 5 y grupo de edad 3 en hembras. La estimación en los cruceros de investigación indica que el 50% de los individuos capturados pertenecen al grupo de edad 3 en hembras y grupo de edad 6 en machos.



**Figura 42.** Patrón de explotación a la edad sexo-específicas de la pesquería del langostino amarillo, UAS.

### Principales variables de estado UAS

La **Figura 43** muestra las tendencias de las biomasas estimadas por el modelo para los años 1979-2017. En ésta se observa un incremento de la biomasa total los años 1984 y 1999, para luego presentar un máximo el año 2006, donde la biomasa vulnerable muestra un comportamiento similar a la total. Luego del año 2006 las biomasas caen abruptamente, incluyendo la biomasa desovante, observándose una merma notoria en la abundancia del recurso. Para el año 2017 se estimaron 16443 t de biomasa total y 5154 t biomasa desovante. En los años 1987 y 2000 se habrían registrado importantes niveles de reclutamiento, los que habrían permitido obtener los altos niveles de biomasa vulnerable que se registraron a mediados de los '90 y 2000. Cabe señalar que entre los años 1987 y 1990, los cv del reclutamiento son aproximadamente del orden de 0.8, lo que provoca una varianza muy alta en este periodo (observadas en la figura como el intervalo de confianza), pero aun así, estos no presentan un impacto en las estimaciones de biomassas futuras del recurso. Las estimaciones para cada variable se muestran en la **Tabla 17**.



**Figura 43.** Biomasa total, reclutamientos, biomasa desovante y mortalidad por pesca estimados para el langostino amarillo, UAS, período 1979-2017.



Tabla 17.

Biomasa total y desovante (t), reclutas y mortalidad por pesca (F) del langostino amarillo UAS. Se presentan los intervalos de credibilidad del 95%.

Año	BT (t)	Li	Ls	BD (t)	Li	Ls	Reclutas	Li	Ls	F (año <sup>-1</sup> )
1979	30171	26924	33418	4959	3767	6152	-	-	-	0.04
1980	36313	33053	39573	5576	4538	6614	606	363	848	0.16
1981	38539	35269	41809	5086	4387	5784	396	202	590	0.82
1982	33180	30391	35969	4285	3714	4855	181	61	301	0.82
1983	27052	24652	29452	3307	2816	3798	104	26	183	0.82
1984	21816	19593	24039	3007	2478	3536	127	41	213	0.31
1985	26574	23394	29754	3310	2672	3949	201	72	329	0.42
1986	34460	30443	38477	4546	3784	5309	789	491	1087	0.42
1987	37439	32594	42284	6072	5116	7027	945	528	1362	0.52
1988	38533	33263	43803	7386	6291	8481	225	0	473	0.37
1989	40191	35086	45296	8543	7430	9655	407	0	963	0.17
1990	47292	42729	51855	9406	8319	10493	531	0	1360	0.27
1991	50780	46580	54980	10305	9225	11385	926	110	1742	0.26
1992	51620	47454	55786	11616	10497	12735	642	128	1156	0.14
1993	51629	47458	55800	12942	11774	14110	388	138	639	0.05
1994	51498	47383	55613	13034	11861	14207	256	124	388	0.15
1995	46359	42479	50239	12150	11010	13290	248	152	344	0.14
1996	40399	36840	43958	10799	9727	11871	157	84	231	0.14
1997	36446	33105	39787	7871	6984	8758	121	56	186	0.49
1998	28713	25874	31552	5913	5123	6702	342	258	427	0.44
1999	27324	24637	30011	5405	4665	6145	424	322	527	0.41
2000	36223	32825	39621	6804	5992	7615	505	379	630	0.13
2001	45178	41001	49355	9381	8406	10357	1235	1046	1425	0.02
2002	54883	50020	59746	12417	11233	13601	601	435	767	0.02
2003	63706	58286	69126	15272	13897	16647	671	494	848	0.01
2004	68226	62579	73873	17365	15856	18874	715	522	909	0.03
2005	72140	66343	77937	18727	17143	20311	393	187	599	0.03
2006	72776	67027	78525	19030	17423	20637	631	405	858	0.07
2007	69458	63916	75000	18556	16971	20141	415	205	625	0.07
2008	66857	61433	72281	17692	16159	19225	296	106	486	0.08
2009	60958	55817	66099	16559	15092	18026	556	371	741	0.09
2010	54347	49524	59170	14713	13285	16141	254	116	391	0.16
2011	47078	42546	51610	12962	11593	14331	193	94	293	0.11
2012	40500	36306	44694	11509	10231	12787	176	96	257	0.08
2013	35040	31119	38961	10159	8974	11344	125	61	189	0.07
2014	29805	26193	33417	8767	7672	9863	130	75	185	0.09
2015	25078	21772	28384	7450	6448	8451	65	27	103	0.08

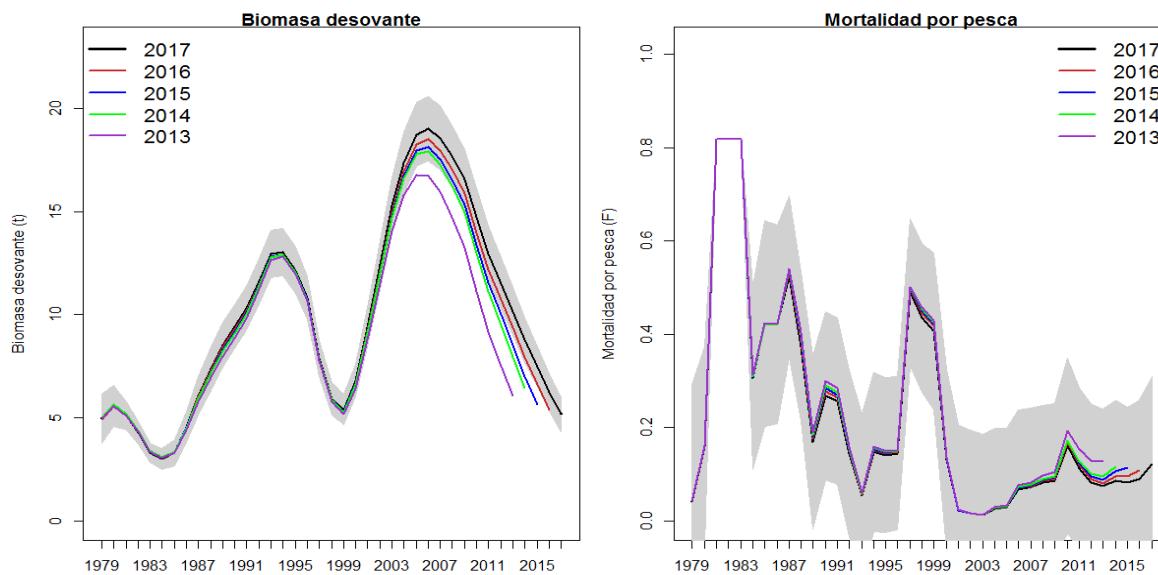
**Tabla 17 (Continuación)**

Biomasa total y desovante (t), reclutas y mortalidad por pesca (F) del langostino amarillo UAS. Se presentan los intervalos de credibilidad del 95%

Año	BT (t)	Li	Ls	BD (t)	Li	Ls	Reclutas	Li	Ls	F ( $\text{año}^{-1}$ )
2016	19702	16686	22718	6222	5312	7131	50	17	82	0.09
2017	16443	13021	19865	5154	4298	6009	70	15	125	0.12

### Diagnóstico del modelo de evaluación

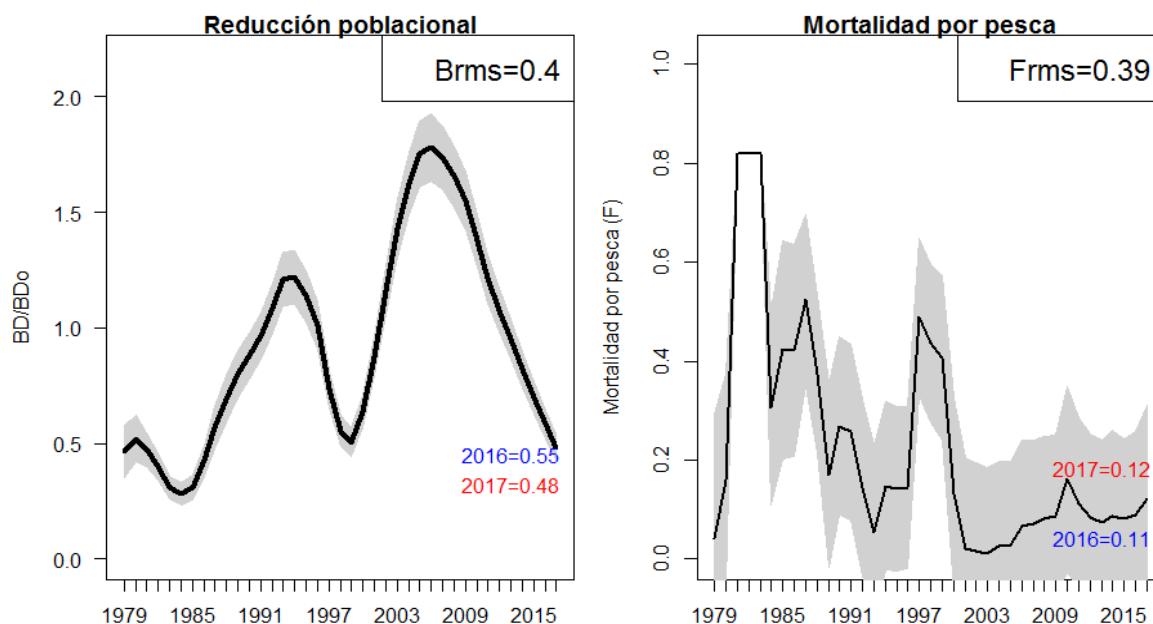
Al igual que en el área norte, en el área sur también se realizó un análisis retrospectivo con la finalidad de comprobar la consistencia del modelo de evaluación. El modelo parece ser bastante robusto en términos de estimación de acuerdo a la extensa serie de años, las variables de importancia, en este caso la biomasa desovante y la mortalidad por pesca, mantienen una tendencia clara y dentro de los intervalos de confianza estimados por el modelo. La biomasa desovante no muestra variación hasta el año 2013, que es cuando se re-escalía y presenta una pendiente de caída más pronunciada que en los otros años, mientras que la mortalidad por pesca sigue la tendencia con signos de re-escalamiento, esto es, una subestimación de los niveles de biomasa y una sobreestimación de la mortalidad por pesca. La **Figura 44** muestra el comportamiento de estas variables a lo largo de la serie temporal.



**Figura 44.** Análisis retrospectivo para comprobar consistencia del modelo de evaluación de stock, langostino amarillo UAS. El área sombreada corresponde al intervalo de confianza del 95% en la estimación de la biomasa desovante escenario Base (2016).

## Indicadores del estado del stock

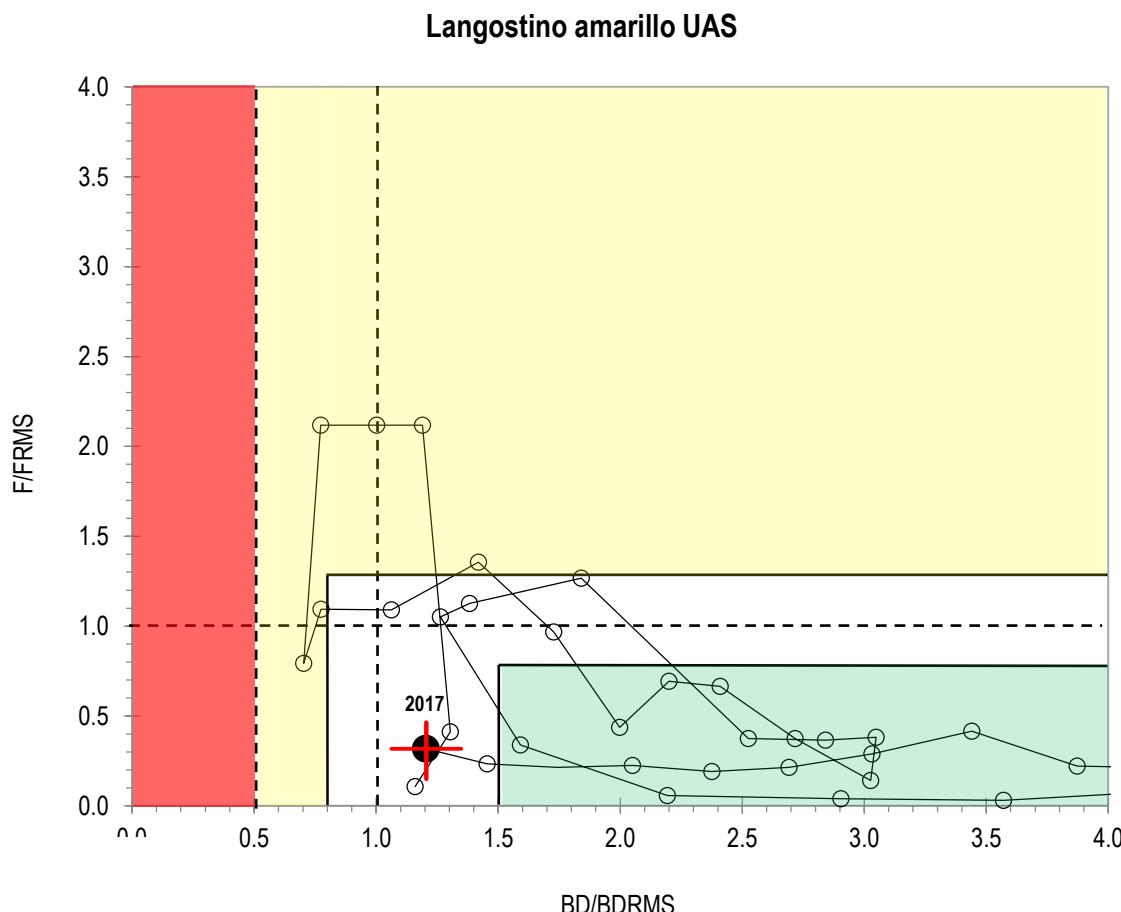
El langostino amarillo de la unidad sur estuvo sometido a elevadas tasas de mortalidad por pesca en el período 1981-1983, las que significaron tasas de explotación de biomasa cercanas al 22%. Esta situación se repite en 1987 para luego decaer hasta 1996 en donde nuevamente los niveles aumentan, pero gracias a la veda total decretada entre la V y VIII Regiones para el período 2001 a 2005, los niveles de mortalidad por pesca y tasas de explotación decrecieron a valores extremadamente bajos. Entre 2003 y 2010, se registró un incremento en la mortalidad por pesca y tasas de explotación de forma sostenida para luego decaer en 2012, donde comienzan a disminuir nuevamente hasta en la actualidad. Para el 2017 se estimó una mortalidad por pesca  $F=0.12 \text{ año}^{-1}$  para hembras. La reducción poblacional correspondiente a la biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal ( $BD/BDo$ ) en el largo plazo muestra que el recurso a tenido un comportamiento cíclico, en el cual presentó un primer máximo en el año 1994 para luego decaer hasta el año 1999, posteriormente tuvo un notorio aumento hasta llegar al máximo en el año 2007, en donde nuevamente tiene un comportamiento descendiente hasta la última evaluación ( $BD/BDo=0.48$ ). La **Figura 45** muestra la estimación histórica de este indicador.



**Figura 45.** Reducción poblacional ( $BD/BDo$ ) y mortalidad por pesca estimadas por el modelo en el langostino amarillo UAS, período 1979-2017. La línea roja muestra el valor de  $F$  y  $BD/BDo$  actual junto al intervalo de confianza del 95% (contorno sombreado)

### Diagrama de Fases langostino amarillo UAS

Se presenta el diagrama de fase para el langostino amarillo del área sur (**Figura 46**), el cual considera que el rendimiento máximo sostenido se obtiene cuando la biomasa desovante es reducida al 45% (proxy) de la biomasa desovante virginal ( $BDo$  en equilibrio). Se estimó un valor de  $BD/BD_{RMS} = 1,21$  y de  $F/F_{RMS} = 0,32$  para el año 2017, esto quiere decir que la biomasa se encuentra por sobre la  $BRMS$  y la mortalidad por pesca se encuentra por debajo de un nivel de riesgo de sobrepesca.

