



DOCUMENTO TÉCNICO N°2

Convenio Desempeño 2014

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015:

Langostino amarillo, 2015

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Marzo 2015



DOCUMENTO TÉCNICO N°2

Convenio Desempeño 2014

Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables
de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015:

Langostino amarillo, 2015

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Marzo 2015

REQUIRENTE

**SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y
EMPRESAS DE MENOR TAMAÑO**

Subsecretaría de Economía y
Empresas de Menor Tamaño:
Katia Trusich Ortiz

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo
Leonardo Núñez Montaner

Jefe División Investigación Pesquera
Jorge Castillo Pizarro

JEFE DE PROYECTO

Doris Bucarey Sepúlveda

AUTORES

Doris Bucarey Sepúlveda
Carlos Montenegro Silva
Maximiliano Zilleruelo León
Diana Párraga Velandía
Cecilia Bravo Muñoz

RESUMEN EJECUTIVO

En el siguiente informe se presenta el conjunto de datos utilizados en el modelo de evaluaci3n de stock de langostino amarillo (*Cervimunida johni*), el modelo utilizado y los principales resultados para ambas unidades de pesquería. La informaci3n de entrada al modelo consiste en las distribuciones de frecuencia de tallas de las capturas, pesos medios de los individuos, proporci3n sexual, y la captura por unidad de esfuerzo, disponibles para el período 1985-2013 en el área norte y 1979-2013 en el área sur. Se utiliz3 la biomasa estimada en la evaluaci3n directa (1995 - 2013) y se incorpora por primera vez, la estructura de tallas observada en los cruceros (1999 - 2012). El desembarque utilizado proviene de las estadísticas oficiales (control cuota) para el período 1979 – 2013 y se asume un valor de referencia para el 2014 seg3n la cuota recomendada. Adem3s, se utiliz3 informaci3n proveniente de la literatura científica, tales como los parámetros de crecimiento, ojivas de madurez y mortalidad natural. El período de modelaci3n se extiende entre 1985 y 2014 para el área norte y 1979-2014 para el área sur.

La extensi3n temporal de la serie de datos permite observar el desarrollo de la pesquería y los efectos de ésta en la poblaci3n del langostino amarillo. En la d3cada de los sesenta y setenta, la calidad de la informaci3n puede calificarse como baja, no obstante, en las últimas dos d3cadas se produce un progresivo aumento en la calidad y cantidad de los niveles de muestreo, en los procedimientos de fiscalizaci3n de los desembarques, así como tambi3n mejoras en el diseño metodol3gico de las evaluaciones directas, permitiendo obtener indicadores que dan cuenta de las tendencias poblacionales. Estos indicadores son suficientes para estructurar modelos de evaluaci3n a la edad y entregar estimaciones de abundancia utilizables y por lo tanto, clasifican al langostino amarillo dentro del “Tier 1b”, de acuerdo con el sistema de calificaci3n propuesto en el taller de PBR realizado en diciembre de 2013, el cual permite utilizar un valor de BRMS proxy (basado en la literatura y la experiencia), para estimar los PBR objetivos de esta pesquería.

Se realiz3 la evaluaci3n de stock del área norte de la pesquería (26°03'S – 30°30'S), utilizando un modelo edad estructurado con datos en tallas. Los resultados muestran una tendencia decreciente de los niveles de biomasa a partir del año 2010 debido al ingreso de clases anuales débiles. Sin embargo, los bajos niveles de extracci3n a los que ha estado sometido el recurso en los últimos 8 años indican que el recurso se encuentra en estado de sub-explotaci3n y con una mortalidad por pesca por debajo del nivel de extracci3n objetivo ($F=F_{RMS}$). Bajo la estrategia de explotaci3n recomendada y un nivel de riesgo del 10% de exceder dicho criterio, se recomienda una captura para el año 2015 de 2,1 mil t.

En el área sur, los resultados muestran una tendencia decreciente de los niveles de biomasa a partir del año 2007, pero al igual que en el área norte, los bajos niveles de extracci3n a los que ha estado sometido el recurso y el nivel medio del reclutamiento permiten que el recurso se encuentre en estado de plena explotaci3n, con una mortalidad por pesca por debajo de los niveles de extracci3n recomendados ($F=F_{RMS}$). Bajo la estrategia de explotaci3n objetivo y un nivel de riesgo del 10% se recomienda para el área sur de la pesquería (30°30'S – 38°48'S), una captura para el año 2015 en torno a las 3,1 mil t.

Dado que las capturas son recomendadas por área de estudio y no por unidad de pesquería, se realiza una redistribución de éstas, utilizando un criterio de asignación relativo a la distribución espacial de los focos de abundancia observados en la evaluación directa. De este modo, una parte de la captura sugerida para el área sur (correspondiente al sur de la IV Región) se asigna a la unidad de pesquería norte. Finalmente, la CBA_{2015} para el langostino amarillo de la III a IV Regiones alcanza las 3,1 mil t, mientras que la CBA_{2015} para el langostino amarillo de la V a la VIII Regiones se estimó en 2,1 mil t.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO.....	i
ÍNDICE GENERAL	iii
1. OBJETIVOS.....	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	1
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
2. ANTECEDENTES.....	2
2.1 ANTECEDENTES GENERALES DEL RECURSO	2
2.2 ANTECEDENTES ADMINISTRATIVOS.....	4
2.3 ANTECEDENTES DE LA PESQUERÍA	4
2.3.1 Desembarques.....	5
2.3.2 Rendimiento y Esfuerzo de Pesca	6
3. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	10
3.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1	10
3.1.1 Área de estudio	10
3.1.2 Fuentes de Información	10
3.1.3 Modelo de la dinámica del langostino amarillo.....	11
3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2	19
3.2.1 Modelo por Recluta de dinámica combinada y estimación de PBR	19
3.2.2 Marco de Referencia.....	20
3.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3.....	22
3.4 OBJETIVO ESPECÍFICO 4	22
3.5 OBJETIVO ESPECÍFICO 5.....	22
4. RESULTADOS	24
4.1 OBJETIVO ESPECÍFICO N°1	24
4.1.1 Datos e información usados en la evaluación de stock.....	24
4.1.2. Estándar Metodológico de Evaluación (EME)	39
4.1.3 Evaluación del langostino amarillo, área norte.....	41
4.1.4 Evaluación del langostino amarillo, área sur	51
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO N°2	62
4.2.1 Estatus Langostino amarillo área norte	62
4.2.2 Estatus Langostino amarillo área sur	67
4.3 OBJETIVO ESPECÍFICO N°3	70
4.3.1 CBA langostino amarillo norte.....	70
4.3.2 CBA langostino amarillo área sur	73
4.3.3 CBA langostino amarillo por Unidad de Pesquería	76
4.4 OBJETIVO ESPECÍFICO N°4	76
4.4.1 Proyecciones langostino amarillo área norte.....	76
4.4.2 Proyecciones langostino amarillo área sur.....	79

4.5	OBJETIVO ESPECÍFICO N°5	82
4.5.1.	Estándar Metodológico de Evaluaci3n (EME)	82
4.5.2.	Programa de Mejoramiento.....	85
5.	ANÁLISIS Y DISCUSI3N DE LOS RESULTADOS	86
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89

ANEXOS:

Anexo I: Reporte de reuni3n de coordinaci3n bilaterales IFOP-SUBPESCA.

Anexo II: Datos Modelo

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Actualizar el estatus de los principales recursos pesqueros nacionales, analizando sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables y sus niveles de riesgo, en horizontes de corto y mediano plazo, considerando su incertidumbre asociada.