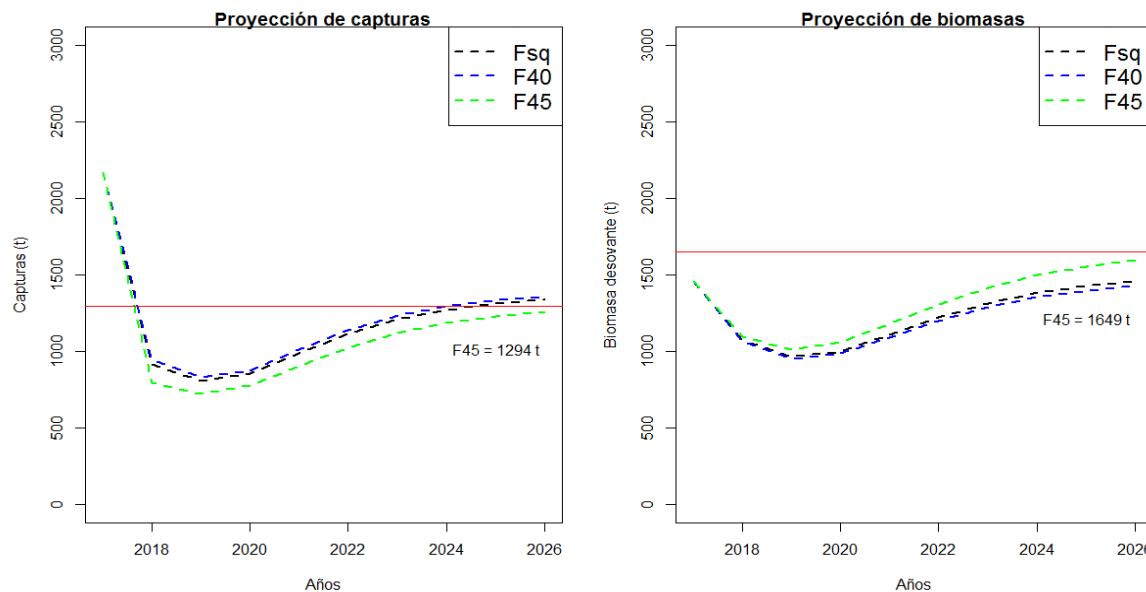


**Figura 46.** Diagrama de fase del langostino amarillo, área sur. En el eje X se presenta la razón entre el nivel de reducción de la biomasa desovante estimada en la evaluación de stock respecto de la biomasa objetivo ( $BD_{RMS}$ ), la cual define el estatus de sub-explotación ( $BD/BRMS > 1$ ), plena explotación ( $0.8 \geq BD/BRMS \geq 1.5$ ), sobreexplotación ( $BD/BRMS < 0.8$ ) y colapso ( $BD/BRMS < 0.5$ ). El eje Y representa la razón entre la mortalidad por pesca proveniente de la evaluación respecto del  $F_{45\%}$  considerado objetivo para alcanzar el RMS (proxy), sobre la línea continua ( $F/F_{RMS} > 1$ ) se define la condición de sobrepesca

## 4.3. Objetivo específico 3

### 4.3.1. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) langostino amarillo UAN

Se estimó una captura biológicamente aceptable (CBA) para el langostino amarillo de la UAN para el año 2018. El análisis incorpora los niveles de capturas proyectadas a 10 años y la reducción del stock expresado en la razón de biomasa desovante sobre la biomasa virginal ante distintos escenarios de mortalidad por pesca en el mismo periodo. De acuerdo a estas estimaciones, y con una estrategia de un  $F = F_{45\%}$ , en el año 10 de proyección las capturas alcanzarían las 1243 t, mientras que si se sigue una estrategia del  $F_{sq}$ , las capturas serían de 1336 t (**Figura 47**). Si se considera mantener el mismo nivel de mortalidad por pesca actual, la biomasa desovante estaría alrededor de las 1456 t, mientras que con la estrategia del  $F_{45\%}$  la biomasa desovante tendría un volumen de 1591 t (**Figura 47**).



**Figura 47.** Trayectorias de las capturas (toneladas) de langostino amarillo, período 1985 – 2016 y proyección para el período 2017 – 2026 con diferentes estrategias de explotación de mortalidad por pesca constante  $F_{sq}$ ,  $F_{40}$ ,  $F_{45}$  y  $F_{sq}$ .

La **Tabla 18** muestra las capturas proyectadas del langostino en la unidad norte ante distintas hipótesis con estrategias de explotación. Si se quiere adoptar el  $F_{45\%}$ , con un nivel de riesgo del 10% (exceder ese objetivo), la CBA para el año 2018 alcanzarían las 613 t. Ante un escenario más riesgoso (50% de sobrepasar el nivel estratégico del  $F_{45\%}$  como proxy del  $F_{RMS}$ ), las capturas serían de 794 t. Si se aplica la estrategia de  $F_{sq}$  en un escenario de menor riesgo (10%), las capturas serían de 705 t, mientras que con una probabilidad intermedia (30%) de sobrepasar la estrategia de explotación, las capturas serían 828 t.

**Tabla 18.**

Escenarios de Capturas Biológicamente Aceptables del langostino amarillo, UAN.

Fcte	Media	Desv.st	p ( F > Preferencia)				
			0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
F <sub>40%</sub>	946	168	730	804	858	903	946
F <sub>45%</sub>	794	141	613	675	720	758	794
F <sub>sq</sub>	913	162	705	776	828	872	913

Con el fin de evaluar las proyecciones de la reducción poblacional (BD/BDo) se realizó un MCMC con 100 mil iteraciones para determinar, en función de las estrategias de explotación, la probabilidad de que esta variable alcance el RMS en el tiempo t de la proyección. El valor de 1 significa que ante la estrategia de explotación alcanza el objetivo de 0.40 BD/BDo el periodo proyectado, mientras el valor 0 indica que no lo alcanza. La **Tabla 19** muestra los resultados de la simulación.

**Tabla 19**

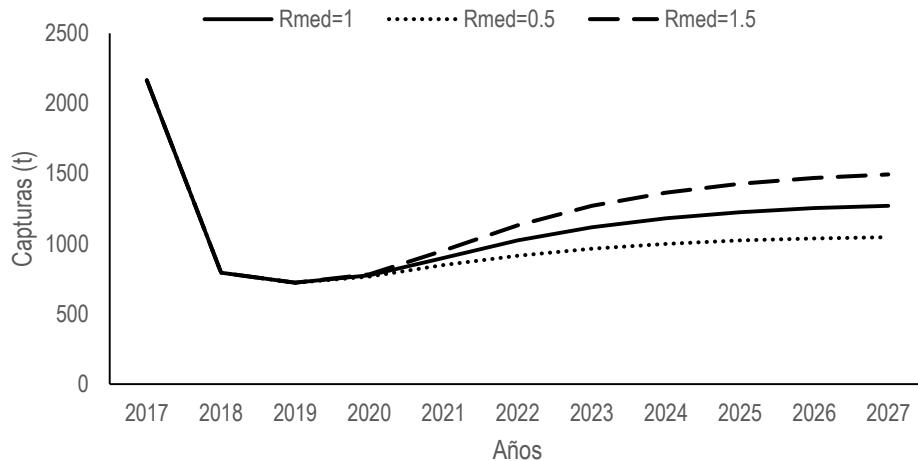
Probabilidad de alcanzar el 40% de la razón BD/BDo en el tiempo t = 10 de la proyección para las distintas estrategias de explotación, UAN.

	p (BD/BDo >= 0.4)		
	F <sub>40%</sub>	F <sub>45%</sub>	F <sub>sq</sub>
Promedio, $\bar{x}$	0.96	1.07	0.99
Desvest, $\sigma^2$	0.06	0.07	0.12
p(BD/BDo > 0.4)	0.90	1.00	1.00

Como análisis adicional se calculan escenarios de capturas alternativos a los proyectados anteriormente, esto tomando en consideración un reclutamiento alto (+50%) del promedio estimado histórico y un reclutamiento bajo (-50%) del promedio histórico, los resultados se muestran en la **Figura 48** y **Tabla 20**. Las trayectorias se muestran en función de la estrategia objetivo del F<sub>45%</sub>. La **Figura 49** y **Tabla 21** muestra las trayectorias de las biomassas desovantes proyectadas ante los mismos escenarios descritos anteriormente.

**Tabla 20**Proyección de las capturas ante distintos escenarios de reclutamientos en función del F<sub>45%</sub>, UAN

Años	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Rmed = 0.5	2164	794	722	768	848	914	965	1000	1023	1038	1047
Rmed = 1.0	2164	794	723	775	900	1023	1117	1182	1226	1254	1271
Rmed = 1.5	2164	794	723	782	952	1132	1269	1365	1429	1470	1495

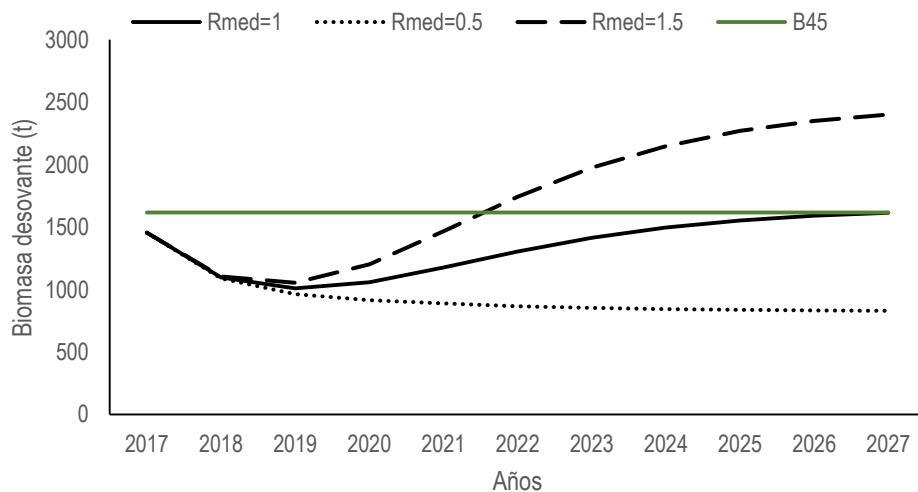


**Figura 48.** Proyección de las capturas ante distintos escenarios de reclutamiento (bajo, medio y alto) en función de la estrategia de explotación del  $F_{45\%}$ , langostino amarillo de la UAN.

**Tabla 21**

Proyección de biomasas desovantes ante distintos escenarios de reclutamientos en función del  $F_{45\%}$ , UAN.

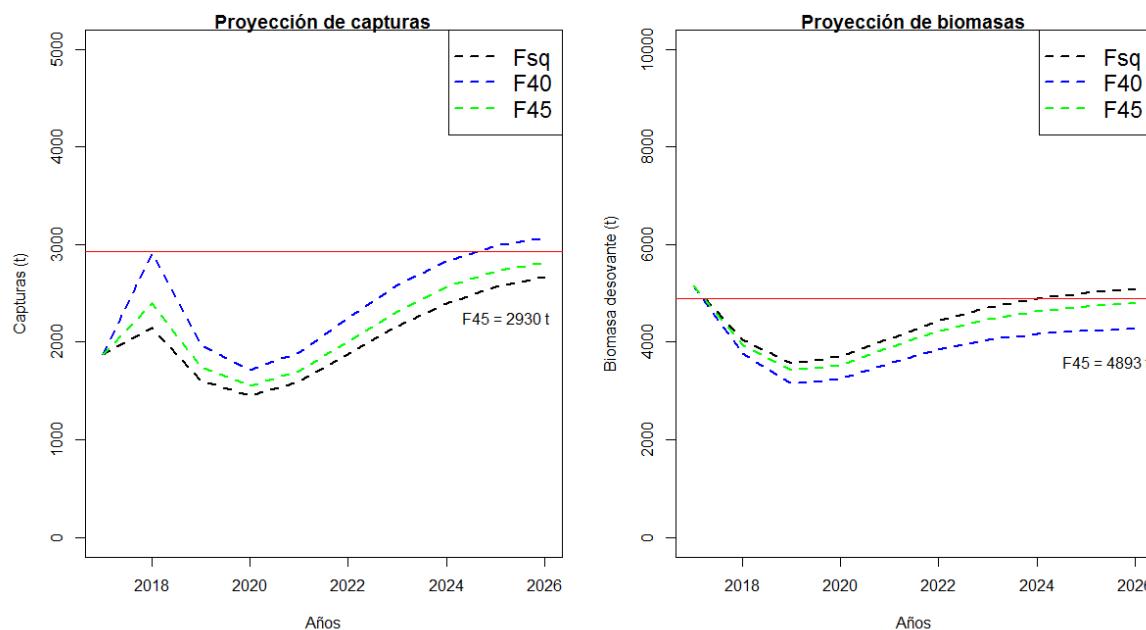
Años	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Rmed = 0.5	1455	1088	964	916	888	867	852	843	837	833	830
Rmed = 1.0	1455	1096	1009	1059	1177	1304	1413	1496	1553	1591	1615
Rmed = 1.5	1455	1104	1054	1201	1466	1742	1975	2148	2269	2350	2401



**Figura 49.** Proyección de la biomasa desovante ante distintos escenarios de reclutamiento (bajo, medio y alto) en función de la estrategia de explotación del  $F_{45\%}$ , langostino amarillo de la UAN.  $B_{RMS} = 1649$  t.

#### 4.3.2. Captura Biológicamente Aceptable (CBA) langostino amarillo UAS

Al igual que en la unidad norte, se estimó la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para el año 2018 en la unidad sur, las cuales están en función de distintas estrategias de explotación. Si se adopta una mortalidad por pesca que genere un 45% de reducción poblacional (BD/BDo), las capturas proyectadas a diez año plazo, alcanzarían las 2821 t. En cambio, si se adopta la estrategia del  $F_{sq}$  (misma mortalidad por pesca estimada en el año 2017), las capturas serían 2668 t (**Figura 50**). En relación a la biomasa desovante utilizando como estrategia de explotación el  $F_{sq}$  y  $F_{45\%}$ , esta lograría alcanzar el equilibrio más allá del año 10 de proyección con 5176 t y 4843 t respectivamente.



**Figura 50.** Trayectoria de las capturas (t) proyectadas bajo distintas estrategias de mortalidad por pesca constante, período 2017-2026, langostino amarillo área sur. Proyección de biomasa desovante 2017 - 2026 langostino amarillo de la UAS frente a distintas estrategias de explotación.

La **Tabla 22** muestra las diferentes opciones de estrategias de explotación y las capturas estimadas ante diferentes probabilidades de sobrepasar el valor de cada  $F_{cte}$  en el largo plazo. Si se desea mantener el mismo nivel de reducción actual ( $BD/BDo = 0.48$ ), y con un riesgo menor de sobrepasar la estrategia del  $F_{sq}$ , las capturas para el año 2018 serían de 1769 t. En cambio, si la probabilidad de sobrepasar la media estimada ante esa estrategia es aún mayor (50%), las capturas serían de 2143 t. Si se adopta el  $F_{45\%}$  como objetivo, y ante un riesgo menor, las capturas serían 1981 t, en cambio, si se adopta una probabilidad mayor de sobrepasar ese objetivo (30%), las capturas serían 2229 t.

**Tabla 22.**

Escenarios de Capturas Biológicamente Aceptables del langostino amarillo, UAS

p (F > Preferencia)							
Fcte	Media	Desv.st	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
F <sub>40%</sub>	2903	398	2393	2568	2695	2802	2903
F <sub>45%</sub>	2400	327	1981	2125	2229	2318	2400
F <sub>sq</sub>	2143	292	1769	1897	1990	2069	2143

Tal como en la unidad norte, se evaluó la razón de BD/BDo y la probabilidad de alcanzar el objetivo de 0.40 al último año de proyección, por lo que se realizó un MCMC simulando ante distintas estrategias de explotación. El valor de 1 significa que ante la estrategia de explotación alcanza el 0.40 de BD/BDo en el periodo proyectado, mientras que el valor 0 indica que no alcanza el objetivo. En la **Tabla 23** se presentan los resultados de la simulación.

**Tabla 23**

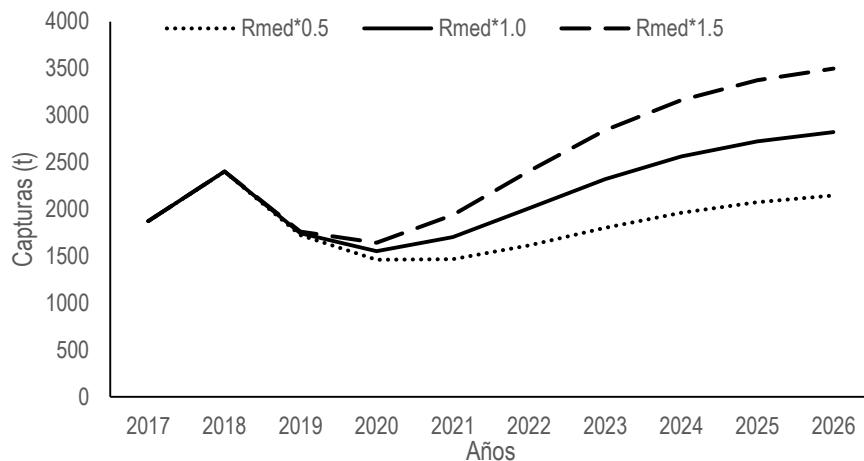
Probabilidad de alcanzar el 40% de la razón BD/BDo en el tiempo t = 10 de la proyección para las distintas estrategias de explotación, UAS.

p (BD/BDo >= 0.4)			
	F <sub>40%</sub>	F <sub>45%</sub>	F <sub>sq</sub>
Promedio, $\bar{x}$	1.2	1.38	1.47
Desvest, $\sigma^2$	0.11	0.12	0.11
p(BD/BDo > 0.4)	1.00	1.00	1.00

Se realizaron escenarios alternativos en función de los reclutamientos, esto para proyectar las captura considerando un aumento delo 50% sobre el reclutamiento promedio estimado histórico, un reclutamiento bajo (-50%) del promedio histórico y la comparación con la proyección del reclutamiento medio. La **Figura 51** y **Tabla 24** muestra las trayectorias se muestran en función de la estrategia objetivo del F<sub>45%</sub>. La **Figura 52** muestra las trayectorias de las biomassas desovantes proyectadas ante los mismos escenarios nombrados anteriormente y la **Tabla 25** muestra los valores obtenidos en los años proyectados.

**Tabla 24**Proyección de las capturas ante distintos escenarios de reclutamientos en función del F<sub>45%</sub>, UAS.

Años	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Rmed*0.5	1871	2399	1724	1460	1467	1613	1799	1960	2074	2145
Rmed*1.0	1871	2400	1741	1551	1701	2008	2320	2562	2723	2822
Rmed*1.5	1871	2401	1759	1642	1936	2403	2840	3163	3373	3498

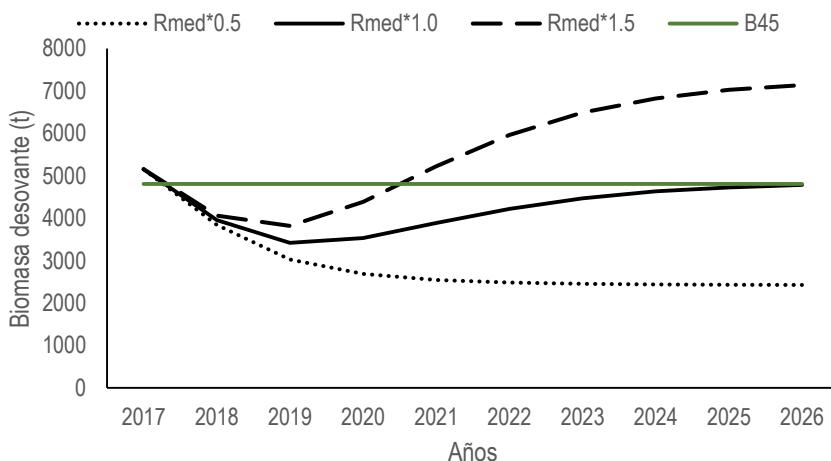


**Figura 51.** Proyección de las capturas ante distintos escenarios de reclutamiento (bajo, medio y alto) en función de la estrategia de explotación del  $F_{45\%}$ , langostino amarillo de la UAS.

**Tabla 25**

Proyección de biomasas desovantes ante distintos escenarios de reclutamientos en función del  $F_{45\%}$ , UAS.

Años	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Rmed*0.5	5154	3842	3026	2687	2545	2481	2450	2436	2429	2426
Rmed*1.0	5154	3953	3423	3536	3884	4222	4471	4631	4727	4782
Rmed*1.5	5154	4063	3819	4385	5222	5964	6491	6825	7024	7137



**Figura 52.** Proyección de la biomasa desovante ante distintos escenarios de reclutamiento (bajo, medio y alto) en función de la estrategia de explotación del  $F_{45\%}$ , langostino amarillo UAS.  $B_{RMS} = 4472$  t.



#### **4.3.3. Incorporación de capturas programa de descartes para estimación de CBA langostino amarillo**

En la siguiente sección se presentan aproximaciones de toneladas descartadas del langostino amarillo en las unidades norte y sur, de acuerdo con información recabada en el programa de descartes ejecutado por IFOP los años 2014, 2015 y 2016. Esta serie temporal contemplan aproximaciones de las remociones de individuos no declarados por parte de los usuarios, la cual correspondería a una fracción del stock removida por la actividad pesquera, y no había sido considerada dentro de los modelos de evaluación de stock.

Una primera aproximación para determinar el efecto que tendrían las toneladas descartadas dentro de la pesquería de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) se realizó en el documento “INFORME 2 ESTATUS” año 2017, resolviendo diferentes escenarios con incorporación de las toneladas estimadas descartadas (**Anexo II**). Estos escenarios no mostraron variación en las estimaciones de variables de interés como biomassas totales y desovantes, mortalidad por pesca y reclutamientos, debido al bajo porcentaje de toneladas descartadas en la pesquería (San Martin *et al.*, 2016).

Para el langostino amarillo el porcentaje de descarte es aún menor, por lo que se realizó un tratamiento distinto al realizado en el recurso langostino colorado, con los resultados a continuación.

El inicio del proyecto de descarte comienza el año 2013, pero la información recogida en este año es pobre en términos de muestras, dado los respectivos errores de la puesta en marcha de un proceso de este tipo, por lo tanto y como resguardo para los análisis, la información utilizada es la más actualizada y validada. La información relevante está relacionada con el monitoreo de la pesquería de crustáceos camarón nailon (*Heterocarpus reedi*), langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langostino amarillo (*Cervimunida johni*), de las cuales se realizó una estimación de las toneladas descartadas y retenidas en función de la especie objetivo de la pesquería. Por ejemplo, si la especie objetivo es el camarón nailon, entonces se calculó una captura que efectivamente es retenida de camarón nailon pero que a su vez descartó langostino amarillo. Este mismo ejercicio se realizó para la pesquería objetivo de langostino colorado y la misma de langostino amarillo (con descartes de langostino amarillo) entre los años 2014 y 2016. Las **Tablas 26 y 27** muestran las estimaciones en ambas unidades junto al descarte aproximado por unidad de análisis de langostino amarillo.

**Tabla 26.**

Especie objetivo, Especie descartada, Captura retenida y descartada junto con el porcentaje de descarte estimado para langostino amarillo UAN.

Año	Esp.Obj	Esp.Descart	Capt.ret (t)	SD.ret	Capt.descart	SD.descart	% Descarte
2014	C.Nailon	L.amarillo	545,65	85,03	4,53	2,45	0.8%
2015	C.Nailon	L.amarillo	444,78	307,62	S/I	S/I	-
						32,84	
2016	C.Nailon	L.amarillo	2226,97	616,12	38,10		1,7%
						PROMEDIO	1,3%
2014	L.colorado	L.amarillo	682,20	16,36	S/I	S/I	-
2015	L.colorado	L.amarillo	115,83	S/I	S/I	S/I	-
2016	L.colorado	L.amarillo	324,57	62,74	0,13	0,08	0%
						PROMEDIO	0%
2014	L.amarillo	L.amarillo	1200,21	158,09	S/I	S/I	-
2015	L.amarillo	L.amarillo	1943,28	170,51	S/I	S/I	-
2016	L.amarillo	L.amarillo	1696,28	107,36	0,42	0,18	0%
						PROMEDIO	0%

**Tabla 27**

Especie objetivo, Especie descartada, Captura retenida y descartada junto con el porcentaje de descarte estimado para langostino amarillo UAS.

Año	Esp.Obj	Esp.Descart	Capt.ret (t)	SD.ret	Capt.descart	SD.descart	% Descarte
2014	C.Nailon	L.amarillo	3561.40	236.23	13.424	6.727	0,38%
2015	C.Nailon	L.amarillo	2965.64	216.44	1.801	0.980	0,36%
2016	C.Nailon	L.amarillo	1799.52	147.96	2.228	1.498	0,12%
						PROMEDIO	0,19%
2014	L.colorado	L.amarillo	8483.33	455.935	12.850	2.348	0,15%
2015	L.colorado	L.amarillo	6163.07	277.745	1.614	0.465	0,03%
2016	L.colorado	L.amarillo	4413.39	320.685	1.090	0.299	0,02%
						PROMEDIO	0,07%
2014	L.amarillo	L.amarillo	1036.78	149.689	0.304	0.256	0,03%
2015	L.amarillo	L.amarillo	1322.68	87.463	0.553	0.151	0,04%
2016	L.amarillo	L.amarillo	937.81	117.407	0.366	0.189	0,04%
						PROMEDIO	0,04%

De acuerdo a las tablas presentadas anteriormente, el promedio de descarte es muy bajo, cercano a 0 en algunas pesquerías no objetivo de langostino amarillo, pero esto es solo una aproximación preliminar de capturas descartadas, por lo que la incertidumbre todavía es alta. El promedio de



descarte en los 3 años analizados en la pesquería de langostino amarillo da un porcentaje de descarte de 0,4% en la UAN y un 0,1% en la UAS.

Si se tiene en cuenta la variabilidad de las estimaciones de las capturas retenidas y descartadas, además de considerar algún tipo de sesgo en las observaciones a bordo de la flota o el número de barcos con captura efectiva muestreado, se recomienda tomar en consideración un porcentaje de descarte del 0,5% de la cuota asignada en la UAN y un 0,2% en la cuota asignada a la UAS.

#### **4.4. Objetivo específico N° 4**

*Informar el avance del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) realizado durante el presente proyecto y consignar en un listado de comprobación (checklist) el cumplimiento de cada una de las recomendaciones realizadas en las revisiones por pares, cuando corresponda.*

Durante los últimos años se han evaluado escenarios a las fuentes de información con mayor incertidumbre dentro del modelo de evaluación de stock, donde los análisis se proponen en función de observaciones generadas dentro del Comité Científico Técnico (CCT), evaluadores externos o planteamientos del evaluador de stock (**Tabla 28**)

La estimación de parámetros de vida en crustáceos presenta una gran complejidad a la mayoría de científicos, no sólo en Chile, sino que a nivel mundial. Las estimaciones de esta medida cuantificable contienen una gran incertidumbre debido a la longevidad propia de la especie y el número de mudas que esta especie realiza por año, lo que significa que los valores de  $L_{\infty}$ , K y  $M^{-1}$ , sean sólo las “mejores” aproximaciones a estos valores. Debido a esto, y al continuo cambio que presentan las especies biológicas a lo largo del tiempo (evolutivas, de crecimiento, cambios de hábitat, etc.), es necesario realizar estudios complementarios y paralelos a la evaluación de stock con el fin de estimar y actualizar estos valores, que en el presente estudio, datan del año 2005 (Arancibia *et al.*, 2005).

Otro escenario de análisis es utilizar los parámetros de crecimiento estimados por Bustos *et al.*, (1992) pero ahora estimando un M que presente correlación con estos valores, estimación de mortalidad natural realizada mediante la ecuación de Brey y Gage, 1997, quienes proponen una relación de M y K a través de la ecuación de von-Bertalanffy para 83 invertebrados bentónicos diferentes.

Finalmente, se realiza un último análisis de evaluación estimando los tamaños muestrales mediante la metodología de Francis, (2011), ya que los ponderadores de las piezas de información y los tamaños efectivos de muestrar son aún materia de discusión dentro de los modelos de evaluación de stock. Los escenarios propuestos se muestran en la **Tabla 29**.

**Tabla 28.**

Observaciones propuestas por CCT y su cumplimiento año 2016 y 2017.

Observaciones o propuestas	Desarrollada y resuelta
Estimaciones de cv para diferentes piezas de información	✓
Escenario con cv alto en desembarques	✓
Estimación n nuestra	✓
Escenario diferentes parámetros de vida a modelo base	✓
Escenario cv bajo biomasa crucero	✓
Escenario con diferentes parámetros de vida	✓
Hipótesis de una sola unidad de stock	✗
Relación L-P estimadas a partir de cruceros de evaluación	✗

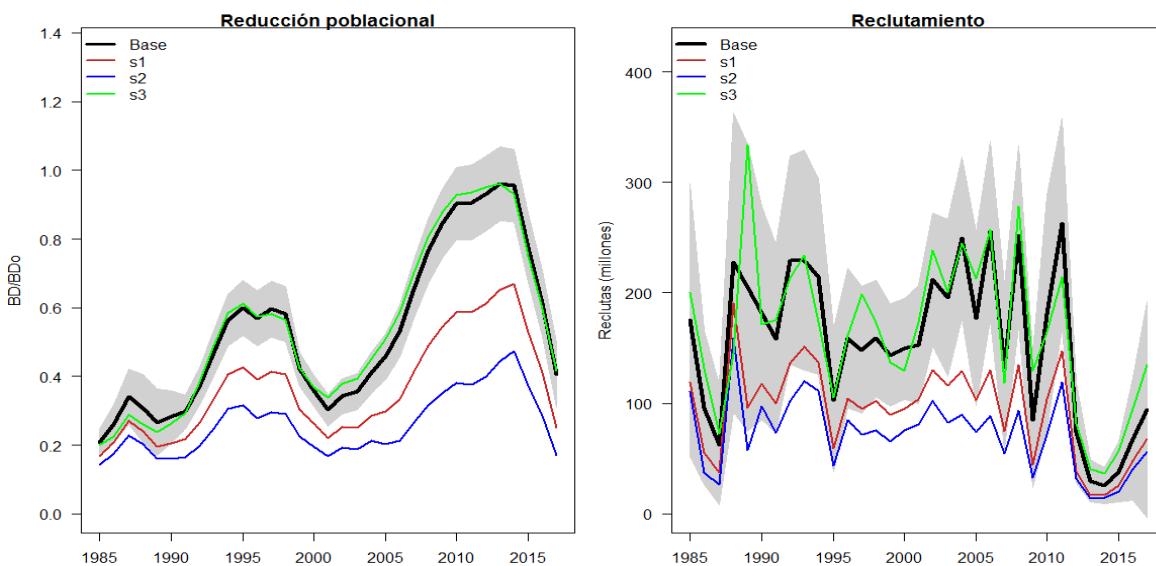
**Tabla 29.**

Análisis de sensibilidad propuestos langostino amarillo año 2017

Escenarios	Hipótesis
Base	Parámetros estimados Arancibia <i>et al.</i> , 2005
s1	Arancibia <i>et al.</i> , 2005 y M estimado Brey y Gage 1997.
s2	M estimado con parámetros de Acuña <i>et al.</i> , 1996 (ecuación Brey y Gage, 1997)
s3	nm estimado por Francis 2011.

### Análisis sensibilidad langostino amarillo UAN

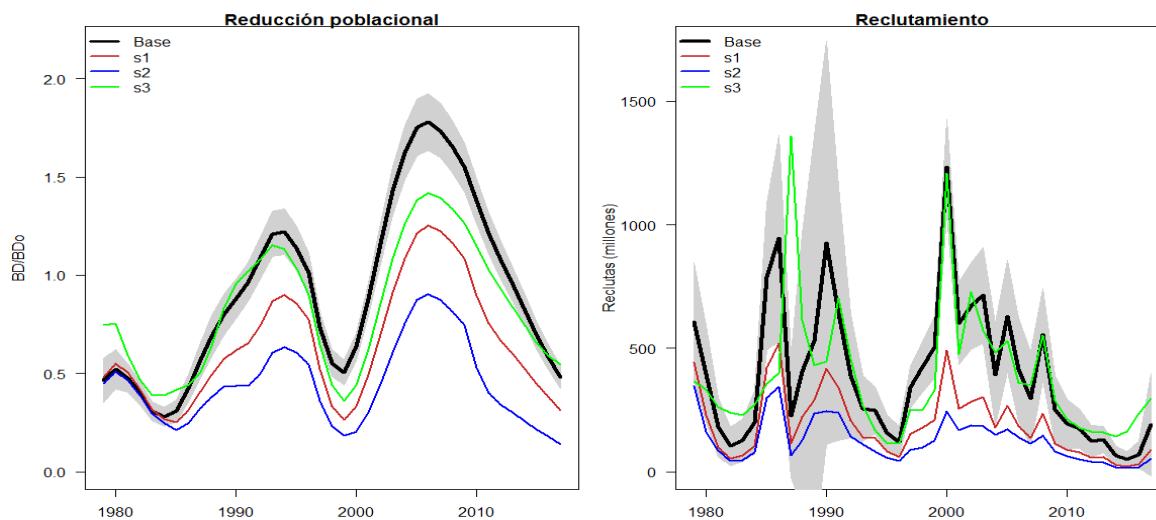
Los resultados de los distintos análisis de sensibilidad ante cambios en piezas de información muestran que las tendencias son similares en los 4 escenarios, incluyendo el escenario base, incluso s3 obtiene el mismo valor estimado en la relación BD/BDo comparado con el base (0,41 en ambos análisis). Sin embargo, donde se produce una mayor variación, en términos de escala y estimación puntual de la reducción, se produce en los escenarios en donde los parámetros de vida cambian con respecto al escenario base (s1 y s2), con una reducción poblacional de 0,25 y 0,17 respectivamente. En relación a los reclutamientos, en los 3 escenarios alternativos las tendencias son parecidas pero con distintas magnitudes, mostrando un decaimiento desde el año 2011 hasta un mínimo el año 2014 (mismo nivel que escenario base) para luego presentar un alza desde el año 2015 en adelante. La **Figura 53** muestra las trayectorias de los diferentes escenarios comparativos con el modelo base.



**Figura 53.** Comparación de la reducción poblacional ( $BD/BDo$ ) y Reclutamientos para los escenarios propuestos, UAN. El área sombreada corresponde a los intervalos de confianza estimados para las mismas variables en el escenario Base

### Análisis de sensibilidad langostino amarillo UAS

Los resultados obtenidos en los análisis de escenarios alternativos en la UAS muestran las mismas tendencias que en la UAN, trayectorias similares pero con diferentes escalas, presentando un nivel significativo en el valor puntual de  $BD/BDo$ . El escenario s3 en este caso presenta un aumento del valor de reducción en comparación con el escenario base (0,55 versus 0,48), mostrando un leve aumento durante los últimos dos años. Los escenarios s1 y s2, relacionados al cambio de parámetros de vida de la especie (especialmente una mortalidad natural diferenciada por sexos), estiman valores de reducción por debajo del proxy objetivo del RMS ( $BD/BDo=0,4$ ), llegando a niveles incluso debajo del 0,2 límite del colapso (s2). Los reclutamientos presentan una baja sostenida en los 3 escenarios propuestos desde el año 2000 hasta el año 2015, para luego presentar un aumento hasta la última evaluación del recurso (Figura 54).



**Figura 54.** Comparación de la reducción poblacional ( $BD/BDo$ ) y Reclutamientos para los escenarios propuestos, UAS. El área sombreada corresponde a los intervalos de confianza estimados para las mismas variables en el escenario Base.

El cronograma establecido para el mejoramiento de la evaluación de stock de langostino amarillo se presenta a continuación (**Tabla 30**), en donde se destaca un arreglo sobre el algoritmo de modelado en la dinámica poblacional del recurso, estableciendo como resultado la estimación de los parámetros de crecimiento dentro del mismo modelo de evaluación. Este arreglo permitiría generar la correlación entre parámetros y calcularlos en función del sexo, basado en la división de la dinámica entre machos-hembras, junto con su correspondiente capacidad de crecimiento y mortalidad. Esta nueva metodología será trabajada y codificada durante el año 2018, con resultados esperables en el documento consolidado año 2019. Para estimar los parámetros de vida se utilizarán (en primera instancia) las estimaciones de los mismos parámetros en el crucero de evaluación directa realizada por Queirolo *et al.*, 2016. Además, se espera tener los resultados de una estandarización mediante un modelo lineal generalizado mixto tomando en consideración el efecto aleatorio “Barco”, y se compararan con las estandarizaciones realizadas anteriormente. Este modelo se presentara en el presente documento consolidado con fecha de entrega en marzo del año 2018.



**Tabla 30**

Fuentes de información que apuntan a disminuir las brechas de conocimiento en la evaluación de stock langostino amarillo.

<b>Langostino amarillo</b>	<b>Prioridad</b>	<b>Tiempo de ejecución</b>	<b>Resultados</b>
Modelo lineal generalizado mixto	1	Enero – Marzo 2018	Informe consolidado 2018
Revisión modelo de evaluación de stock y propuesta de mejoras	1	Marzo – Diciembre 2018	Informe consolidado 2019



## 5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

---

El presente documento presenta los resultados de la evaluación de stock del langostino amarillo junto con la determinación del estatus de la población y capturas biológicamente aceptables (CBA) año 2017. Para ello se revisó el conjunto de datos e información de entrada que fueron utilizados en el modelo de evaluación, con énfasis en la calidad y consistencia que determinan la incertidumbre asociada. La evaluación fue realizada en las unidades de análisis norte (**UAN**, 26°03' – 30°30' L.S) y unidad de análisis sur (**UAS**, 30°30' – 38°48' L.S).