1.2 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 de estado y flujo, estimando 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 Científicos y Técnicos respectivos.
3. Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptable para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, al año 2015, con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado, debidamente informado en tablas de decisión, considerando los posible estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
4. Analizar estocásticamente las posibilidades futuras de explotación de estos recursos en el mediano plazo y los riesgos de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de estimación de sus indicadores y los probables estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.
5. 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

La actividad pesquera en Chile se ha situado como una de las áreas que ha liderado el crecimiento de la economía nacional. Dicho proceso se ha basado tanto en los niveles de producción y exportaciones de la pesca extractiva, así como también, en el rápido desarrollo de la acuicultura.

Por mandato legal, la función pública en la gestión de la actividad pesquera y de la acuicultura le corresponde a la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura y al Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, instituciones responsables de fijar las políticas y establecer las medidas de regulación que tienen por objetivo conformar el marco legal y normativo para brindar las condiciones más adecuadas para el desarrollo sustentable de la actividad de la pesca y la acuicultura. Para cumplir adecuadamente ese rol resulta esencial contar con fundamentos científicos y técnicos sólidos en cuanto al conocimiento del estado de conservación de los recursos biológicos y su ambiente, así como también, del desempeño de la actividad extractiva.

Con el objeto de atender la misión y sus objetivos estratégicos, desde 1992 la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura identifica y encarga al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) ejecutar los programas de seguimiento y monitoreo de las pesquerías, así como también, la evaluación de stock y análisis de capturas recomendables para el langostino amarillo, principal objetivo de la presente investigación.

2.1 Antecedentes generales del recurso

El langostino amarillo es una especie endémica cuya distribución se ha descrito desde los 23°00' S hasta los 38°20' S (Escuela Ciencias del Mar, 2000; Bahamonde, 1965; Bahamonde *et al.*, 1986), en la plataforma continental de Chile y talud superior entre los veriles de 150 m y 400 m de profundidad (**Figura 1**). Se caracteriza por presentar densas agrupaciones o focos de concentración variables inter-anualmente en superficie (Canales y Arana, 2012).

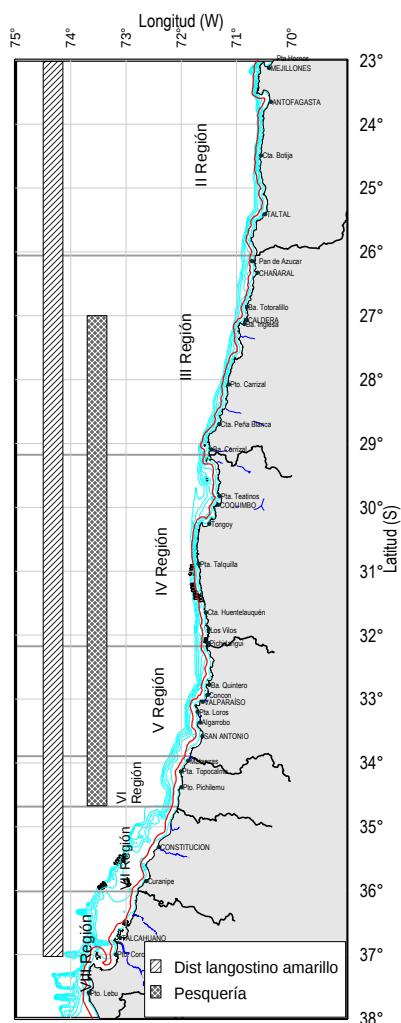


Figura 1. Distribución espacial del langostino amarillo y área donde se desarrolla la actividad pesquera.

Es una especie de hábitos bento-demersales, vive en fondos de grava y fango y ocasionalmente en los márgenes de zonas rocosas (Ahumada *et al.*, 2013). Es depredadora y detritívora y es dieta de peces bentodemersales como la merluza común y lenguados. Constituye fauna acompañante en la pesquería de langostino colorado, camarón nílón y merluza común.

El crecimiento es diferenciado entre machos y hembras, identificándose 11 clases de edad en machos y 9 clases de edad en hembras en la pesquería (Arancibia *et al.*, 2005).

En el ciclo reproductivo anual las hembras producen 3 camadas sucesivas, pudiendo alcanzar hasta 6 camadas al año (Thiel *et al.*, 2012). Se ha observado la presencia de hembras ovíferas en todos los estratos de profundidad pero con máximos entre los 200 y 300 m en la III Región y entre 100 y

350 m en la IV Región (Acuña et al., 2008). Pool et al. (1996) señalan que el ciclo reproductivo está centrado en agosto con un 85% de hembras ovíferas.

2.2 Antecedentes administrativos

A partir del año 1995, el langostino amarillo es separado en dos unidades de pesquería: i) Unidad de pesquería norte, que abarca el área marítima comprendida entre las regiones III y IV y está declarada en régimen de Plena Explotación (D.S. N° 377/1995, MINECOM) y ii) Unidad de pesquería sur, la cual se extiende entre la V a la VIII Regiones y está declarada en régimen de Pesquería en Recuperación (D.S. N° 787/1996, MINECOM). Bajo ambos regímenes de extracción, la pesquería ha estado sujeta a medidas de conservación tales como, vedas biológicas y el control de la mortalidad por pesca a partir de la aplicación de cuotas de captura.

Desde 1997 rige 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, MINECOM). En la unidad de pesquería sur y debido a los bajos niveles de biomasa estimados tanto por métodos directos (Bahamonde *et al.*, 2003), como indirectos (Espejo *et al.*, 2001), se establecieron vedas extractivas anuales por medio de decretos exentos renovados sucesivamente desde el año 2001 y hasta el año 2007 (D.Ex N° 1686/2006).

La unidad de pesquería sur estuvo sometida a moratorias extractivas por un largo período, sin embargo, desde el año 2003 se registró un incremento de la biomasa, en particular entre la V y VI Regiones (Quiroz *et al.*, 2004; Bahamonde *et al.*, 2004). Esta situación permitió que a partir del año 2006 la autoridad normativa propusiera la realización de pescas de investigación en dichas regiones, asignando una cuota de captura de 800 t, la que fue incrementada en el año 2007 a 1200 t. Como resultado en el año 2008, se reinicia la actividad extractiva en la V y VI Regiones, y en el 2010 en la VII y VIII Regiones. No obstante, en el año 2013 se asigna una cuota de 1200 t para ser extraídas sólo en la V Región.

Para el año 2014, se estableció una cuota global de captura de 2088 toneladas (t) para la pesquería de la III y IV Región (D.Ex. N° 1408/2013), similar a la cuota establecida el año anterior (D.Ex. N° 1336/2012). Entre la V y VIII Regiones, la cuota fue fijada en 1200 t (D.Ex. N° 1243/2013), igual a la cuota fijada en el año anterior (D.Ex. N° 1189/2012).

2.3 Antecedentes de la pesquería

La pesquería del langostino amarillo se inicia hace más de 50 años, siendo en ese entonces, los puertos de desembarque más importantes, Coquimbo, Valparaíso y San Antonio. Actualmente, la pesquería se concentra principalmente en la zona de Coquimbo (29°) y Valparaíso (33°S).

La actividad se desarrolla principalmente en el área marítima comprendida entre la III y VIII Regiones, por una flota de carácter multiespecífica dado que opera sobre cuatro especies objetivos:

langostino amarillo, langostino colorado, camarón nailon y gamba. Si bien los desembarques de estas especies son de menor importancia a nivel nacional, 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 2013, el valor de las exportaciones de langostino amarillo alcanzó los 6.5 millones de dólares correspondientes a 745 toneladas de producto congelado y harina (IFOP/ADUANAS).