Aunque existen antecedentes de desembarques del recurso desde la década del 50, se utiliza sólo la serie con desembarques identificados para cada unidad, para disminuir la incertidumbre de la identificación entre langostino amarillo y colorado. Aunque existen años de mayor variabilidad respecto a la calidad de la información, especialmente en la primera década, se privilegia la extensión de la serie temporal ya que ésta permite observar el desarrollo de la pesquería y los cambios en la población. El desembarque corresponde a un valor directo y no a una estimación, por lo tanto, se asume como un valor conocido dentro del modelo. Sin embargo, este valor presenta incertidumbre asociada al posible subreporte desde el establecimiento de cuotas de captura, así como al descarte de esta especie en otras pesquerías como la de merluza común. Esta es una problemática transversal a otras pesquerías chilenas que ha sido difícil de abordar debido a la dificultad de cuantificar ambas prácticas.

La calidad de los datos disponibles para la estimación de las composiciones de tamaño es variable en la serie temporal analizada. En los años ochenta los muestreos eran realizados fundamentalmente al momento del desembarque y desde 1996, son realizados a bordo de las naves con un muestreo tri-etápico, lo que permite una mejora desde el punto de vista del diseño. A su vez, los tamaños de muestra son adecuados y permiten un muestreo representativo de la estructura de tallas de la población explotada, no obstante, al mostrar una estructura marcadamente unimodal podría ser un pieza poco informativa para el modelo y por lo tanto debe ser ponderada adecuadamente o bien, explorar una escala temporal diferente (ej. trimestre). Es conveniente revisar la utilización en el modelo de las estructuras de tallas para aquellos años que el número es demasiado bajo (ej. 1985, 1998, 2009-2011).

El análisis de la calidad de la CPUE debe tener en cuenta la cobertura espacial y temporal de la captura y del esfuerzo de pesca en conjunto con el número de lances de pesca, los cuales son considerados como una medida del tamaño de muestra (aunque en estricto rigor, el levantamiento de información de bitácoras de pesca no es proceso de muestreo). Se debe tener precaución al utilizar información en aquellos años que el número de lances es demasiado bajo (o poco representativo de la actividad). En este estudio, se analizó la CPUE a partir de un GLM con distribución de probabilidad gamma y otro con distribución lognormal, los cuales son apropiados para la obtención de un índice anual de abundancia ( $\approx$ CPUE, Maunder y Punt, 2004). En la unidad norte el factor temporal “AÑO” es el que presenta una mayor significancia en la variación de los rendimientos de pesca, mientras que en la unidad sur (UAS) el factor con mayor relación en la variación de los rendimientos fue el “BARCO”.



La estimación del índice parece ser correcta, así lo demuestra al menos la estimación del modelo de evaluación de stock y ajuste, además de la incertidumbre en la estimación, expresada en los intervalos de confianza.

En relación con los parámetros de historia de vida, se considera que los parámetros de crecimiento utilizados son confiables dado que los datos utilizados en este trabajo tienen una adecuada cobertura temporal, así como un enfoque metodológico apropiado para la identificación de grupos modales en especies que no cuentan con un método directo para la estimación de la edad como son los crustáceos. Las estimaciones de mortalidad natural ( $M$ ) revisadas en la literatura han sido obtenidas a través de métodos bioanalógicos, los que relacionan parámetros de mortalidad con procesos vitales o ambientales. Estos métodos cuentan con la ventaja de requerir una mínima cantidad de datos y son útiles para demostrar tendencias entre especies y en el desarrollo de la teoría ecológica (Vetter, 1988). La literatura indica que la mortalidad natural debería encontrarse entre ciertos rangos en relación a la relación invariante propuesta por Beverthon y Holt (1959), si bien esta metodología no es propia de especies de crustáceos, es ampliamente utilizada con fines de obtener un valor de  $M$  (Jensen, 1996; Zheng, 2005; Hewitt *et al.*, 2007, Windsland, 2014). Aunque se utilizó una misma mortalidad natural en ambos sexos, esta se encuentra dentro de este rango, que adicionalmente genera una consistencia comparativa con las evaluaciones de stock realizadas en años anteriores. Sin embargo, -y dada la incertidumbre generada por la utilización de mismos valores de  $M$  en ambos sexos-, se desarrollaron escenarios alternativos con el fin de determinar el impacto en la selección de un valor de mortalidad natural específico para cada sexo, pero la elección de estos para futuros análisis es materia de discusión y consenso, debido al alto impacto que tienen en las estimaciones del modelo poblacional (Cavieres *et al.*, 2016). En este estudio se realizaron análisis adicionales para determinar el impacto del cambio en los parámetros con correlación entre ellos, y se aprecia claramente el cambio significativo, por ejemplo, en el indicador de estatus del recurso. Si bien el recurso presenta un buen estatus de los stocks explotados (Cavieres *et al.*, 2016), no reducir el esfuerzo de pesca en los períodos reproductivos podría significar un bajo nivel de asentamiento en las larvas en condiciones oceanográficas favorables (Thiel *et al.*, 2012).

En relación a la biomasa del crucero de investigación, se consideró un cambio en el coeficiente de capturabilidad “ $q$ ” a partir del año 2004 y también en el 2014, debido a cambios metodológicos asociados a diferentes ejecutores del proyecto y que explicarían los significativos cambios en los niveles de biomassas estimadas (Bucarey *et al.*, 2012).

Los resultados de la evaluación de stock muestran que el langostino de la UAN se encuentra en una condición biológica aceptable en relación al indicador de reducción poblacional biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal (BD/BDo), pero con una merma considerable de acuerdo a la evaluación realizada el año 2016, bajando de 0,71 a 0,41. Para disminuir la incertidumbre asociada a la evaluación misma, se realizaron análisis complementarios para determinar cuál es el posible motivo en la disminución de este indicador, en donde se evaluó eliminar las proporciones observadas en tallas de hembras cercanas a los 50 mm LC, asignar un desembarque de 1500 t en el año 2017 y otro en donde el desembarque es 1000 t de acuerdo a la captura registrada hasta el mes de agosto en el registro control



cuota de la pesquería. De estos 3 análisis complementarios, todos obtuvieron mermas significativas en la reducción del stock, con valores de 0,4, 0,43 y 0,46 respectivamente. Otros análisis fueron considerados para interpretar de forma correcta el valor de reducción en el presente año, en donde se estimó otro escenario con un cv de la biomasa del crucero estimada el año 2016 de 0,05 (0,3 en modelo base) y otro escenario eliminando la estimación del crucero. Estos dos escenarios adicionales muestran valores similares de reducción a los planteados anteriormente (0,45 y 0,44) y levemente mayor al estimado en el modelo base (0,41).

Luego de diversos análisis se concluye que la baja de los reclutamientos entre los años 2013 y 2016, teniendo en consideración el grupo de edad de reclutamiento a la pesquería de las hembras (3 – 4) que entrarían a la dinámica de la población el año 2017, provocó una baja de biomasa desovante en esta unidad y su respectivo nivel reproductivo. Teniendo en consideración lo anterior, se presenta un leve aumento en el nivel de reclutamiento desde el presente año, grupo de cohorte que se vería reflejado en aproximadamente 3 años en la pesquería, por lo que los niveles de abundancia tenderían a incrementarse luego de este periodo.

Para el langostino de la UAS, las estimaciones indican que el nivel de explotación, expresado en la mortalidad por pesca en hembras, es de un  $F = 0,12 \text{ año}^{-1}$ , levemente superior al estimado el año 2016 con un valor de 0,11. En relación al indicador de BD/BDo, se estimó un valor de 0,48 para el año 2017, presentando una baja con respecto al estimado el año 2016 con un 0,55, haciendo significativa la tendencia a la baja que muestran, -al igual que en la UAS-, los indicadores de abundancia. Hay que tener en consideración que los niveles de reclutamiento han presentado una tendencia a la baja desde el año 2015 con un leve repunte el año 2017, por lo que se propone un resguardo en los niveles de mortalidad por pesca para preservar que los ejemplares del año 2017 sea una cohorte productiva en el mediano plazo.

Se determina que el estatus del langostino amarillo de la UAN para el año 2017 se encuentra dentro del nivel de sobrepesca, con valores de  $BD/BD_{RMS}=1,01$  y de  $F/F_{RMS}=1,90$ , mientras que para el langostino amarillo de la UAS se estimaron valores de  $BD/BD_{RMS}=1,21$  y  $F/F_{RMS}=0,32$ , declarándolo dentro del nivel de plena-explotación.

Las CBA estimadas para el langostino amarillo UAN, de acuerdo a la determinación de su estatus 2017, es de 613 t – 675 t y para el langostino amarillo UAS de determinó una cuota con valores dentro del rango de las 1981 t – 2125 t.

Sin embargo, con la nueva disposición de otorgar un porcentaje de la cuota estimada al descarte de la pesquería de la langostino amarillo en ambas unidades (en función de las proporciones calculadas a través de la información del programa de descartes), se descontara el porcentaje estimado de descarte a la cuota calculada año 2017. Por esto es que se sugiere una CBA para el año 2017 del langostino amarillo UAN entre 613 t – 675 t (menos un 0,5% asignado al descarte), y una CBA para el langostino amarillo UAS se recomienda una CBA entre las 1981 t – 2125 t (menos un 0,2% asignado al descarte).



## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Acuña, E., Arancibia, H., Mujica, A., Cid, L., Roa, R. 1996. Análisis de la pesquería y Evaluación indirecta del stock de langostino amarillo en la III y IV Regiones. Informes FIP. FIP/IT N° 96-08, 153 p.
- Acuña, E., R. Alarcón, L. Cid, A. Cortés, L. Cubillos, O. Godø, R. León, V. López, E. Pérez y P. Rodríguez. 2008. Estandarización de procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales a través del método de área barrida. Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2006-19, 326 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cid., Cubillos., L. 2013. Evaluación directa de langostino colorado y langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2012. Informe Final. Proyecto FIP N° 2012-02, 424 pp.
- Ahumada, M., D. Queirolo, E. Acuña, E. Gaete. 2013. Caracterización de agregaciones de langostino colorado (*Pleuroncodes monodon*) y langostino amarillo (*Cervimunida johni*) mediante un sistema de filmación remolcado. Lat. Am. J. Aquat. Res., 41(1):199-208.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero y M. Berríos. 2007. "Monitoreo del stock de langostino amarillo en la V y VI Región, año 2006". Informe final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 1/2007: 118 pp.
- Arana, P., A. Guerrero, C. Casanova, M. Ahumada y M. Ibarra. 2008. Monitoreo del stock de langostino amarillo de la V y VI Región, año 2007. Informe final. Estud. Doc., Pont. Univ. Católica Valparaíso, 05/2008: 176 pp.
- Arancibia, H., L.A. Cubillos y E. Acuña. 2005. Annual growth and age composition of the squat lobster *Cervimunida johni* off northern-central Chile (1996-97). SCI. MAR. 69: 113-122.
- Bahamonde, N. 1965. El langostino (*Cervimunida johni*) en Chile (Crustácea, Decapoda, Anomura). In. Zool Chilenas 12.
- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado y P. Gálvez. 2003. Evaluación directa del Langostino colorado y Langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2002. Informe Final, Proyecto FIP 2002-06: 229 pp. + Anexos.
- Bahamonde, R., B. Leiva, C. Canales, M.A. Barbieri, J. Cortés, J.C. Quiroz, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado y P. Gálvez. 2004. Evaluación directa del Langostino colorado y Langostino amarillo entre la II y VIII Regiones, año 2003. Informe Final, Proyecto FIP 2003-31: 287 pp. + anexos.



Beverton, R y S. Holt, 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In: CIBA Foundation, colloquia on ageing. Vol 5. The lifespan of animals, edited by G.E.W. Wolstenholme and M. O'Connor. London. Churchill. Vol 5:142-180.

Bucarey, D., Montenegro, C., Zilleruelo, M., Párraga, D., 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012. INFORME FINAL, 110pp + anexos.

Bull, B., Francis, R.I.C.C., Dunn, A., McKenzie, A., Gilbert, D.J., Smith, M.H. (2005). CASAL (C++ algorithmic stock assessment laboratory): CASAL User Manual v2.07-2005/08/21. NIWA Technical Report 127. 274 p.

Cavieres, J., Bucarey, D., Montenegro, C., Zilleruelo, M., Bravo, C. 2016. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2017. Documento Consolidado. Instituto de Fomento Pesquero. 102 pp.

Canales, C., C. Montenegro, A. Parma, T. Peñailillo, H. Pool, V. Espejo. 2000. Análisis de estrategias de explotación de langostino amarillo y langostino colorado. Informe Final, Proyecto FIP N° 99-18. IFOP.

Canales, C., R. Wiff, J.C. Quiroz. 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2012. Metas cualitativas; Cuarto Objetivo Específico. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 23 pp.

Canales, C., P. Arana. 2012. Estimación de la biomasa de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), aplicando Modelo Lineal Generalizado a registros de captura por área de barrida en la zona central de Chile. Lat. Am. J. Aquat. Res., 40(2): 316-334.

CCT-CD, Acta-02/2013. Acta Comité científico Técnico Pesquero de Crustáceos Demersales – Sesión Nº2 – 02.12.2013 [en línea] Accesible en URL: <http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-propertyvalue-51147.html>

Clark, W. G. 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. Pages 233–246 in G. Kruse, R. J. Marasco, C. Pautzke, and T. J. Quinn II, editors. Proceedings of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. University of Alaska, Alaska Sea Grant College Program Report 93-02, Fairbanks.

Doubleday, W.G. 1976. A least squares approach to analyzing catch at age data. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull.12: 69–81.



Escuela de Ciencias del Mar. 2000. Evaluación directa de langostino amarillo entre la III y VIII Regiones, 1999. Informes FIP. FIP/IT N° 99-09, 288 p.

Espejo, V., C. Canales y C. Montenegro. 2001. Investigación evaluación y CTP langostino amarillo 2002. Instituto de Fomento Pesquero – Subsecretaría de Pesca. Informe Final, 35 pp. + anexos.

FAO (1997) Enfoque Precautorio para la Pesca de Captura y la Introducción de especies. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. N°2. Roma. FAO. 64 p.

Fournier, D. y C.P. Archibald. 1982. A general theory for analyzing catch at age data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39, 1195-1207.

Fournier, D.A., J.R. Sibert, J. Majkowsky and J. Hampton. 1990. MULTIFAN a likelihood-based method for estimating growth parameters and age composition from multiple length frequency data sets illustrated using data sets for bluefin tuna (*Thunus maccoyii*). Can. J. Fish. Aquat. Sci., 48: 591-598.

Fournier, D.A., H.J. Skaug, J. Ancheta, J. Ianelli, A. Magnusson, M.N. Maunder, A. Nielsen, and J. Sibert. 2012. AD Model Builder: using automatic differentiation for statistical inference of highly parameterized complex nonlinear models. Optim. Methods Softw. 27:233-249.

Francis R.I.C, C. 2011. Data weighting in statistical fisheries stock assessment models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 68(6): 1124-1138

Henríquez, G. 1982. Análisis de las pesquerías de crustáceos demersales durante 1980. Capítulo III. Perspectivas de desarrollo de las pesquerías nacionales, CORFO. Gerencias de Desarrollo. AP 52/7.

McAllister, M. y J. Ianelli. 1997. Bayesian stock assessment using catch-age data y the sampling-importance resampling algorithm. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 284-300.

McAllister, M y G.P. Kirkwood 1998. Bayesian stock assesment: a review and example application using the logistic model. ICES Journal of Marine Science, 55: 1031-1060.

Mace, P. M. y Sissenwine, M.P. 1993. How much spawning per recruit is enough? Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 120, 110–118.

Maunder, M. N., y Punt, A. E. in press. A review of integrated analysisin fisheries stock assessment. Fisheries Research.

Maunder, M. N., y Watters, G.M. 2003. A-SCALA: an age structured statistical catch-at-length analysis for assessing tuna stocks in the eastern Pacific Ocean. Inter-American Tropical Tuna Comissions Bulletin, 22: 433-582.



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

MINECOM. 1995. Decreto Supremo N° 377/1995. Establece la unidad de pesquería de langostino amarillo de la III a la IV Regiones en Estado y Régimen de Plena Explotación. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.

MINECOM. 1996. Decreto Supremo N° 787/1996. Establece la unidad de pesquería de langostino amarillo de la V a la VIII Regiones en Estado y Régimen de Pesquerías en Recuperación. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción- Subsecretaría de Pesca.

MINECOM. 1996. Decreto Exento N° 324/1996. Establece veda biológica anual para langostino amarillo en el área comprendida de la III a la VIII Regiones. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – Subsecretaría de Pesca.

MINECOM. 1996. Decreto Exento N° 1686/1996. Establece veda biológica anual para langostino amarillo en el área comprendida entre V y la X Regiones año 2007. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – Subsecretaría de Pesca.

Montenegro, C. y J.C. Quiroz. 2007. Investigación evaluación de stock y CTP Langostino amarillo 2007, Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero.

Montenegro, C. 2008. Investigación Evaluación de Stock y CTP Langostino amarillo, 2008. Informe Final. Proyecto BIP N° 30066311-0. Instituto de Fomento Pesquero. 34 pp + Anexo.

Montenegro, C. 2009. Tamaños de muestra para estimar la estructura de tallas de las capturas de langostino colorado em la zona centro-norte de Chile: uma aproximación a través de remuestreo. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(2):161-180.

Pavez, P., T. Peñailillo, M. Palma, N. Silva, H. Miranda y I. Giakoni. 1994. Evaluación directa del stock de Langostino amarillo en la zona centro-norte. Informe Final. FIP - IT 93/06: p132 + anexos. Universidad Católica de Valparaíso.

Pavez, P. y C. Falcón. 1995. Crecimiento, mortalidad y función de stock en el langostino amarillo (*Cervimunida johni*) entre Valparaíso (V Región) y Talcahuano (VIII Región). En Estudios y Documentos N° 48/95, PUCV.

Payá I, C. Canales, D. Bucarey, M. Canales, F. Contreras, E. Leal, R. Tascheri, A. Yañez, M.J. Zúñiga. 2014. Proyecto 2.16: Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales. Convenio II: "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2014. Informe Final. Subsecretaría de Economía y EMT - IFOP. 51 pp.+ 4 Anexos.