2.3.1 Desembarques

La pesquería del langostino amarillo se reconoce en una fase de desarrollo incipiente en la década de los años 50, con bajos niveles de esfuerzo, área de operación reducida y capturas del orden de las 4 mil y 6 mil toneladas (Henríquez, 1982). En la década de los 60, la intensidad de pesca experimentaría 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 en la actividad extractiva en el norte de la pesquería con desembarques de magnitudes similares al inicio de la pesquería (Canales *et al.*, 2000). No obstante la actividad extractiva aplicada sobre este recurso, recién el año 1979 el desembarque oficial registrado en los Anuarios Estadísticos del Servicio Nacional de Pesca (SERNAPESCA) distingue claramente entre especies de langostinos, lo que dificulta utilizar una serie de tiempo que se remonte hasta los inicios de la pesquería.

En los últimos 35 años, el desembarque del langostino amarillo ha presentado fluctuaciones importantes (Figura 2). En 1979 se registró un desembarque cercano a las 500 toneladas (t), el que rápidamente se incrementó hasta alcanzar las 9 mil t, en sólo un par de años. Las variaciones se mantienen hasta fines de los 90, con un promedio de desembarque de 5 mil t anuales. La captura más alta en la historia de la pesquería se registró en el año 1997, cuando superó las 10 mil t. Posteriormente, los desembarques disminuyen sostenidamente hasta las 900 t en el año 2002, siendo éste el registro más bajo desde el primer año de la serie analizada. En el período 2003-2008, se presenta una leve recuperación con valores ligeramente inferiores a las cuotas de captura establecidas para este recurso. 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 2013, se capturaron 2957 toneladas lo que equivale a un 90% de la cuota total asignada (3300 t).

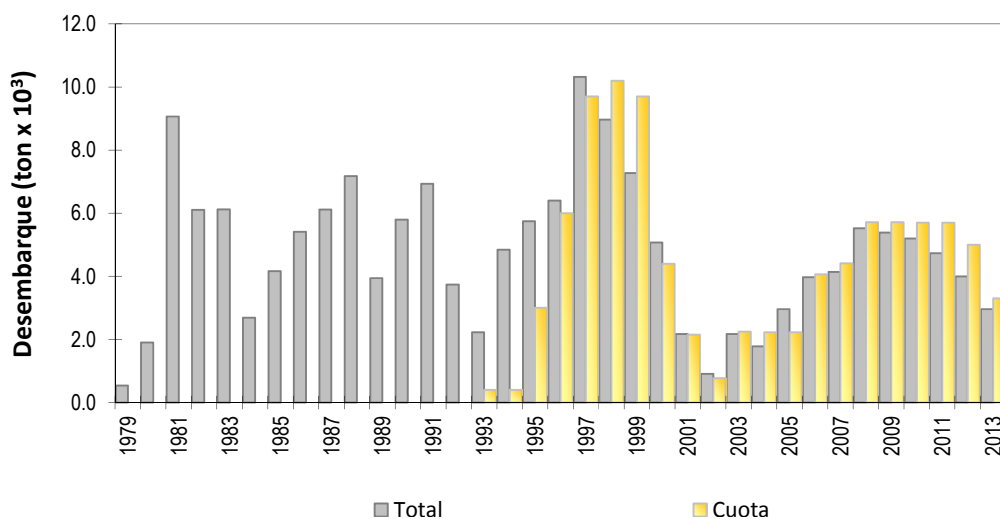


Figura 2. Cuota de captura y desembarque total de langostino amarillo, entre 1979 y 2013. Fuente: IFOP-SUBPESCA.

2.3.2 Rendimiento y Esfuerzo de Pesca

En la **Figura 3** se presenta la distribución espacio-temporal del esfuerzo de pesca (número de lances), a partir de la cual se identifican variaciones en los niveles de esfuerzo desplegados por la flota, delimitando dos áreas separadas en la latitud 30°30' S. A fines de los ochenta ya se aprecia una segregación de la actividad de la flota, con un caladero en el sector norte de IV Región y otro que abarca parte del sector sur de la IV y la V Región. En la década de los noventa se observó la máxima actividad pesquera de la serie analizada, con 2 sectores de alta concentración del esfuerzo en el área sur (31,5° y 34,5° LS) y una en el área norte (latitudes 29° y 30°S). De acuerdo a los antecedentes reportados por Montenegro y Quiroz (2007), en la zona sur se habría sometido al recurso a altas tasas de explotación, lo que habría disminuido sustantivamente los niveles poblacionales llevando a la autoridad normativa a decretar el cierre de la pesquería entre la V y VIII Región a contar del año 2001. Por lo tanto, entre los años 2002 y 2006 el esfuerzo de pesca se concentró en el área norte y al sur de la IV Región (correspondiente al área sur en este estudio). Entre el 2007 y 2009, se observó nuevamente un aumento del esfuerzo de pesca en los 33,5°, mientras que éste disminuye en el área norte. Los últimos tres años, el esfuerzo de pesca se concentra en el área sur y disminuido respecto del período anterior.

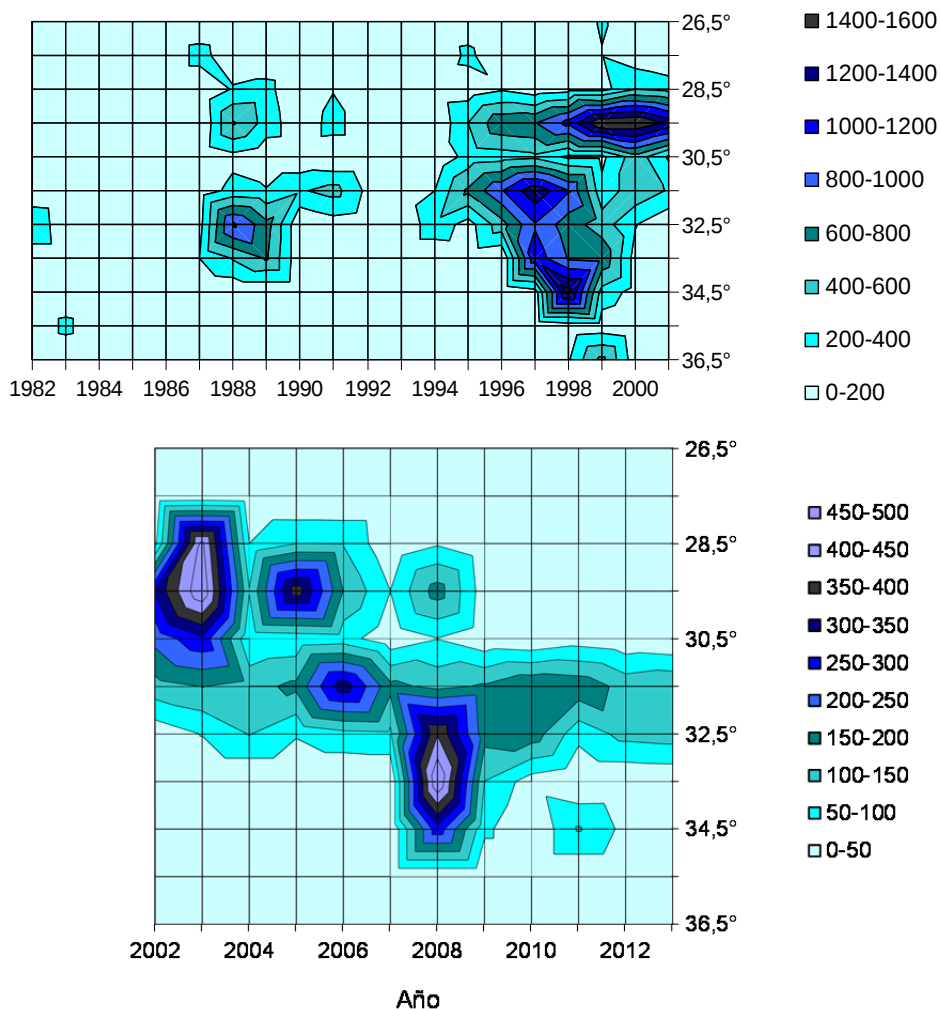


Figura 3. Distribución espacio temporal del esfuerzo de pesca (número de lances), pesquería de langostino amarillo; arriba: período 1982-2001, abajo: período 2002 -2013. Fuente: Bitácoras IFOP.

La distribución espacio-temporal de los rendimientos de pesca revela variaciones en las tasas medias de captura. En efecto, a mediados de los noventa se reportaron altos rendimientos en el norte (27,5° LS) y en el área sur (34,5° y 35,5° LS). A partir del año 2002, se observó la presencia de dos sectores de medianos niveles de rendimiento delimitados por la latitud 31,5° L.S. (**Figura 4**). Desde el año 2007, se observó un leve incremento de los rendimientos en torno a los 28,5° L.S., y una mayor extensión de rendimientos medios en los focos de distribución. En los últimos tres años, el rendimiento aumentó hacia el sur, con valores mayores al sur de la IV y en la V Regiones.

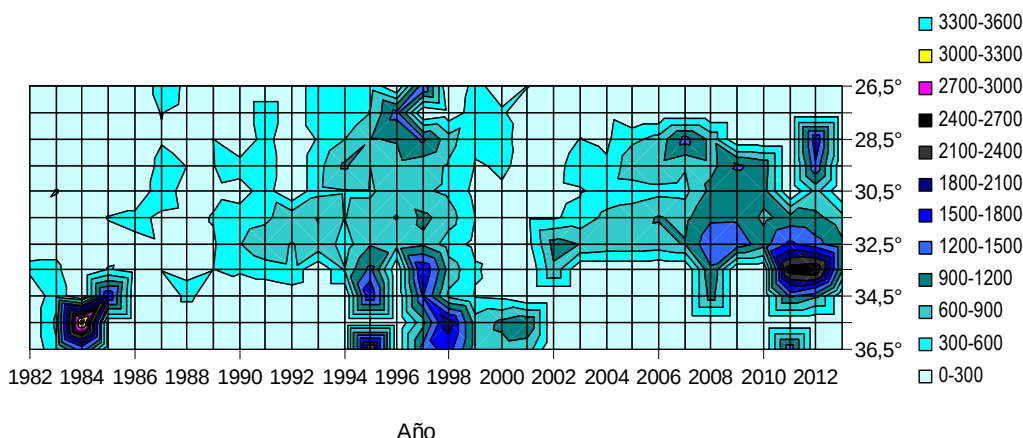


Figura 4. Distribución espacio-temporal del rendimiento de pesca (kg/h.a.), pesquería de langostino amarillo, período 1982-2013. Fuente: Bitácoras IFOP.

Los rendimientos de pesca en el área norte han experimentado tres períodos claros en el desarrollo histórico de langostino amarillo, un período entre 1993 y 1998 donde los rendimientos se mantuvieron alrededor de los 635 kg/h.a. asociado a un esfuerzo de pesca de 2.7 mil horas de arrastre en promedio. Luego, el esfuerzo de pesca aumentó hasta un máximo de 13.2 mil horas de arrastre, mientras que los rendimientos disminuyen drásticamente hasta alcanzar el mínimo de la serie en el año 2002 con 198 kg/h.a. A partir del año 2001, el esfuerzo de pesca cayó sostenidamente hasta las 0.7 mil horas de arrastre promedio anual en el año 2011, permitiendo una recuperación sistemática del rendimiento de pesca. Durante el 2012 el esfuerzo de pesca aumentó levemente (0.9 mil h.a.), mientras que el rendimiento disminuyó levemente a 1338 kg/h.a. (**Figura 5**). Para el año 2013, no se cuenta con información del rendimiento de pesca en esta área.

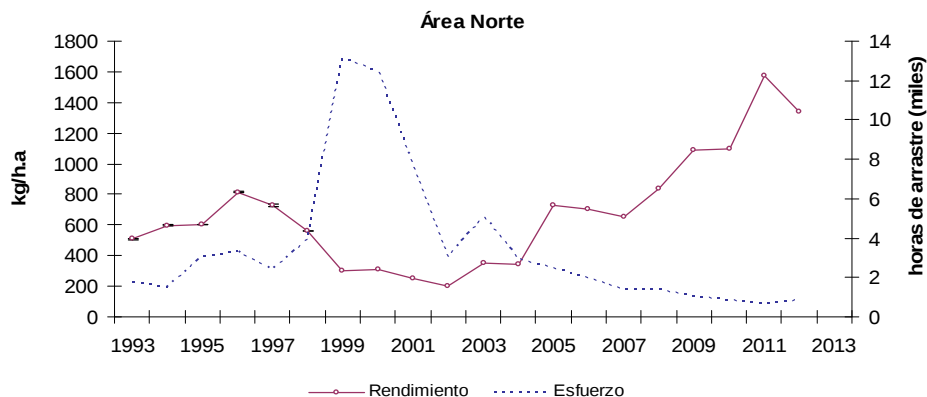


Figura 5. Rendimiento (estimador de razón en kg/h.a.) y esfuerzo (miles de horas de arrastre) de pesca estimado. Área norte. Período 1993-2013.

La serie histórica de los rendimientos de pesca en el área sur, muestra una drástica disminución en el año 1998 dado un incremento importante en el esfuerzo de pesca. En los años siguientes, el esfuerzo disminuyó pero los rendimientos continuaron disminuyendo hasta el año 2001, lo que llevó a establecer una veda extractiva por 5 años. Posterior a la veda, en los años 2008 y 2009, se observaron altos rendimientos, superiores a 1000 kg/h.a, con esfuerzos estimados en torno a las 3.6 mil horas de arrastre. Para el año 2012, el rendimiento estimado fue de 1117 kg/h.a. para un esfuerzo superior a las 2 mil horas de arrastre (**Figura 6**), mientras que para el 2013 se observó una disminución del rendimiento (800 kg/h.a) respecto del año anterior.

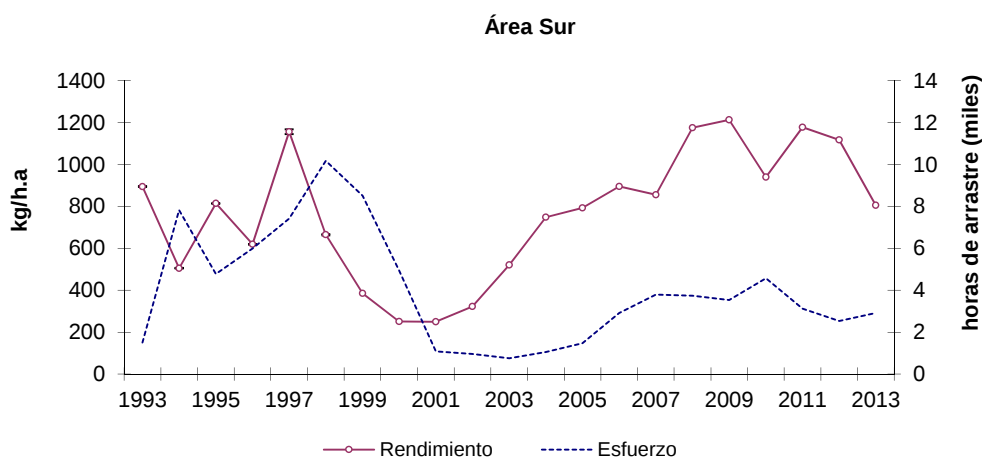


Figura 6. Rendimiento (estimador de razón en kg/h.a.) y esfuerzo (miles de horas de arrastre) de pesca estimado. Área Sur, período 1993-2013. La información de los años 2001-2005 corresponde al sur de la IV Región.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

3.1 Objetivo Específico 1

3.1.1 Área de estudio

Consecuentemente con las evaluaciones realizadas en los últimos 9 años, se ajustan dos modelos de evaluación de stock: el primero para el **área norte** comprendido entre la III Región y parte de la IV Región ($26^{\circ}03' - 30^{\circ}30'$ L.S) y el segundo para el **área sur**, 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 2013, fue revisada y analizada teniendo en consideración dichas áreas de distribución.