- Pool H., C. Canales. y C. Montenegro. 1996. Evaluación del Recurso Langostino amarillo en La Zona Centro Norte. Informe Final Proyecto FIP 94-25.
- Punt, A, Huang, T y Maunder, M. 2013. Review of integrated size-structured models for stock assessment of hard-to-age crustacean and mollusc species. – ICES Journal of Marine Science, 70: 16–33.
- Punt, A. y R.B. Kennedy. 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. Mar. Freshw. Res. 48, 967-980.
- Queirolo, D., M. Ahumada, R. Wiff, J. Paramo, P. Arana, S. Palma, M. Lima y A. Flores. 2015. Evaluación directa de langostino amarillo y langostino colorado entre la II y VIII Regiones, año 2014. Informe 1, 251 pp.
- Quiroz J. C., C. Canales y C. Montenegro. 2004. Investigación y Evaluación Captura Total Permisible Langostino amarillo 2004. Informe Final, 65p. Instituto de Fomento Pesquero.
- Quiroz J. C. y C. Montenegro. 2006. Investigación y Evaluación de Stock y CTP Langostino amarillo, 2006. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 39 pp + Anexo.
- Restrepo V.R., G.G. Thompson, P.M. Mace, W.L. Gabriel, L.L. Low, A.D. MacCall, R.D. Methot, J.E. Powers, B.L. Taylor, P.R. Wade, y J.F. Witzig. 1998. Technical Guidance on the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO.
- Thiel, M., N. L. Espinoza-Fuenzalida, E. Acuña, M. M. Rivadeneira. 2012. Annual brood number and breeding periodicity of squat lobster (Decapoda: Anomura: Galatheidae) from the continental shelf of the SE Pacific - Implications for fisheries management. Fisheries Research 129-130 (2012) 28-37.
- Vetter, E.F. 1988. Estimation of natural mortality in fish stocks: a review. Fish. Bull. U.S., 86:25-43.
- Walters, C.J. y D. Ludwig. 1994. Calculation of Bayes posterior probability distributions for key population parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51, 713-722.
- Wolff, M. y T. Aroca. 1995. Population dynamics and fishery of the Chilean squat lobster *Cervimunida johni* Porter (Decapoda, Galatheidae), off the coast of Coquimbo, northern Chile. Rev. Biol. Mar., 30: 57-70.
- Zilleruelo, R.M., Montenegro, C.P. 2007. Estimation of sexual maturity logistic curve for Bellow squat lobster (*Cervimunida johni*) off southern central Chile. The Crustacean Society-TCS: Mid-year Meeting 2007.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

Zilleruelo, M., D. Párraga, C. Bravo. 2015. Proyecto 1.12: Programa de Seguimiento de las Pesquerías de Crustáceos Demersales, 2014. Informe Final. Convenio Desempeño 2014. 126 pp + Anexos.

## **A N E X O**

---

Códigos Langostino amarillo, 2017  
(Incluido en el CD presentado al comienzo del documento)

## **A N E X O II**

---

Análisis rendimientos de capturas  
(CPUE K/hr.a)  
*(Incluido en 1er informe de datos)*

## **Unidad análisis norte (UAN)**

Para la obtención del índice relativo a la abundancia, se llevó a cabo un análisis en toda el área de extracción del recurso, dividiéndola en dos zonas de análisis de acuerdo a la evaluación de stock realizada consecutivamente hace años: unidad análisis norte (UAN) y unidad análisis sur (UAS). Para cada área de análisis se aplicaron filtros previamente definidos de acuerdo a criterio experto para eliminar datos incongruentes con la pesquería, además de datos considerados como “outliers” o que dentro de la estimación llevaría a obtener resultados sesgados.

Los filtros aplicados a los datos proporcionados por el programa de seguimiento, tanto a UAN como UAS, fueron los siguientes:

- Eliminar datos de barcos cuya participación a través de los años no haya superado los 10 lances de pesca.
- Eliminar años de muestreo que presentaban menos de 30 lances de pesca.
- Eliminar los lances, cuya captura no superaba los 14 Kg, asumiendo que corresponden a lances no dirigidos a pesca de langostino amarillo.
- Eliminar todos aquellos lances cuyo tiempo de arrastre fue menor a 15 minutos.

En UAN, han operado 40 embarcaciones a través de la historia, de las cuales sólo 7 se encuentran trabajando actualmente, siendo entre los años 1995 y 2001, donde hubo una mayor participación de embarcaciones en la pesquería. De acuerdo a las temporadas de pesca con mayor concentración de capturas, se generó la variable trimestre para analizar si existe algún tipo de diferencias entre estos períodos. Además, de acuerdo a la información disponible, sólo existen 7 datos observados en la segunda región de Antofagasta que fueron eliminados por no presentar una importancia significativa dentro del análisis.

Dada la alta variabilidad en las profundidades a las cuales se registraron lances con capturas, esta variable es agrupada en estratos, quedando de la siguiente manera de acuerdo a la cantidad de datos en cada uno de los estratos (**Tabla 3**)

**Tabla 3**  
Rango de profundidades estratificadas con capturas en UAN, langostino amarillo.

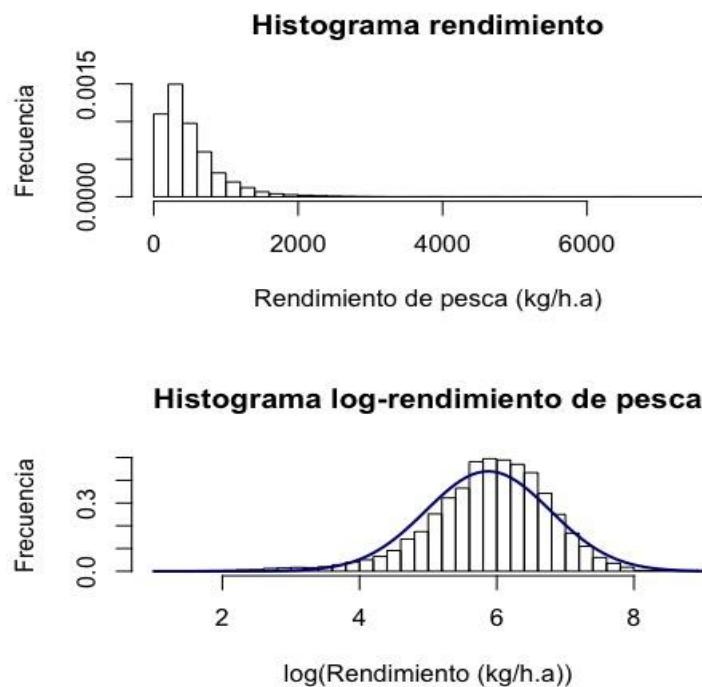
Rango Profundidad	0 - 150	150 - 200	200 - 250	250 - 300	300 - 350	> 350
Nº Lances	501	3381	5166	4273	1701	771

Otra variable que podría influir en el rendimiento de pesca de langostino amarillo es el tiempo de arrastre de cada lance, los cuales de acuerdo a la distribución de los datos varía entre 25 minutos y 10 horas, sin embargo, la mediana de los lances se encuentra en 2 horas, por lo tanto, la estratificación del tiempo de lance se presenta en la **Tabla 4**.

**Tabla 4**  
Rango de tiempo del lance estratificado en el UAN, langostino amarillo.

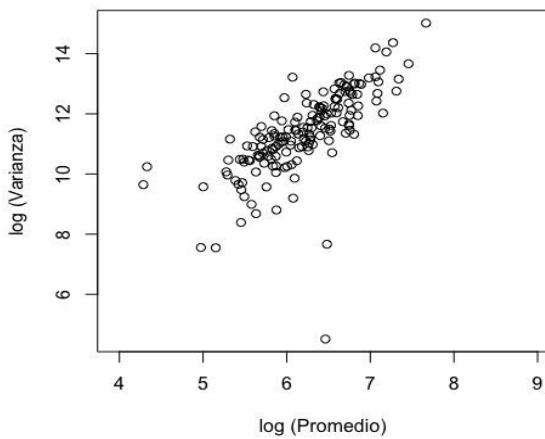
Rangos Tiempo (horas)	< 1	1-2	2-3	> 3
Nº Lances	1694	8506	4443	1143

Con fines de modelado, se realizó un histograma para determinar la distribución de los rendimientos. Se aplicaron diversos test, entre ellos el “test de Pearson” y el “test de Anderson-Darling” para corroborar lo que visualmente muestran los datos una distribución no-normal. Los resultados son concluyentes en que la distribución de los datos de rendimiento es más cercana a una distribución Gamma o a una log-normal (**Figura 6**)



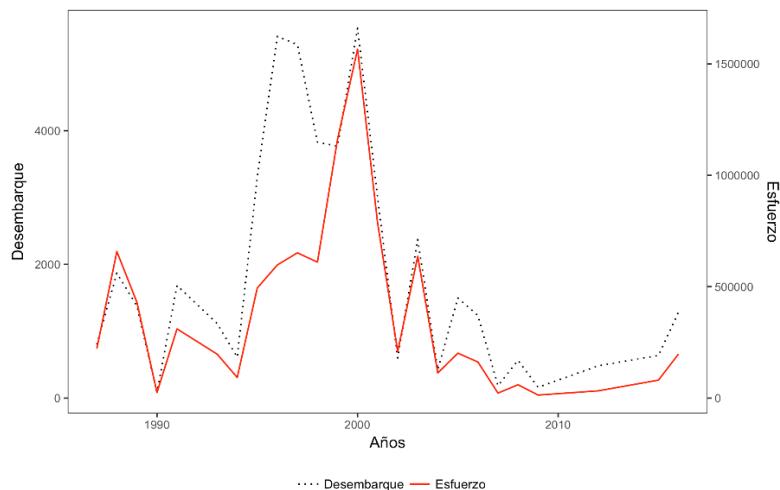
**Figura 6.** Distribución de los rendimientos (Kg/h.a.) y de su log-rendimiento (Kg/h.a.) para UAN.

A través de la metodología de McCullagh y Nelder (1989), es posible determinar si los datos de rendimiento pueden ser modelados mediante una distribución Gamma, dada la cercanía de estos con este tipo de distribución. Los resultados muestran que la relación logarítmica de la media-varianza de los datos es cercana a 2 (1.7041), por tanto, la distribución Gamma sería la más adecuada para modelar este tipo de distribución (**Figura 7**).



**Figura 7.** Promedio y varianza de los datos de rendimiento. (Pendiente = 1.7041), UAN.

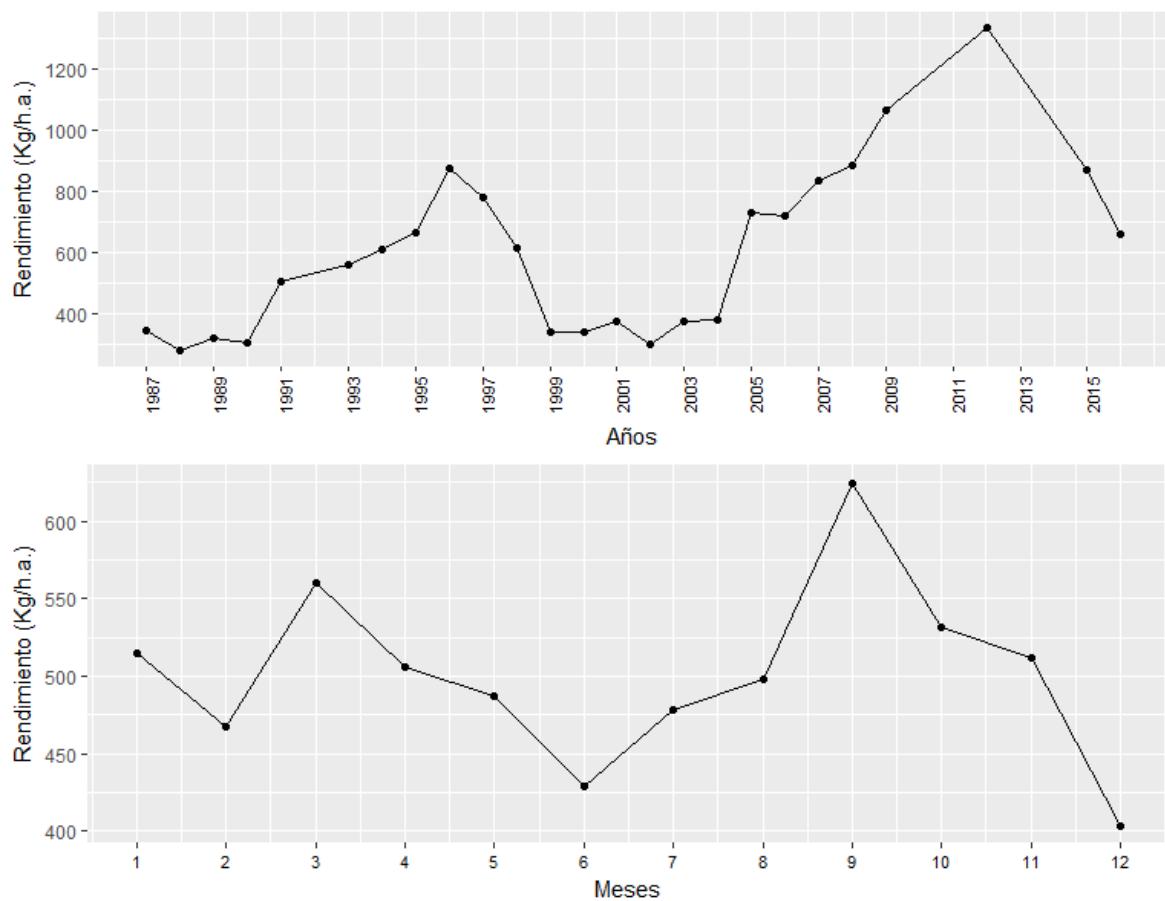
En la **Figura 8** es posible observar que el desembarque de langostino amarillo a través de los años ha presentado una correlación importante con el nivel de esfuerzo aplicado en la pesquería, a excepción del período entre los años 1995 y 2000, en donde los desembarques no respondieron necesariamente a un aumento del esfuerzo pesquero. No obstante, para el resto de la serie, ambas variables presentan la misma tendencia en sus respectivas escalas. De acuerdo a lo anterior, y con fines de modelado, se identificaron 7 variables que podrían explicar la variabilidad de la CPUE a lo largo de la serie, estos son: año, barco, mes, área de extracción, profundidad, tiempo lance y el trimestre.



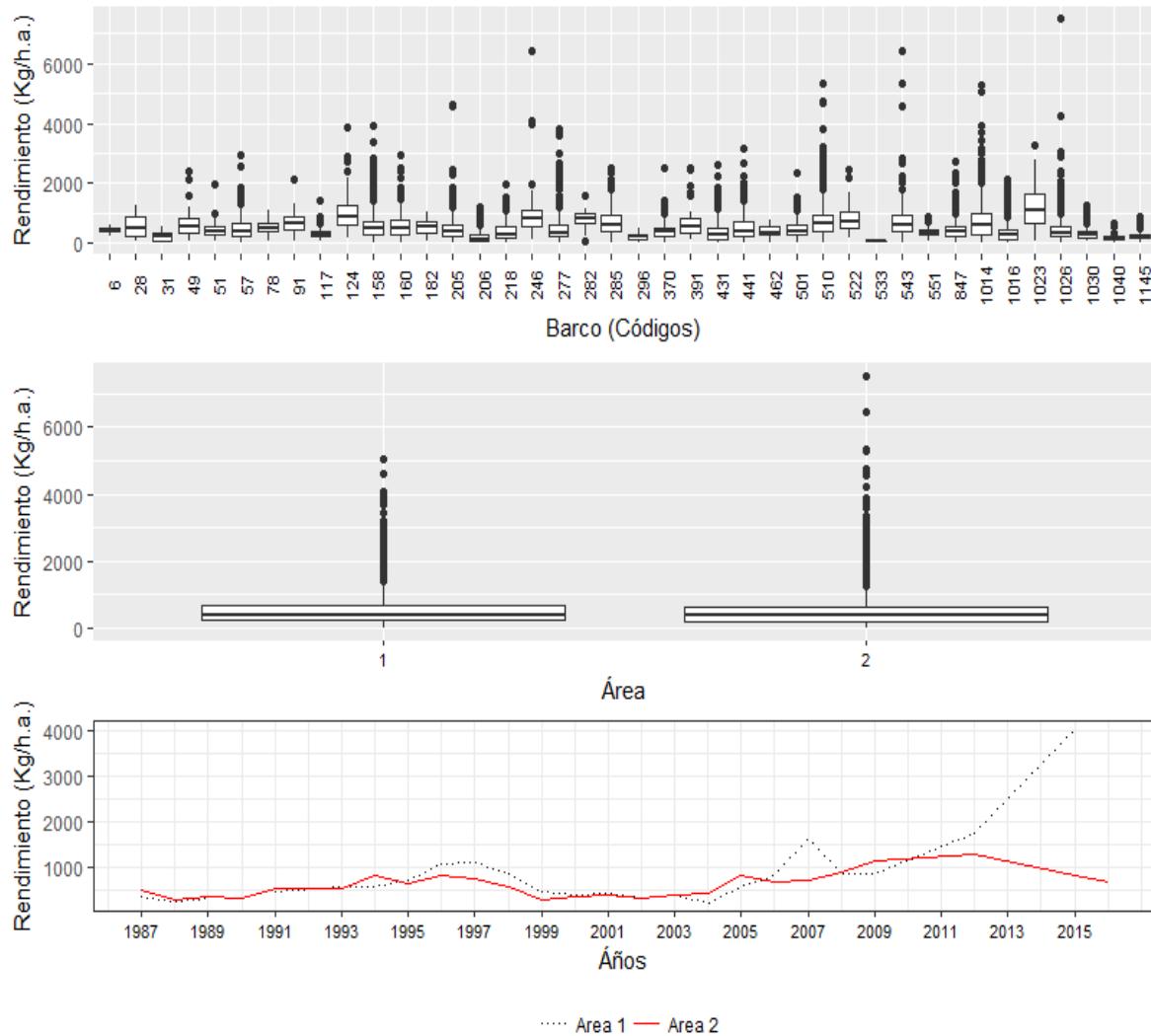
**Figura 8.** Desembarque versus esfuerzo de pesca para langostino amarillo, UAN.