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 del modelo, se mantendrá la actual estructura espacial por área norte y sur. Lo anterior, ha sido discutido y también consensuado en el seno del Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD, Acta - 02/2013).

3.1.2 Fuentes de Información

La evaluación de stock de langostino amarillo se realiza a partir de 4 fuentes de información: (i) El monitoreo de la pesquería, (ii) La evaluación directa de langostinos, (iii) 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, (iv) Otras fuentes de información, como las estadísticas oficiales de desembarques y control cuota, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca.

La información biológica pesquera (i) se obtiene a partir del Programa de Seguimiento de las Pesquerías de Crustáceos Demersales, el cual forma parte del Convenio de Asesoría Integral para la pesca y Acuicultura, encargado a IFOP desde el año 2010. Anteriormente, los datos fueron recopilados en el marco de los proyectos Investigación Situación pesquería de Crustáceos (SUBPESCA) y del proyecto Diagnóstico de la Principales Pesquerías Nacionales Demersales (Crustáceos) Zona Central (CORFO). El sistema de monitoreo de la pesquería suministra a la evaluación de stock indirecta estimaciones de estructuras de tallas de la captura, pesos medios a la talla, proporción sexual, rendimiento y esfuerzo de pesca. El detalle de los diseños de muestreo, tamaños muestrales, estimadores y sus varianzas se encuentran detallados en Zilleruelo *et al* (2014).

La evaluación directa (ii) se realiza a través de proyectos licitados anualmente por el Fondo de Investigación Pesquera (FIP). Estos permiten obtener estimaciones de biomasa vulnerable del langostino amarillo, la que es utilizada como un indicador auxiliar en el modelo. Además, en la presente evaluación se incorporan la composición de tallas provenientes de los cruceros y disponibles para el área de estudio entre los años 1999 y 2012. La incorporación de la estructura de tallas es parte de los compromisos adquiridos dentro del PMCCAC.

3.1.3 Modelo de la dinámica del langostino amarillo

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

3.1.3.1 Modelo de los procesos

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:

$$N_{t+1,a,s} = \begin{cases} R_{t+1,s} & a = 1 \\ N_{t,a-1,s} e^{-(F_{t,a-1,s} + M)} & 1 < a < A-1 \\ N_{t,a-1,s} e^{-(F_{t,a-1,s} + M)} / (1 - e^{-(F_{t,a,s} + M)}) & a = A \end{cases} \quad (1)$$

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 proyectó en el período de

modelación, comenzando por la estructura de edad en número a inicios del primer año de modelación (1985), la cual se estima con 2a 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 estimaron los reclutas de la forma:

$$R_{t,s} = \bar{R} \exp(\eta_t) \xi \quad (2)$$

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

Por su parte, la biomasa desovante se estimó de la forma:

$$BD_t = \sum_a N_{t,a,s} e^{-\Delta^t Z_{a,t}} \bar{w}_{a,t} O_a \quad (3)$$

Donde Δ^t 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. De esta forma la mortalidad por pesca para la edad a año t y sexo s está dada por:

$$F_{t,a,s} = F_t S_{a,s}^f \quad (4)$$

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, la cual se estimó a partir de un modelo logístico re-parametrizado al 50% y 95% de reclutamiento a la pesquería, de la forma:

$$S_{a,s}^f = \left(1 + e^{(-\ln(19) \frac{a - a_{50,s}}{d_{95-50,s}})} \right)^{-1} \quad (5)$$

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 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). Para esto, se utilizó una clave talla-edad modelo-basada, donde la desviación estándar de la longitud a la edad (σ_a) se supone proporcional a la talla media ($\bar{l}_a$) a través del coeficiente de variación edad-invariante, de la forma:

$$\sigma_{a,s} = cv_s \bar{l}_{a,s} \quad (6)$$

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

$$\bar{l}_{a,s} = L_{\infty,s} (1 - e^{-k_s}) + e^{-k_s} \bar{l}_{a-1,s} \quad (7)$$

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.

$$p(l|a,s) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_{a,s}^2}} e^{-\frac{(l-\bar{l}_{a,s})^2}{2\sigma_{a,s}^2}} \quad (8)$$

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.

3.1.3.2 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 biomásas medias

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

$$\bar{N}_{t,a} = \sum_{s=1}^2 N_{t,a,s} \frac{1 - e^{-Z_{t,a,s}}}{Z_{t,a,s}} \quad (9)$$

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

$$\bar{NV}_{t,a} = \sum_{s=1}^2 \bar{N}_{t,a,s} S_{a,s}^f \quad (10)$$

Para obtener la biomasa media vulnerable, primero se estimó 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:

$$\bar{NV}_{t,l,s} = \bar{NV}_{t,a,s} p(l|a,s) \quad (11)$$

$$\bar{BV}_t = \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L \bar{NV}_{t,l,s} \bar{w}_{l,s} \quad (12)$$

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

$$\bar{NV}_{c,t,a,s} = \bar{N}_{t,a,s} S_{a,s}^c \quad (13)$$

Donde NV_c es la abundancia media vulnerable a los cruceros de evaluación directa y $S_{a,s}^c$ es su selectividad.

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

$$\bar{NV}_{c,t,l,s} = \bar{NV}_{c,t,a,s} p(l|a,s) \quad (14)$$

$$\bar{BV}_{c,t} = q_c \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L \bar{NV}_{c,t,l,s} \bar{w}_{l,s} \quad (15)$$

Donde q_c corresponde al coeficiente de capturabilidad de los cruceros de evaluación directa y se estimó de la forma:

$$q_c = \exp \left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(\bar{BV}_{c,t}) - \ln(\hat{B}_t) \right] \quad (16)$$

b) Captura (número) y desembarque (peso)

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

$$Y_{t,a,s} = \frac{F_{t,a,s}}{Z_{t,a,s}} (1 - e^{-Z_{t,a,s}}) N_{t,a,s} \quad (17)$$

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

$$Y_{t,l,s} = Y_{t,a,s} p(l|a, s) \quad (18)$$

$$Y_t = \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L Y_{t,l,s} \bar{w}_{l,s} \quad (19)$$

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

$$p_{t,l,s} = \frac{Y_{t,l,s}}{\sum_{l=1}^L Y_{t,l,s}} \quad (20)$$

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

$$p_{t,l,s} = \frac{Y_{t,l,s}}{\sum_{l=1}^L Y_{t,l,s}} \quad (20)$$

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

$$I_t = q_f \bar{B}V_t \quad (21)$$

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):

$$q_f = e^{\left(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(I_t) - \ln(\bar{B}V_t)\right)} \quad (22)$$

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 estimó de la forma:

$$\tilde{p}_t^m = \frac{\sum_{a=1}^A NV_{t,a,1}}{\sum_{a=1}^A NV_{t,a,1} + \sum_{a=1}^A NV_{t,a,2}} \quad (23)$$

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 .

4.1.3.3 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 utilizaron las siguientes funciones de verosimilitud ($\ln$):

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

$$-\ln(L(x/\theta))_1 = -\sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L n p_{t,l,s} \ln(\hat{p}_{t,l,s}) \quad (24)$$

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.

ii) Distribución lognormal de los desembarques (omitiendo constantes, asumiendo σ_Y conocido)

$$-\ln(L(x/\theta))_2 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(Y_t) - \ln(\hat{Y}_t))^2}{2\sigma_Y^2} \quad (25)$$

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).

iii) Distribución lognormal de la CPUE (omitiendo constantes, asumiendo σ_c conocido).

$$-\ln(L(x/\theta))_3 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(I_t) - \ln(q_f \bar{B} V_t))^2}{2\sigma_c^2} \quad (26)$$

iv) Distribución lognormal de las biomazas reportadas en los cruceros de evaluación (omitiendo constantes, asumiendo σ_B conocido).

$$-\ln(L(x/\theta))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T (\ln(Bc_t) - \ln(q_c \bar{B} Vc_t))^2}{2\sigma_B^2} \quad (27)$$

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

$$-\ln(L(x/\theta))_5 = \frac{\sum_{t=1}^T (p_t^m - \tilde{p}_t^m)^2}{2 \tilde{p}_t^m (1 - \tilde{p}_t^m) / n} \quad (28)$$

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

$$-\ln(L(\eta_t / \sigma_R^2))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T \eta_t^2}{2\sigma_R^2} \quad (29)$$

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

$$-\ln(L(\varepsilon_{t,s} / \sigma_{0,s}^2))_4 = \frac{\sum_{t=1}^T \varepsilon_{t,s}^2}{2\sigma_{0,s}^2} \quad (30)$$

3.1.3.4 Coeficientes de variación en la verosimilitud total

Los coeficientes de variación (cv) asignados a los indicadores del stock dan cuenta del nivel de desviación de los datos respecto del valor central verdadero como parte del error de observación. El cv es inversamente proporcional al peso que tiene una determinada fuente de datos en la verosimilitud total y es por ello su importancia

Los valores de coeficiente de variación (cv) y los tamaños de muestra efectivos para la estructura de tallas de la captura y evaluaciones directas usadas en las funciones de verosimilitud se resumen en el siguiente cuadro

	área norte	área sur
		cv
Desembarque	0.1	0.1
CPUE	0.15	0.2
Biomasa cruceros	0.2	0.3
	nm	nm
Tamaño de muestra composición de tallas flota	50	25
Tamaño de muestra composición de tallas cruceros	25	25

3.1.3.5 Estimación de parámetros

La estimación de los parámetros de los modelos, se realizó utilizando un acercamiento Bayesiano, el cual ha sido utilizado en evaluaciones de stock de recursos pesqueros (Hilborn *et al.*, 1994; McAllister *et al.*, 1994; McAllister y Ianelli, 1997; Punt y Kennedy, 1997; McAllister & Kirkwood, 1998). La estimación se realiza en 2 etapas: (1) primero se estima el máximo de la distribución a *posteriori* (MAP) a través de:

$$\hat{\theta} = \arg \max_{\theta} p(\theta|x) = \arg \max_{\theta} p(\theta)l(x|\theta) \quad (29)$$

Donde θ es un vector de parámetros p -dimensional, $p(\theta|x)$ es la probabilidad a *posteriori*, $p(\theta)$ es la distribución a *priori* conjunta para los p parámetros y $l(x|\theta)$ son las funciones de verosimilitud de los datos. Esto es equivalente a minimizar la siguiente expresión:

$$-\ln p(\theta/x) \propto \sum_{d=1}^D \ln(L(x/\theta))_d + \sum_{p=1}^P \ln(p(\theta_p)) \quad (30)$$

donde $p(\theta/x)$ es la distribución de probabilidad conjunta a *posteriori* de los parámetros, dados los datos $p(\theta_p)$ es la distribución a *priori* del p-ésimo parámetro, y $\ln(L(x/\theta))_d$ son las funciones de log-verosimilitud de las piezas de información (probabilidad conjunta de los datos, dados los parámetros).

La segunda etapa consiste en la estimación de la distribución a *posteriori* conjunta de los parámetros. Utilizando la aproximación de Laplace con una función de salto normal multivariada con media y matriz de varianza-covarianza estimadas en la etapa anterior (MAP). Para mayores detalles de estos algoritmos ver Ntzoufras (2009) y Gamerman y Lopes (2006);

El modelo de la dinámica poblacional para el año 2015 fue programado en la plataforma AD Model Builder (Fournier *et al.*, 2012).

3.2 Objetivo Específico 2

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) es necesario revisar los puntos biológicos de referencia (PBR) y marco biológico que será empleado. 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 comúnmente se ha seguido la estrategia de definir niveles o “tiers” de calidad de datos e información que permiten el procedimiento de cálculo de los PBR. En este sentido, IFOP desarrolla en forma paralela un proyecto orientado a la definición de los procedimientos de cálculo de los PBR y de un marco de referencia especie específicos (<https://sites.google.com/site/brpforchileanfisheries/home>).

En el segundo taller, se exploró utilizar el equilibrio $F_{45\%}$ de un análisis de biomasa desovante por recluta (BDPR) como objetivo 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. Dado lo anterior, el Método 4 descrito en el reporte del primer taller de PBR del IFOP (Paya *et al.*, 2014) puede utilizar $F_{45\%}$ como un objetivo que no necesita estimación de h .

3.2.1 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 y pesos medios 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 y la experiencia (Clark, 1993; Mace y Sissenwine, 1993). Cabe señalar que la biomasa desovante se calcula al 1° de agosto y considera el efecto edad específico de la mortalidad y madurez sexual.

El m3todo se describe como:

$$\begin{aligned}
 N_a &= 1.0 & a &= 0 \\
 N_a &= N_{a-1} \exp(-M - s_{a-1}F) & 0 < a < a_{plus} \\
 N_a &= \frac{N_{a-1} \exp(-M - s_{a-1}F)}{(1 - \exp(-M - s_a F))} & a_{plus} \\
 N_{a,\Delta t} &= N_a \exp(-(M \Delta t_{BD}) - (s_{a-1} F \Delta t_{BD})) & a \Delta t
 \end{aligned} \tag{31}$$

Donde N_a es el n3mero de individuos a la edad a , M es la mortalidad natural, S_a es la selectividad edad espec3fica, F es la mortalidad por pesca, a_{plus} es el grupo plus, Δt_{BD} es el per3odo del a3o despu3s del cual comienza el desove. La biomasa desovante por recluta puede ser estimada usando el n3mero predicho a la edad combinado con el peso a la edad y la madurez a la edad:

$$BDPR_F = \sum_{a=0}^{a_{plus}} N_a w_a m_a \tag{32}$$

Donde $BDPR_F$ es la biomasa por recluta a la tasa de mortalidad por pesca F (si $F=0$, es $BDPR_0$); el objetivo $BDPR_{0.45}$ es simplemente $0.45 \times BDPR_0$. La $F_{45\%}$ se obtiene resolviendo la ecuaci3n:

$$BDPR_F - BDPR_{0.45} \sim 0.0 \tag{33}$$

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

$$\hat{C}_a = \frac{s_a F}{M + s_a F} N_a (1 - e^{-(M + s_a F)}) \tag{34}$$

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.