Luego de determinar a priori las variables a introducir dentro del predictor lineal, la **Figura 9** muestra la variación del rendimiento medio en escala temporal (año y mes), donde se aprecia claramente que este presenta un comportamiento al alza desde el año 1989 hasta 1996, luego decrece en el año 2002

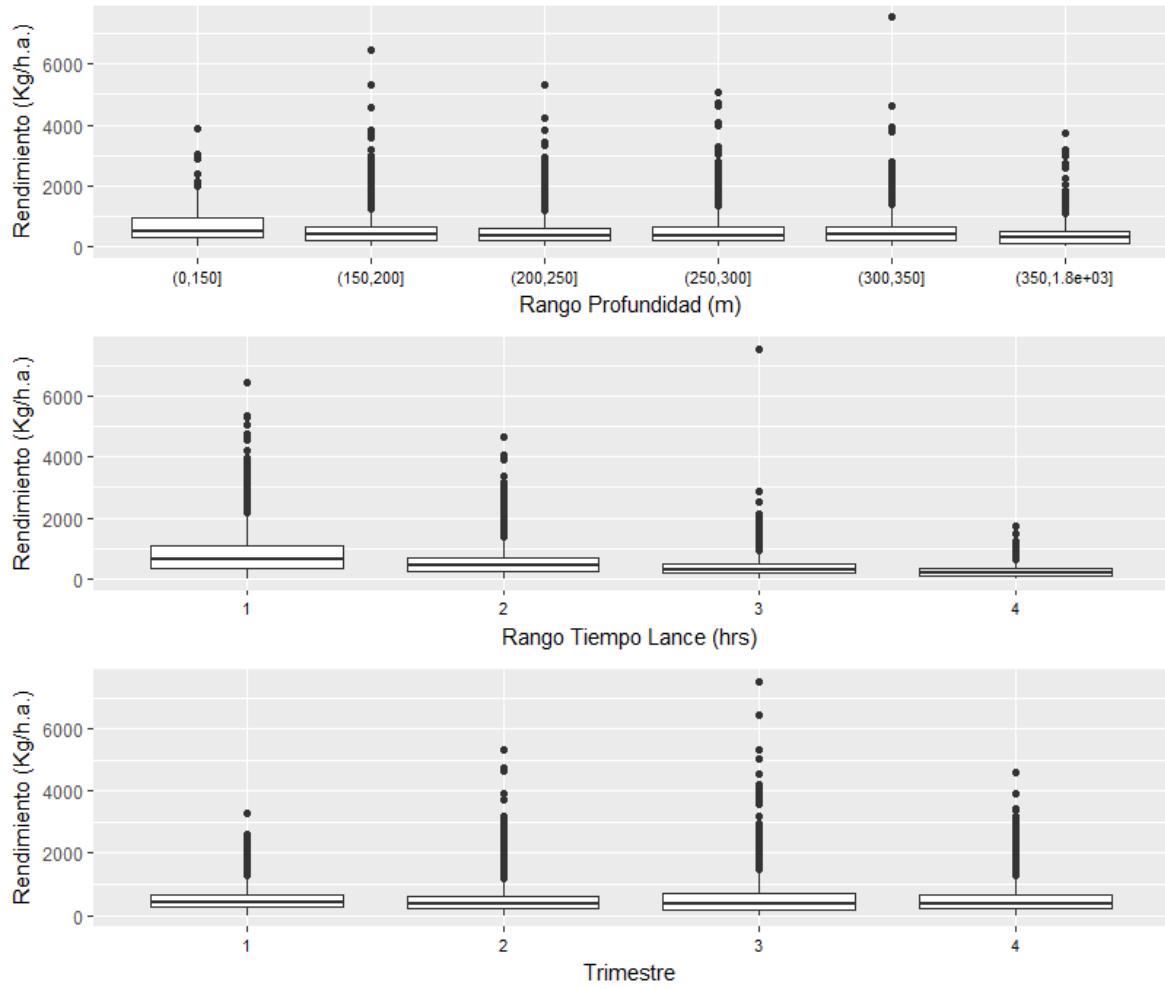
para luego presentar su mayor alza a lo largo de la serie en el año 2012. En cambio, en la escala mensual, los rendimientos presentan altos niveles en los meses de marzo y septiembre, en cambio, los menores niveles se presentan en los meses de junio y diciembre.



**Figura 9.** Rendimiento anual y mensual promedio para langostino amarillo en UAN.



**Figura 10.** Rendimientos medios para cada barco y áreas en las capturas del langostino amarillo, UAN.



**Figura 11.** Rendimientos por estrato de profundidad, tiempos de lance y por trimestre, langostino amarillo UAN.

Al realizar un primer análisis de las figuras presentadas, es posible concluir a priori, que las principales variables que inciden en el rendimiento de pesca de langostino amarillo son el año, el mes, el barco y el tiempo del lance. Al agrupar los meses en trimestres no se observa una gran diferencia entre un trimestre u otro. Lo mismo ocurre con las sub-áreas, en donde si es posible observar una notoria diferencia en las capturas entre ambas, pero sólo para los últimos dos años, lo cual no permite concluir que pescar en una área u otra no presenta mayor influencia en el rendimiento.

En cuanto a la profundidad, los rangos considerados en este estudio, entregan un rendimiento de pesca promedio muy similar entre uno u otro, por lo que en este análisis preliminar tampoco son considerados como una variable influyente en el rendimiento.

## Modelo lineal generalizado (GLM) UAN

Como primer paso se ajusta un modelo incorporando todas las variables que se cree pueden influir en el rendimiento. El modelo utilizado, de acuerdo a los análisis preliminares fue un GLM con distribución Gamma y función de enlace (log) y los resultados se muestran en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.**  
Modelo GLM considerando todas las variables incluidas en el análisis.

	Df	Devianza	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Devianza
NULL			15785	10842.7			
Año	24	2502.55	15761	8340.1	251.9	< 2.20E-16	*** 23.1%
Barco	39	822.41	15722	7517.7	50.9	< 2.20E-16	*** 7.6%
Trimestres	3	26.55	15719	7491.1	21.4	8.22E-14	*** 0.2%
Área	1	7.41	15718	7483.7	17.9	2.35E-05	*** 0.1%
Profundidad	5	46.24	15713	7437.5	22.3	< 2.20E-16	*** 0.4%
Tiempo lance	3	611.55	15710	6825.9	492.4	< 2.20E-16	*** 5.6%

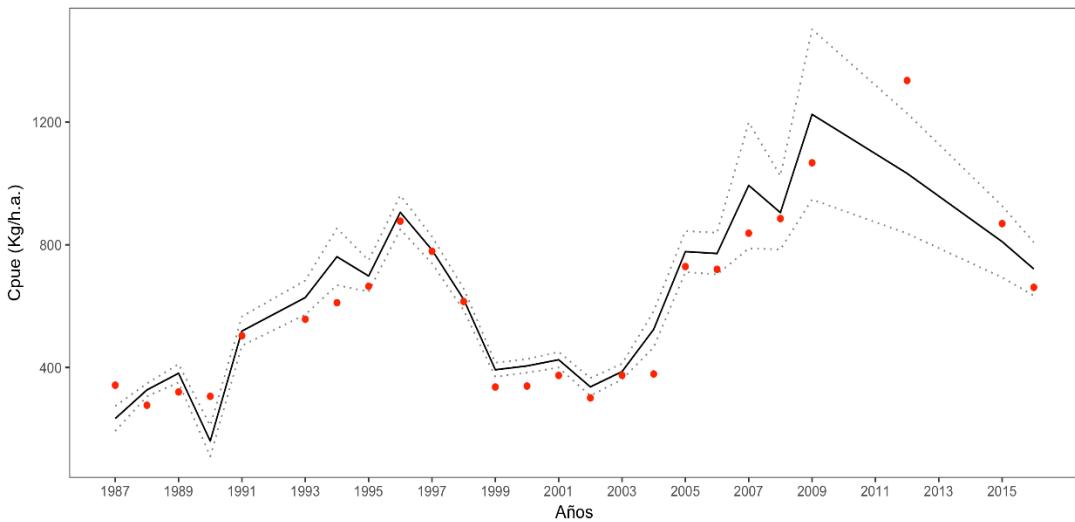
Utilizando la función “Step” de R software y considerando el análisis preliminar más el porcentaje de devianza explicada del modelo presentado arriba, se utilizó un segundo modelo, el cual consideró sólo los factores año, tiempo lance, barco y mes de la siguiente manera:

El modelo ajustado a los datos de rendimientos de pesca para langostino amarillo es un modelo de efectos fijos sin interacciones. En la **Tabla 6** se presentan los resultados y estadísticos de interés: la devianza, AIC y el test F, valores que indican que todos los factores incorporados en el modelo son significativos, siendo los más importantes el año, el tiempo del lance y el barco, seguidos con menor relevancia por el mes.

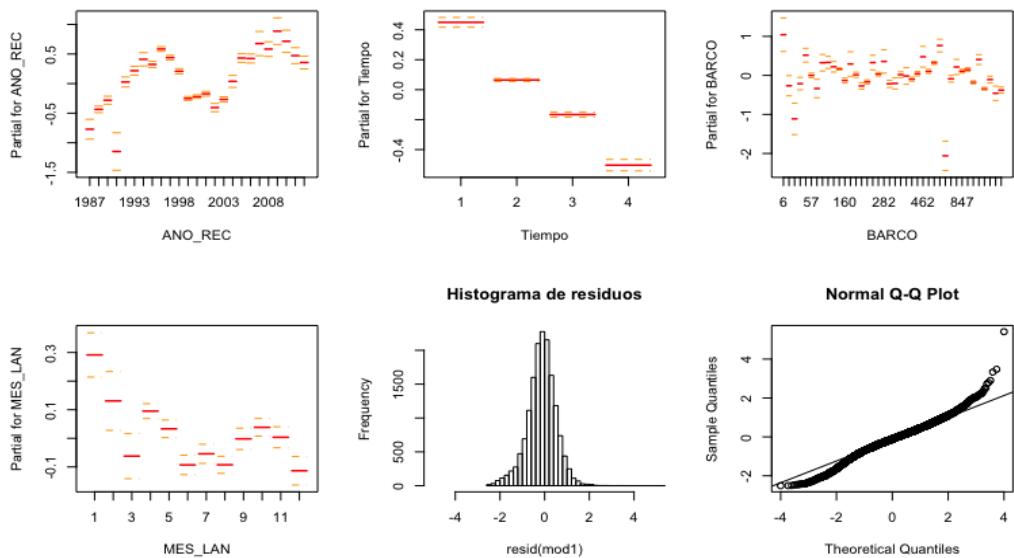
**Tabla 6.**  
Modelo GLM considerando sólo aquellas variables resultantes del análisis preliminar.

	Df	Devianza	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Devianza
NULL			15785	10842.7			
Año	24	2502.55	15761	8340.1	252.7	< 2.20E-16	*** 23.1%
Tiempo lance	3	819.62	15758	7520.5	662.1	< 2.20E-16	*** 7.6%
Barco	39	625.85	15719	6894.6	38.9	< 2.20E-16	*** 5.8%
Mes	11	84.21	15708	6810.4	18.6	< 2.20E-16	*** 0.8%

A partir del modelo ajustado se estimó el índice de abundancia relativa estandarizado (CPUE) observado en la **Figura 12**, en la que se puede observar que el modelo es capaz de recoger la tendencia proyectada por la cpue nominal a través de los años. Además, en la **Figura 13** se presenta una síntesis gráfica de los niveles estimados de cada uno de los factores fijos considerados en el modelo, donde cada nivel de los factores representa la diferencia con la media general del modelo.



**Figura 12.** Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE) para langostino amarillo UAN durante los años 1987 - 2016. Intervalos de confianza del 95%. Los puntos representan a los rendimientos de pesca nominales.



**Figura 13.** Diagrama de los factores del modelo ajustado a los rendimientos de pesca (Gamma) de langostino amarillo. Se presenta además el histograma de los residuos y el gráfico q-q plot.

### Unidad de análisis sur (UAS)

En UAS han operado 74 embarcaciones a través de la historia, con una mayor participación entre los años 1995 y 2001, en contraste a la actualidad que sólo existen 10 embarcaciones son actividades extractivas. A través de los años se han utilizado en total 11 puertos de desembarque, lo cual contrasta con la actualidad en donde sólo se registran 4 puertos con desembarques de langostino amarillo. Al igual que en el área norte, se construyó la variable trimestre con el fin de encontrar algún tipo de

diferencia entre períodos en función de los rendimiento de pesca, puesto que análisis preliminares muestran una mayor actividad pesquera durante el segundo trimestre. En cuanto al análisis regional, dentro de esta evaluación para UAS, se observa que la mayor actividad pesquera ocurre en la 4<sup>a</sup> (bajo la latitud 30°30°) y 5<sup>a</sup> región, por lo que resulta importante separarlas de los análisis respecto de la 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup> y 8<sup>a</sup> regiones, agrupándolas en dos áreas diferentes. Los rendimientos también presentan variaciones en relación a las profundidades de capturas registradas, por tanto esta variable es agrupada en estratos para su mejor comprensión (**Tabla 7**)

**Tabla 7**

Rango de profundidades estratificadas con capturas en UAS, langostino amarillo.

Rango Profundidad	0 - 150	150 - 200	200 - 250	250 - 300	300 – 350	> 350
Nº Lances	731	5802	11513	6801	892	142

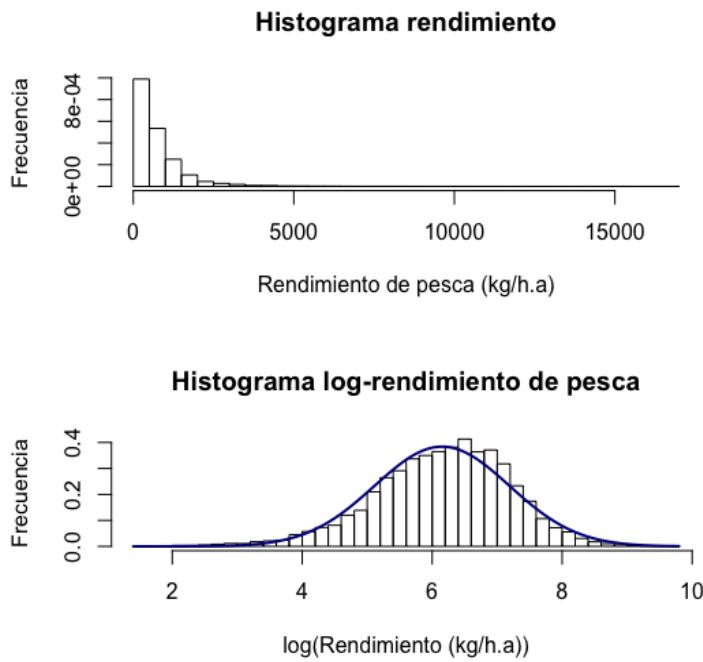
Otra variable que tendría influencia en la variación del rendimiento es el tiempo de arrastre de cada lance, los cuales de acuerdo a la distribución de los datos abarca tiempos entre 26 minutos y 10 horas, sin embargo, la mediana de los lances se encuentra en 2 horas, por lo tanto, la estratificación de estos datos resultó en la **Tabla 8**.

**Tabla 8**

Rango de tiempo del lance estratificado en UAS, langostino amarillo

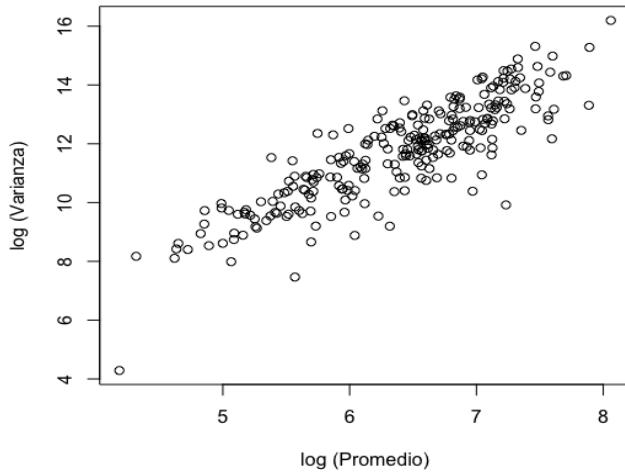
Rangos Tiempo (horas)	< 1	1- 2	2- 3	> 3
Nº Lances	1850	11585	9814	2627

Los rendimientos de captura presentan una distribución visual similar a una Gamma, pero para corroborar esta idea se aplicó un “test de Pearson” y el “test de Anderson-Darling”. Los resultados son refuerzan esta idea y se asume un modelado a través de distribución Gamma (**Figura 14**)



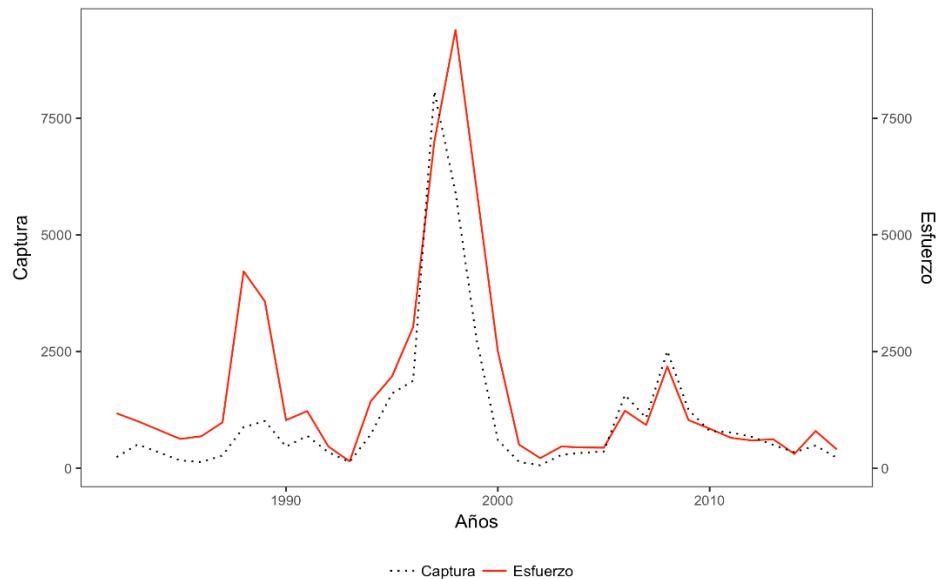
**Figura 14.** Distribución de los rendimientos de captura (Kg/h.a.) y su transformación logarítmica (Kg/h.a.) para el UAS.