3.2.2. Marco de Referencia

Desde los resultados de la evaluaci3n 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 o Diagrama de Kobe, en el cual se define el estatus del recurso. Este diagrama se construye a partir de la raz3n entre el nivel de reducci3n del potencial reproductivo (RPR) 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})

La estimación de la reducción del potencial reproductivo (RPR) puede expresarse de la siguiente forma:

$$RPR_t = \frac{\sum_{a=1}^A \phi_a N_{\Delta t, a, h} \bar{w}_{a, h}}{\sum_{a=1}^A \phi_a \tilde{N}_{\Delta t, a, h} \bar{w}_{a, h}} \quad (35)$$

Donde ϕ_a es la proporción de hembras maduras a la edad, $\bar{w}_{a, h}$ es el peso medio a la edad de hembras, $N_{\Delta t, a, h}$ es la abundancia estimada de hembras previo al desove en el año t y edad a , siguiendo la ecuación (1) y $\tilde{N}_{\Delta t, a, h}$ es la abundancia estimada de hembras sin mortalidad por pesca, es decir:

$$\tilde{N}_{t+1, a, h} = \begin{cases} R_{t+1, s} \xi & a = 1 \\ N_{\Delta t, a-1, h} e^{-M} & 1 < a < A \\ N_{\Delta t, a-1, h} e^{-M} + N_{\Delta t, a, h} e^{-M} & a = A \end{cases} \quad (36)$$

En el diagrama de Kobe se identifican las áreas que definen la condición del recurso bajo los siguientes criterios:

- i) plenamente explotado, ocurre cuando recurso se encuentra en o en torno al RMS (o proxy) en términos de la biomasa desovante, es decir, la razón $BD/BD_{RMS} \sim 1$.
- ii) sobre-explotado, ocurre cuando el recurso se encuentra por debajo del RMS, es decir, la $BD/BD_{RMS} < 1$.
- iii) sub-explotado, ocurre cuando la razón BD/BD_{RMS} es mayor a 1 ($BD/BD_{RMS} > 1$). Dado el amplio rango que implica este concepto y para evitar la superposición con la plena explotación, en reunión del CCT-CD se acordó definir como límite de subexplotación un nivel de reducción de la biomasa desovante actual del 80% respecto de la biomasa desovante objetivo (CCT-CD, Acta – 02/2013).
- iv) Sobrepesca, ocurre cuando el nivel de mortalidad por pesca aplicado sobre el stock es superior al F_{RMS} ($F/F_{RMS} > 1$).

3.3 Objetivo Específico 3

Con objeto de proporcionar los antecedentes técnicos para evaluar y estimar posibles valores de CBA, se realizó una proyección del recurso a 10 años. Para el período de proyección, la ecuación que gobierna la dinámica de la población es la misma que la utilizada en el período de modelamiento del stock. Los reclutamientos fueron estimados a partir de un valor medio obtenido para todo el período de ajuste del modelo (fijos). Además, se realizará una proyección bajo un escenario alternativo de reclutamientos bajos, el que será presentado en el último informe.

Las estrategias evaluadas corresponden a tasas de mortalidad por pesca constata y consistentes con los puntos biológicos de referencia para el recurso y por área de modelación, para las cuales se presentaron las capturas asociadas y los percentiles de riesgo de exceder dichas tasas (10% y 50%).

Se realizó 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 obtendrá a partir del crucero de investigación directa del año 2014. Un ejemplo de este enfoque se puede encontrar en McAllister y Kirkwood (1998).

3.4 Objetivo Específico 4

A partir de los resultados de la proyección del recurso presentadas en el objetivo anterior y para un período de 10 años, se analizan las posibilidades de explotación del langostino amarillo para las áreas norte y sur respectivamente, considerando las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, así como las estrategias de explotación y/o reglas de decisión adoptadas en los Planes de Manejo y/o Recuperación de las pesquerías, según corresponda.

Para esos fines, se evalúa el desempeño y la viabilidad de las tácticas propuestas mediante técnicas de proyección estocásticas, considerando la incertidumbre del conocimiento del estatus del recurso, y los principales factores conductores de su dinámica.

3.5 Objetivo Específico 5

Conforme al Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) elaborado por recurso y/o pesquería se informan 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 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.

Para el desarrollo de este objetivo se consideró tanto el diagnóstico de la cantidad y calidad de la información presentados en los resultados del primer objetivo, así como también una breve revisión de las necesidades en el modelo de evaluación de stock basados tanto en la experiencia del equipo de crustáceos de IFOP y la revisión de reportes de talleres de trabajo de otras instituciones extranjeras similares. Lo anterior permitirá definir una serie de recomendaciones de actividades en el corto y mediano plazo de acuerdo con las directrices que serán establecidas en futuros proyectos de investigación.

4. RESULTADOS

4.1 Objetivo específico N°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.

4.1.1 Datos e información usados en la evaluación de stock

4.1.1.1 Desembarques

Proviene de las estadísticas oficiales de control cuota, sistematizadas por el Servicio Nacional de Pesca y son proporcionadas al IFOP por medio de la SUBPESCA.

Las capturas realizadas en el área norte, durante los primeros años de la serie analizada, no superan las 500 t. Entre 1985 y 1999, fueron fluctuantes, pero a partir de 1995 presentaron una tendencia creciente, alcanzando un máximo cercano a las 4 mil t en el año 1999 y permitiendo por primera vez, que ésta área fuera proporcionalmente más importante en términos de desembarque que el área sur. A partir del año 2000, las capturas del área norte comenzaron a disminuir, manteniéndose durante los últimos 6 años en torno a las 1000 t promedio. Durante el año 2013, en el área norte se capturaron sólo 607 t, equivalentes a un 21% del desembarque total de esta especie (**Figura 7**).

Por su parte, las capturas realizadas en el área sur de la pesquería representaron en promedio sobre el 70% del desembarque total del recurso en la década de los 80 y 90. A partir del año 1999, comienza una importante disminución en los niveles de desembarques provenientes de esta área. En el año 2001, debido a la moratoria extractiva establecida sobre la pesquería de langostino amarillo entre la V y VIII Región, los desembarques del área sur presentados en la **Figura 7**, corresponden a aquellas capturas realizadas al sur de la IV Región. Entre los años 2006 y 2007 se autorizaron pescas de investigación con asignación de cuotas en la V y VI Región, lo que permitió nuevamente la captura en el área sur. En el período 2008-2011, se fijaron cuotas de captura en 2600 t, lo que se ha visto reflejado en el aumento de los desembarques. En el año 2013, se desembarcaron 2350 t equivalentes al 79% del total de la captura de langostino amarillo.

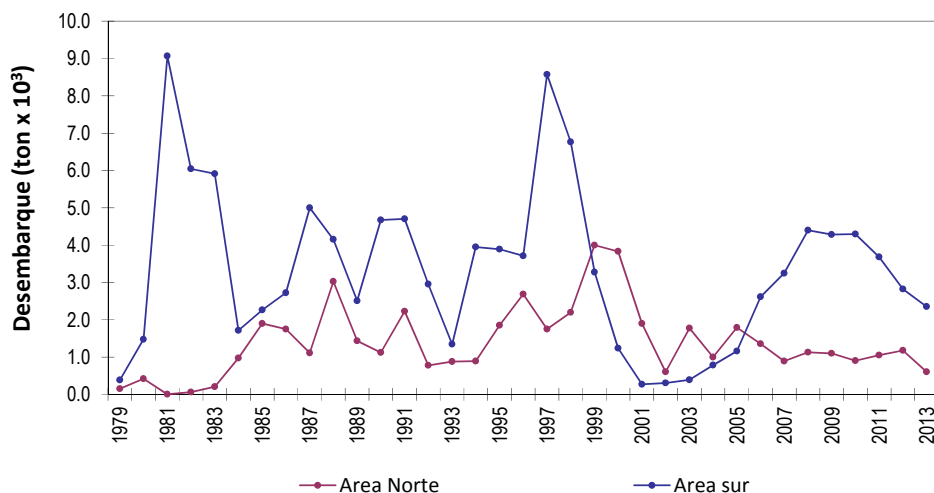


Figura 7. Desembarque de langostino amarillo por área de captura, período 1979 - 2013.

4.1.1.2 Monitoreo de la Pesquería

El programa de monitoreo permite obtener los siguientes indicadores:

a) Análisis de las tasas de captura (CPUE)

Corresponde a la captura por unidad de esfuerzo estandarizada en toneladas por hora de arrastre (t/h.a.). La información proviene de las bitácoras de pesca de armadores y bitácora de viajes de pesca con observador científico de IFOP. Se utiliza un enfoque de estimación modelo-basado, a partir de una muestra no aleatoria de los viajes y lances de pesca. La información pesquera se inicia en el año 1983 para el área norte y 1982 para el área sur y muestra importantes variaciones del número de lances para el período de estudio (**Figura 8**).