Al igual que en el área norte, se aplicó la metodología de McCullagh y Nelder (1989) para determinar empíricamente que los rendimientos pueden ser modelados con una distribución Gamma.



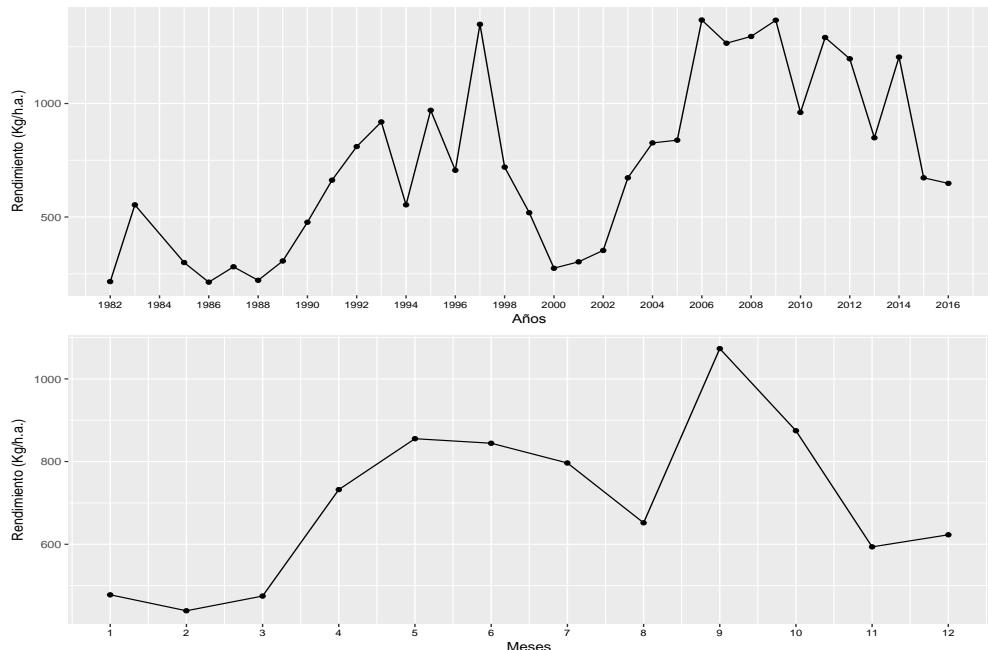
**Figura 15.** Promedio y varianza de los datos de rendimiento. (Pendiente = 1.7041), UAS.

En la **Figura 16** es posible observar que el desembarque en el UAS a través de los años ha estado fuertemente correlacionado con el esfuerzo, en donde ambas variables presentan la misma tendencia en sus respectivas escalas.

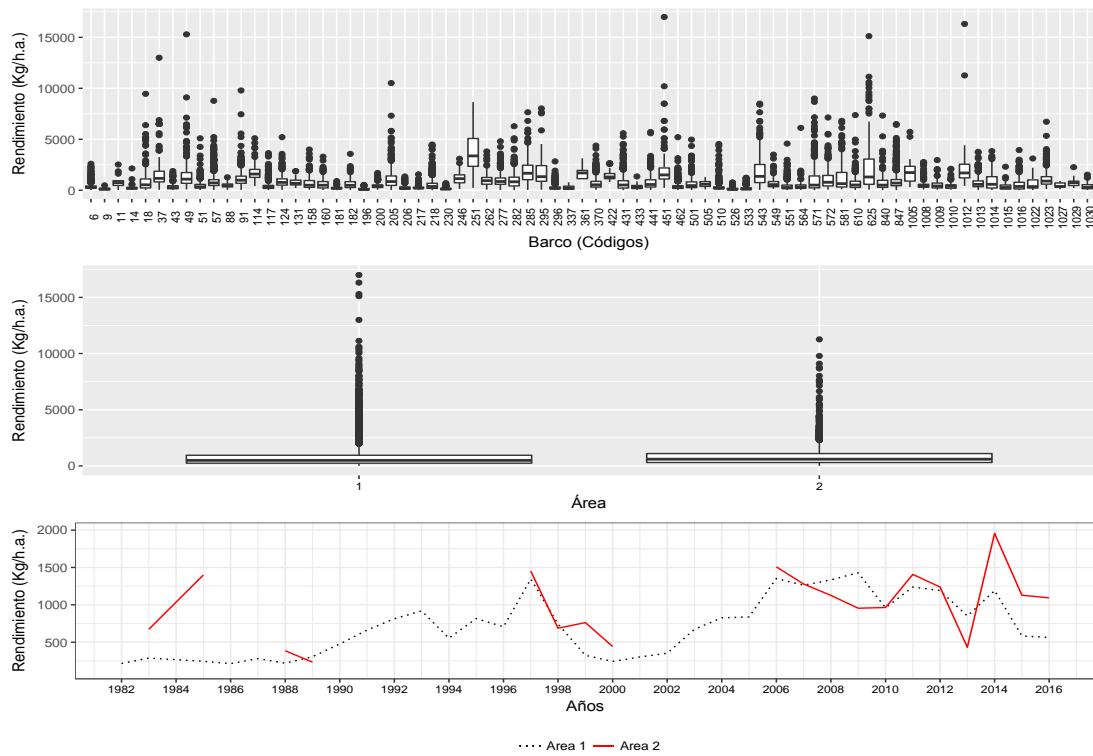


**Figura 16.** Desembarque versus esfuerzo de pesca para langostino amarillo, UAS.

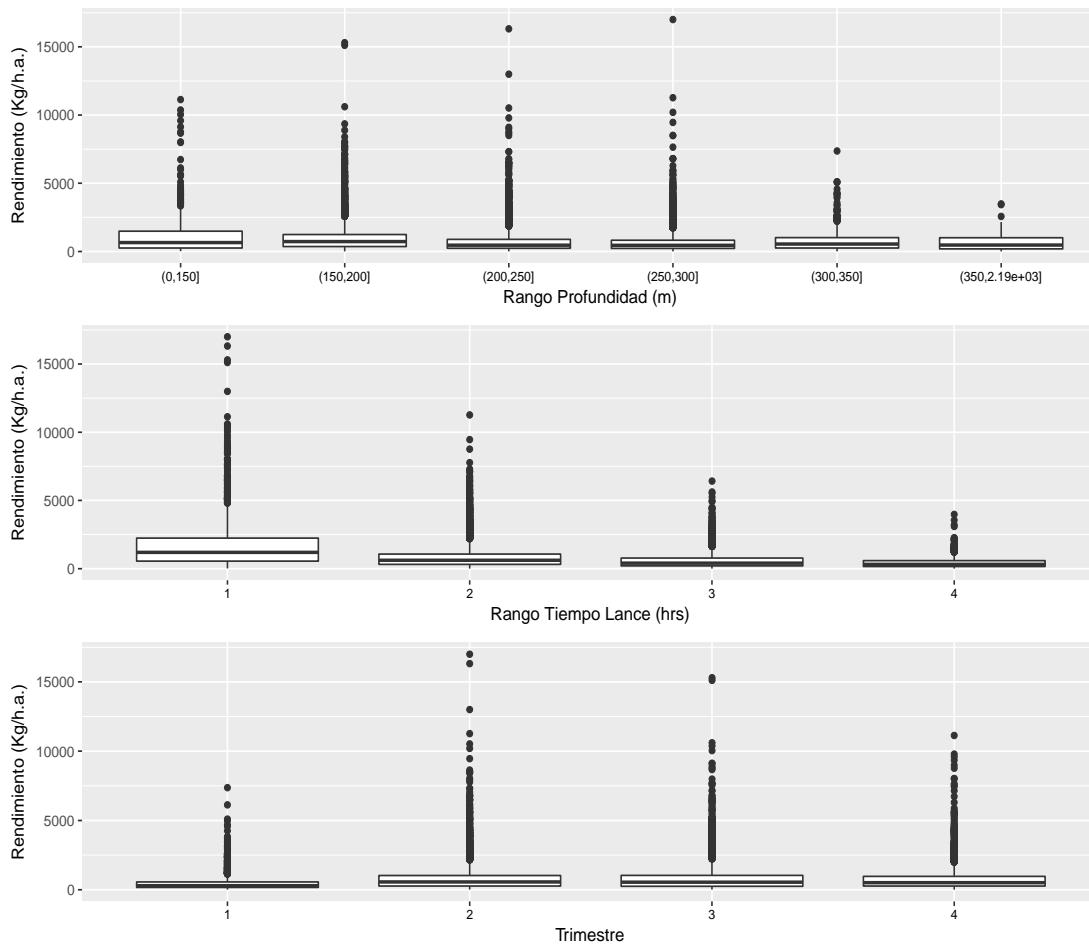
Las variables consideradas dentro del análisis preliminar relacionadas con el rendimiento de las capturas en el UAS son las siguientes: año, barco, mes, área, profundidad, tiempo lance y trimestre. Se graficaron estas variables las cuales presentan una significancia en el comportamiento del rendimiento.



**Figura 17.** Rendimiento promedio a través de los años y meses para langostino amarillo en el UAS.



**Figura 18.** Rendimiento anual por barco y área, langostino amarillo UAS



**Figura 19.** Rendimientos de pesca obtenidos en todos los años para langostino amarillo según estrato de profundidad, tiempo lance y trimestre.

Al realizar un primer análisis de las figuras presentadas, es posible inferir previo al modelado, que las principales variables que inciden en el rendimiento de pesca de langostino amarillo son el año, el mes, el barco y el tiempo del lance. Al agrupar los meses en trimestres, a diferencia de UAN, si es posible observar diferencias entre un trimestre u otro, en particular durante el primer trimestre, por lo que es recomendable utilizar esta variable en vez del mes para no sobre-parametrizar el modelo.

La variable área no está representada para todos los años, sin embargo, en aquellos años en que se observan datos la tendencia es similar. En cuanto a la profundidad, resulta difícil distinguir mediante un análisis visual si existen diferencias importantes entre un rango de profundidad y otro.

### Modelo lineal generalizado (GLM) UAS

Se realizó el modelado de todas las variables que podrían influir en la variación del rendimiento. El modelo utilizado, de acuerdo a los análisis preliminares, fue un modelo GLM con distribución Gamma y se consideraron todos los factores descritos anteriormente. Los resultados de este modelo son presentados en la **Tabla 9**.

**Tabla 9.**  
Modelo GLM considerando todas las variables incluidas en el análisis.

	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Dev
NULL			25875	24636			
Año	33	8249.5	25842	16387	579.601	<2e-16	*** 33.5%
Barco	73	3185.6	25769	13202	101.177	<2e-16	*** 12.9%
Trimestre	3	77	25766	13124	59.492	<2e-16	*** 0.3%
Área	1	0.5	25765	13124	1.13	0.2878	0.0%
Profundidad	5	77	25760	13047	35.688	<2e-16	*** 0.3%
Tiempo lance	3	1594.6	25757	11452	1232.369	<2e-16	*** 6.5%

La variable área no resultó significativa dentro del predictor lineal, tal y como se concluyó en los análisis anteriores. Del mismo modo, la profundidad tampoco parece influenciar en el rendimiento de pesca de langostino amarillo a pesar de entregar una probabilidad significativa dentro del análisis. El trimestre, de igual manera explica un bajo porcentaje de devianza, aun teniendo una probabilidad significativa para el modelo.

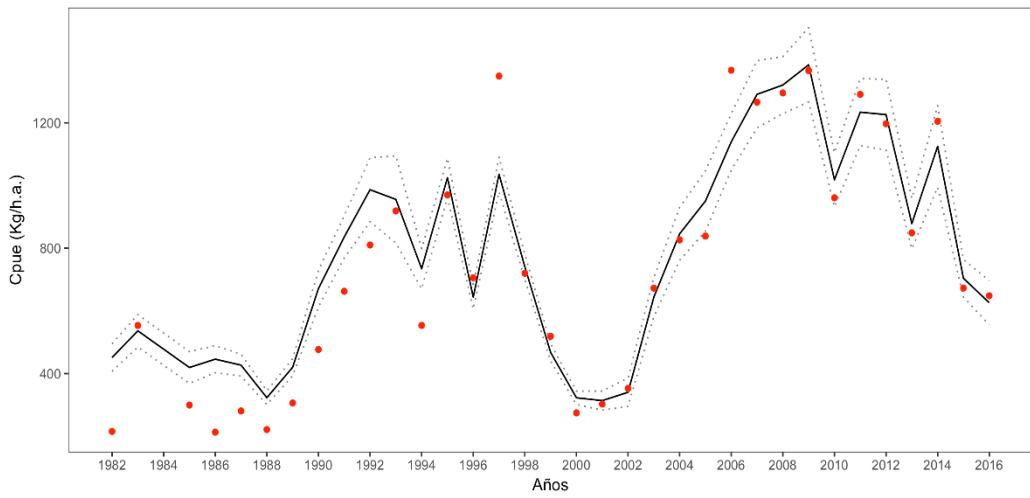
Utilizando la función “Step” de R software y considerando el análisis preliminar más el porcentaje de devianza explicada del modelo presentado anteriormente, se utilizó un segundo modelo, el cual consideró sólo los factores año, barco, tiempo lance y mes. El modelo queda expresado de la siguiente manera:

El modelo ajustado a los datos de rendimientos en UAS es un modelo de efectos fijos sin interacciones. En la **Tabla 10** se presentan los resultados del modelo reducido y estadísticos de interés, estos son: la devianza, AIC y el test F, valores que indican que todos los factores incorporados en el modelo son significativos, siendo los más importantes el año, el barco y el tiempo lance, seguido por la variable trimestre.

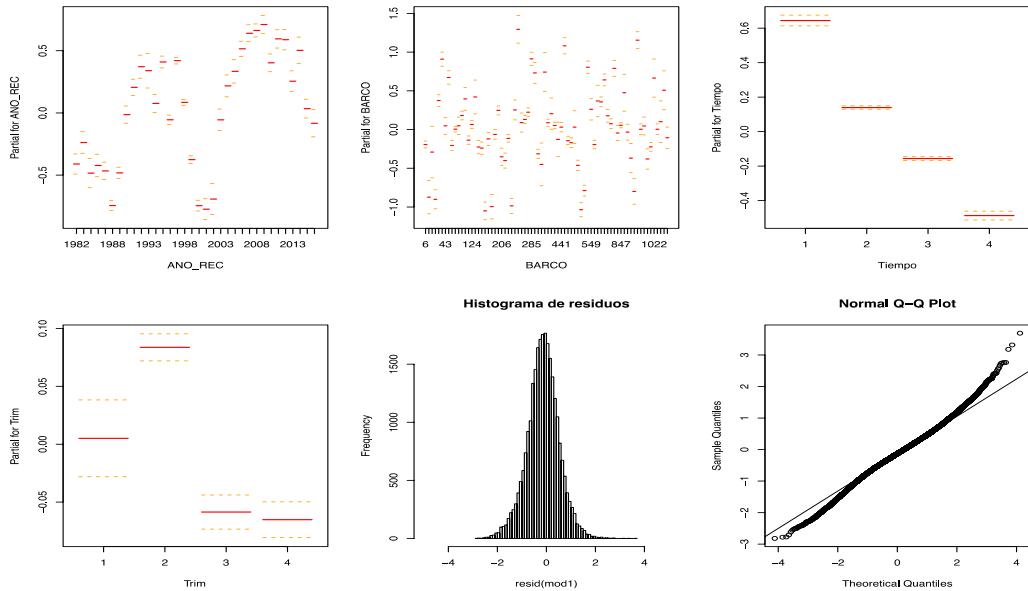
**Tabla 10.**  
Modelo GLM considerando sólo aquellas variables resultantes del análisis preliminar.

	Df	Devianza	Resid.Df	Resid.Dev	F	Pr(>F)	% Devianza
NULL			25875	24636			
Año	33	8249.5	25842	16387	580.3	<2e-16	*** 33.5%
Barco	73	3185.6	25769	13202	101.3	<2e-16	*** 12.9%
Tiempo lance	3	1599.5	25766	11602	1237.6	<2e-16	*** 6.5%
Trimestre	3	98.5	25763	11504	76.2	<2e-16	*** 0.4%

A partir del modelo ajustado se estimó el índice de abundancia relativa ( $\approx$ CPUE) observado en la **Figura 20**, en la que se aprecia que el modelo es capaz de recoger la tendencia proyectada por la CPUE nominal a través de los años. La **Figura 21** presenta una síntesis gráfica de los niveles estimados de cada uno de los factores fijos considerados en el modelo, donde cada nivel de los factores representa la diferencia con la media general del modelo.



**Figura 20.** Captura por unidad de esfuerzo estandarizada (CPUE) para langostino amarillo UAS durante los años 1982 - 2016. Intervalos de confianza del 95%. Los puntos representan a los rendimientos de pesca nominales.



**Figura 21.** Diagrama de los factores del modelo ajustado a los rendimientos de pesca (Gamma) de langostino amarillo. Se presenta además el histograma de los residuos y el gráfico q-q plot.

## **A N E X O III**

---

CBA langostino colorado incluyendo  
dentro del análisis el descarte

## **Incorporación de capturas programa de descartes para estimación de CBA langostino colorado**

En la siguiente sección se presentan las estimaciones de CBA integrando la información de las capturas descartadas estimadas en el programa de descartes ejecutado por IFOP. Esta información corresponde a los años 2014 y 2015, años en los cuales se han llevado a cabo las aproximaciones de las remociones de individuos no declaradas por parte de los usuarios, por tanto, es una fracción del stock removida por la actividad pesquera y no considerada dentro de los modelos de evaluación de stock. Con esta integración se pretende corregir los valores informados de desembarques en función de los porcentajes de capturas descartadas y su impacto en la condición del estatus del stock si este comportamiento hubiese sido constante a lo largo de la pesquería.

El inicio del proyecto de descarte comienza el año 2013, pero la información recogida en este año es pobre en términos de muestras, dado los respectivos errores de la puesta en marcha de un proceso de este tipo, por lo tanto y como resguardo para los análisis, la información utilizada es la más actualizada y validada. Esta información corresponde a los años 2014 y 2015.

La **Tabla 23** y la **Tabla 24** muestran las estimaciones realizadas a partir de la información recolectada en los muestreos en embarcaciones y la fracción de descarte estimada a partir de las observaciones de capturas en ambas unidades poblacionales.

**Tabla 23**

Estimación de capturas totales, retenidas y descarte realizadas por IFOP año 2014 y 2015, langostino colorado UPN

Año	UP	Estimación	Captura	Porcentaje	Linf	Lsup	Var
2014	UPN	Total	181	100%	211	151	232
2014	UPN	Retenida	176	97%	205	146	228
2014	UPN	Descartada	5	3%	6	4	1
2015							Sin información disponible año 2015

**Tabla 24**

Estimación de capturas totales, retenidas y descarte realizadas por IFOP año 2014 y 2015, langostino colorado UPS

Año	UP	Estimación	Captura	Porcentaje	Linf	Lsup	Var
2014	UPS	Total	9353	100%	10302	8404	234410
2014	UPS	Retenida	8721	93%	9632	7810	216014
2014	UPS	Descartada	645	7%	765	525	3725
2015	UPS	Total	6886	100%	7471	6302	89027
2015	UPS	Retenida	6368	92%	6923	5813	80174
2015	UPS	Descartada	518	8%	588	448	1274

Tomando en consideración la información presentada anteriormente, se presentan 4 escenarios de evaluación para determinar el impacto en la determinación de las capturas biológicamente aceptables en cada UP, estos son:

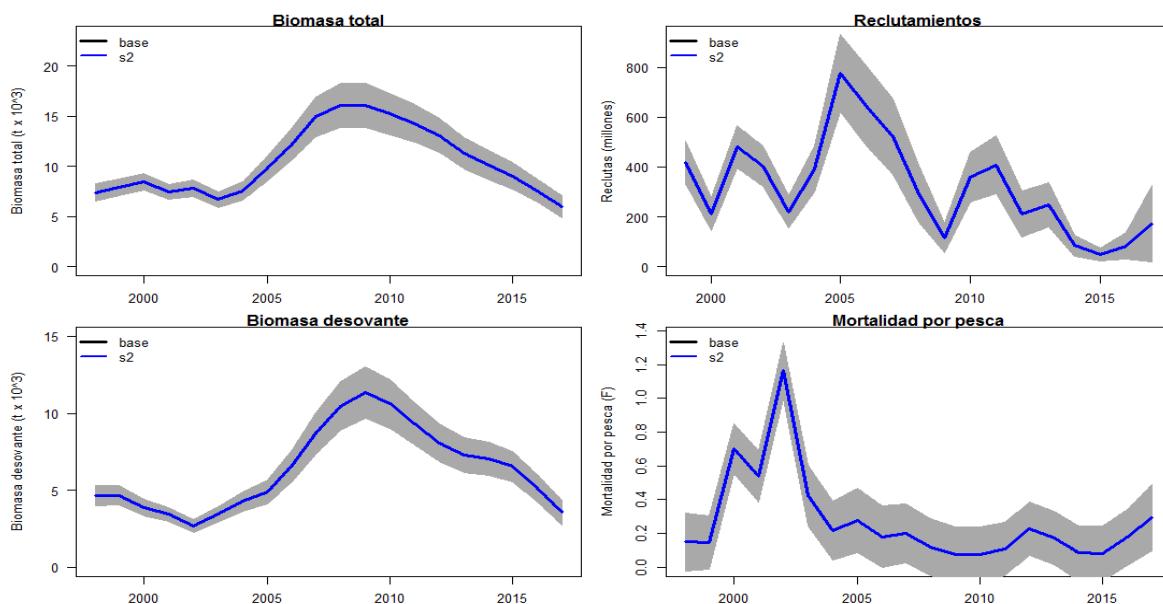
**Tabla 25**

Escenarios de evaluación determinación CBA integrando descarte en pesquería de langostino colorado.

Escenarios	
s0	Modelo base
s1	Modelo base + capturas estimadas año 2014 y 2015
s2	Modelo base + porcentaje estimado descarte para cada año
s3	Modelo base con proporción descartes ponderada linealmente en retrospectivo
s4	Proporción (desembarque/captura) multiplicado por serie histórica

### CBA con descartes langostino colorado UPN

En la UPN las estimaciones de captura no tienen impacto en relación a la información de los desembarques reportados por SERNAPESCA, esto se ve reflejado en la comparación de variables de estado estimadas por el modelo base y s2 (**Figura 43**), que es el escenario que se evaluó de acuerdo a la información disponible. Este escenario está relacionado con el valor referencial de proporción descartada que no se tendría en cuenta en los desembarques oficiales.



**Figura 43.** Comparación de variables de estado estimadas por el escenario base y s2, langostino colorado UPN, periodo 1998 – 2017.

En la siguiente tabla se analiza el impacto en las CBA del langostino colorado UPN integrando las capturas estimadas por el programa de descarte

**Tabla 26**  
CBA para langostino colorado UPN integrando información descartes año 2014.

<b>Fcte</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.st</b>	<b>p ( F &gt; F referencia)</b>				
			<b>0.1</b>	<b>0.2</b>	<b>0.3</b>	<b>0.4</b>	<b>0.5</b>
$F_{45\_base}$	955	119	803	855	893	925	955
$F_{40\_base}$	1119	139	940	1002	1046	1084	1119
$F_{45\_s2}$	955	119	803	855	893	925	955
$F_{40\_s2}$	1119	139	941	1002	1046	1084	1119

La evaluación de las CBA en función del  $F_{RMS}$  (0.38) en el escenario alternativo, en donde se agrega el 3% de las capturas adicionales a los desembarques oficiales, no presenta un mayor impacto en relación al riesgo de sobrepasar la estrategia de  $F$  constante.

### **CBA con descartes langostino colorado UPS**

El análisis de CBA relacionado con la información proporcionada por el programa de descarte es mucho más completa en el langostino colorado sur. Se cuenta con información disponible para los años 2014 y 2015, y además las estimaciones de las capturas proyectan que los desembarques deberían haber sido más altos que los informados por SERNAPESCA, por eso se espera que el presente análisis muestre el impacto de cada escenario propuesto en los cálculos de CBA.

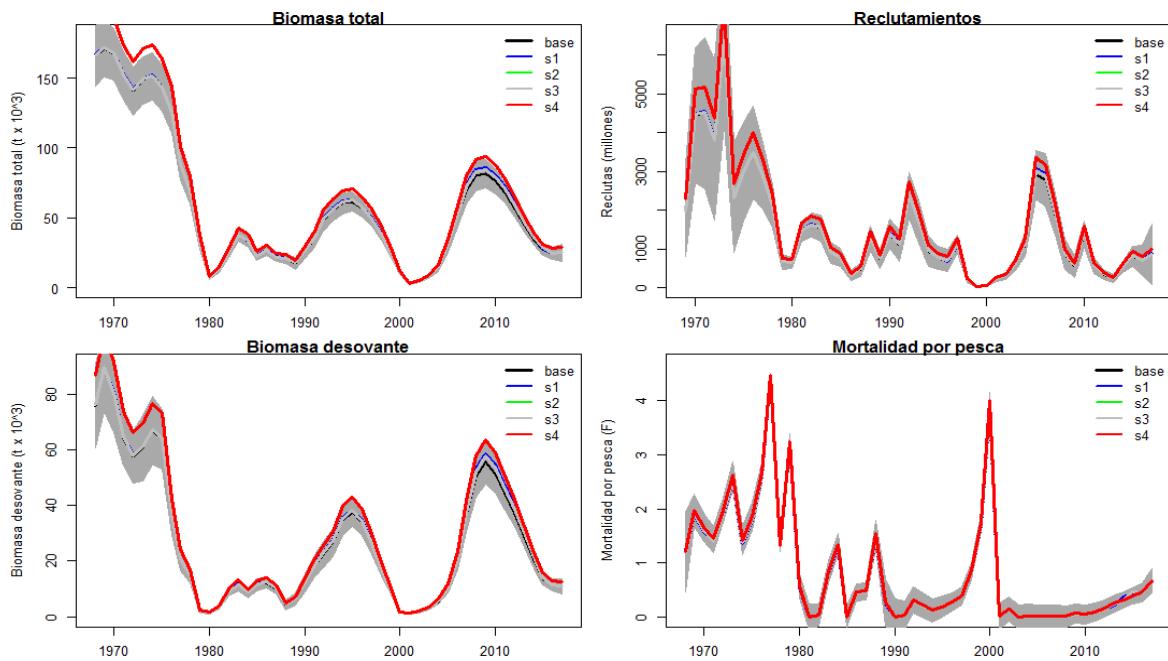
En relación a s1, sólo se agregarán las capturas totales estimadas por el programa de descarte para los años 2014 y 2015 para tomar el lugar de las informadas oficialmente por SERNAPESCA. Por lo tanto, para el año 2014 y 2015, de los valores 6972 t y 5741 t, se cambiarán por 9353 t y 6886 t respectivamente por año.

Para s2, se adicionaran a los desembarques oficiales el porcentaje estimado de descarte en cada año, por tanto, como en el año 2014 se registró un 7% de descarte estimado, se calcula el 7% de 6972 t (488 t) y se suman a este último, teniendo un valor total año 2014 de 7460 t. El mismo cálculo se hace para el año 2015.

En s3 se hace una sumatoria en retrospectivo de las estimaciones de descarte, las cuales que se asume que sucedieron durante los años pasados a 2014 y 2015, esto es: como en 2015 hubo un 8% de descarte y 2014 un 7%, entonces se asume que en 2013 hubo un 6%, 2012 un 5% y así sucesivamente hasta llegar a 0. Se calcula el porcentaje a cada valor anual desembarcado y luego se suma, por ejemplo: porcentaje descarte año 2015 8%, el 8% de 5751 t es 459 t, entonces se suma 5771 t con 459 t para hacer el valor total del año 2015.

En el último escenario propuesto (s4) se obtiene un promedio de los descartes estimados, ya que en el año 2014 y 2015 se calculó una retención de captura cercana al 75% y 83% de la captura total, por tanto el promedio de estos dos valores es 79%. De lo anterior, se asume que a lo largo de la historia existió aproximadamente un 15% de descarte en cada desembarque informado, por lo que se calculó el 15% de cada valor de desembarque y el valor calculado se suma al valor de cada año. Los resultados de las estimaciones de CBA ante los distintos escenarios propuestos se muestran en la **Tabla 27**. En la **Figura 44** se presentan las estimaciones del modelo base y de los 4 escenarios

propuestos incluyendo las capturas estimadas por descarte, en donde se muestra que en los 4 análisis alternativos no existe variabilidad de las biomassas, mortalidad por pesca y reclutamiento, por lo que las capturas no tendrían incidencia alguna en la estimación de estas variables.



**Figura 44.** Comparación de variables de estado estimadas por el escenario base, s1, s2, s3 y s4, langostino colorado UPS, periodo 1968 – 2017.

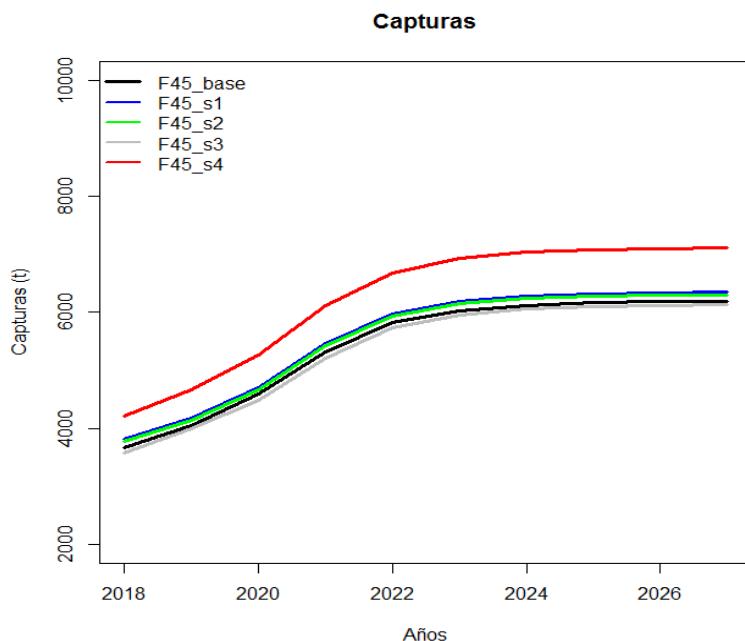
**Tabla 27**  
CBA para langostino colorado UPS integrando información descartes año 2014 y 2015.

Fcte	Media	Desv.st	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
F <sub>45</sub> _base	3665	555	2954	3198	3374	3525	3665
F <sub>45</sub> _s1	3807	575	3070	3323	3505	3661	3807
F <sub>45</sub> _s2	2783	423	2241	2427	2561	2676	2783
F <sub>45</sub> _s3	2783	423	2241	2427	2561	2676	2783
F <sub>45</sub> _s4	4206	637	3390	3670	3872	4045	4206

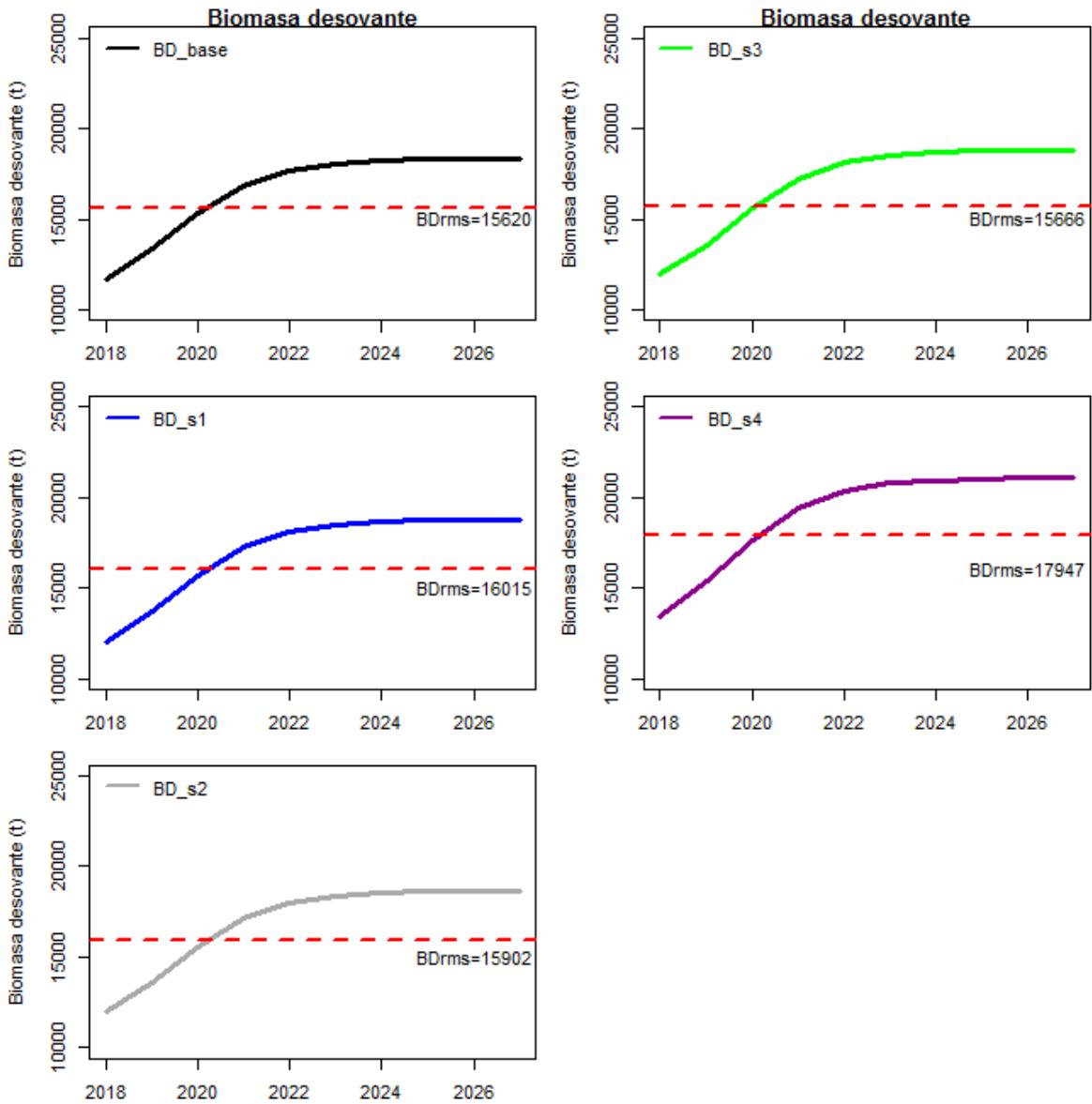
De acuerdo a las estimaciones realizadas, en todos los escenarios propuestos el  $F_{RMS}$  es de 0.52, además la reducción poblacional alcanzó también en todos los escenarios el 28% (0.28) en la relación BD/BDo (**Tabla 28**). La **Figura 45** muestra las trayectorias de las capturas proyectadas con los 4 escenarios con integración del descarte junto al escenario base, además en la **Figura 46** se muestran las proyecciones de biomassas desovantes en los mismos escenarios en función de cada  $F_{45}$  estimado para cada uno de ellos.

**Tabla 28**  
Estimaciones de variables de interés en cada uno de los escenarios propuestos.

Escenarios	Base	s1	s2	s3	s4
<b>BD</b>	10901	11262	11177	11031	12518
<b>F</b>	0.67	0.65	0.65	0.65	0.67
<b>BD/BDo</b>	0.2792	0.2813	0.2811	0.2816	0.2790
<b>BDo</b>	39050	40040	39755	39166	44869
<b>BD<sub>RMS</sub></b>	15620	16016	15902	15666	17948



**Figura 45.** Proyección de las capturas para los distintos escenarios propuestos relacionados con la integración de los descartes dentro del modelo de evaluación de stock, langostino colorado UPS.



**Figura 46.** Proyección de biomassas desovantes para cada uno de los escenarios con inclusión de descartes en el modelo de evaluación de stock, langostino colorado UPS. La línea segmentada corresponde a la  $B_{RMS}$  estimada en cada uno de los escenarios.



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---

A wide-angle photograph of a vast ocean meeting a dramatic sky at the horizon. The sky is filled with various shades of blue, from deep navy to bright cyan, with wispy white clouds. A vibrant, multi-colored rainbow arches across the upper right portion of the image, transitioning through red, orange, yellow, green, and blue. The ocean's surface is a dark, textured blue, with small white-capped waves visible.

**www.ifop.cl**