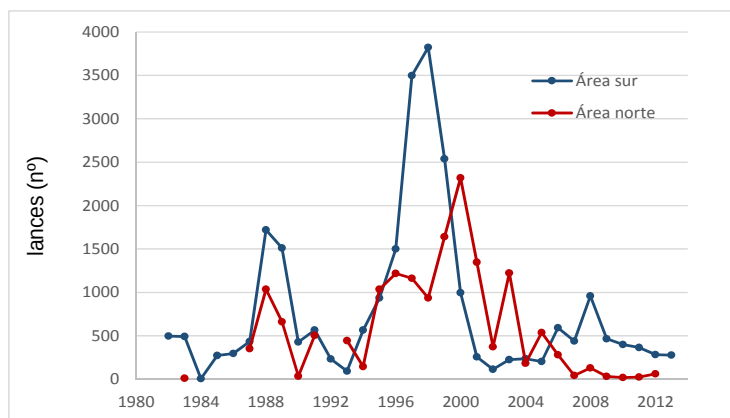


Figura 8. Tamaño de muestra (nº de lances), pesquería del langostino amarillo, período 1982 – 2013.

Para la estandarización de la CPUE, se utilizó un modelo lineal con errores multiplicativos lognormales, utilizando la metodología descrita por Maunder y Punt (2004), la cual consiste en el modelamiento de las tasas de captura en función de un conjunto de variables predictoras, entre éstas el año, mes, categoría de latitud de pesca y barco. La componente aleatoria del modelo es incorporada definiendo una distribución de probabilidad para la variable. Para estos efectos, se utilizó el supuesto de distribución normal, considerando la asimetría positiva que presentan los rendimientos de pesca.

En el área norte, este indicador de abundancia relativa muestra una disminución en los años 1990 y 1999, así como una recuperación importante desde el 2005 a la fecha. No obstante se debe tener en cuenta que durante los últimos 4 años analizados la incertidumbre es mayor. Para el año 2013 no se cuenta con información para esta área (**Figura 9**).

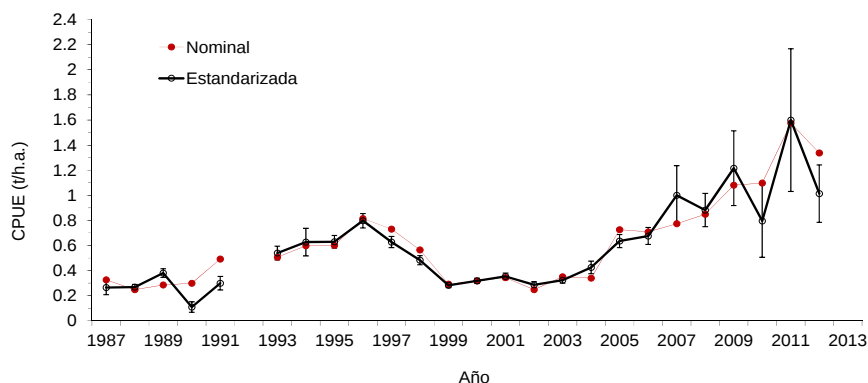


Figura 9. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) nominal y estandarizada para el langostino amarillo, área norte, período 1987 - 2013.

En la **Figura 10** se presenta la cpue estandarizada para el área sur. Este indicador muestra a fines de los años 80 y finales de los '90 e inicios del 2000, fuertes disminuciones que explicarían la disminución de la abundancia en dicho período. Se debe recordar que entre 2001 y 2005, la información utilizada proviene del sur de la IV Región dada la moratoria extractiva sobre la unidad de pesquería sur. Luego de la restricción de pesca, el índice de abundancia relativo se recupera sostenidamente hasta el año 2008, para luego comenzar una tendencia decreciente, especialmente en el último año.

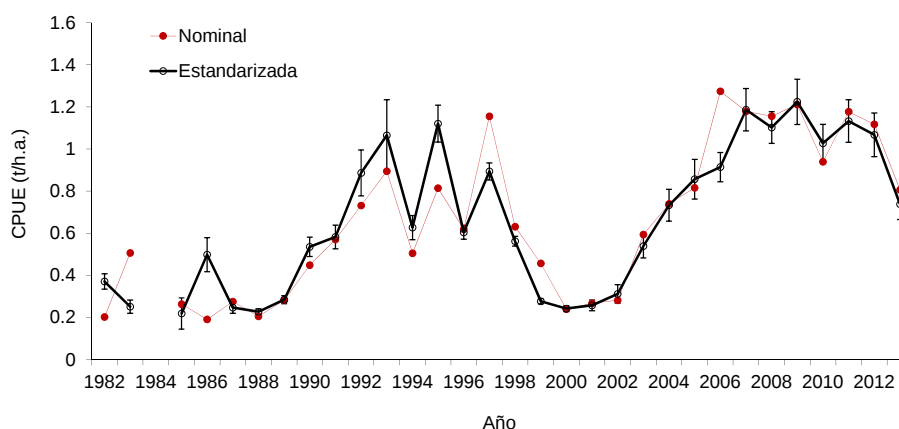


Figura 10. Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) nominal y estandarizada para el langostino amarillo, área sur, período 1982 - 2013

b) Estructuras de tamaños de la captura

Corresponde a la proporción en número de ejemplares por rango de tallas capturados por la flota comercial. En las primeras décadas, 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, con un diseño de muestreo tri-etápico, el cual considera un primer nivel de conglomerado, los viajes de pesca, luego los lances de pesca y finalmente los ejemplares capturados. Los tamaños mínimos de muestra fueron determinados en un estudio de simulación, los cuales corresponden a 8 viajes mensuales, realizando muestreos dentro de cada viaje en forma sistemática (lance por medio) y muestreando 175 ejemplares por lance (Montenegro, 2009). Las composiciones de tallas anuales ingresan al modelo de evaluación como valor relativo o proporción de ejemplares a la talla y para cada sexo.

El número de ejemplares muestreados por año, área y sexo se presentan en la **Tabla 1**.

Tabla 1
Ejemplares muestreados (nº) de langostino amarillo (Fuente: Base de datos IFOP)

Año	Área Norte		Area Sur	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
1981	-	-	2556	1850
1985	914	440	-	-
1986	6091	3514	266	180
1993	3463	3384	-	-
1994	6836	7326	-	-
1995	10342	8520	-	-
1996	7390	6640	8840	3657
1997	3006	1557	9720	7744
1998	584	410	4489	3259
1999	2573	1827	6574	3241
2000	9240	4362	-	-
2001	3320	2843	-	-
2002	3253	2677	-	-
2003	17641	16000	-	-
2004	754	623	-	-
2005	12691	12316	-	-
2006	8841	5614	3666	3607
2007	424	178	10381	8899
2008	3738	2278	22072	14601
2009	909	510	14185	9458
2010	759	556	12388	14545
2011	625	841	14857	11314
2012	4136	1528	10930	7660
2013	0	0	9291	5892

Se presenta la composición de frecuencias de tallas de langostino amarillo provenientes de las capturas. En general se destaca que los machos presentan invariablemente una talla media mayor que las hembras en toda el área de distribución de la pesquería y además, las capturas en el área sur presentan ejemplares de mayor tamaño (**Figura 11** a la **Figura 13**).

En el área norte 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 longitud cefalotorácica (LC), respectivamente. Para el año 2013 no se contó con muestreo de longitud para esta área dado que la operación de las naves industriales, las cuales cuentan con observador a bordo, estuvo centrada al sur de la IV Región (área sur).

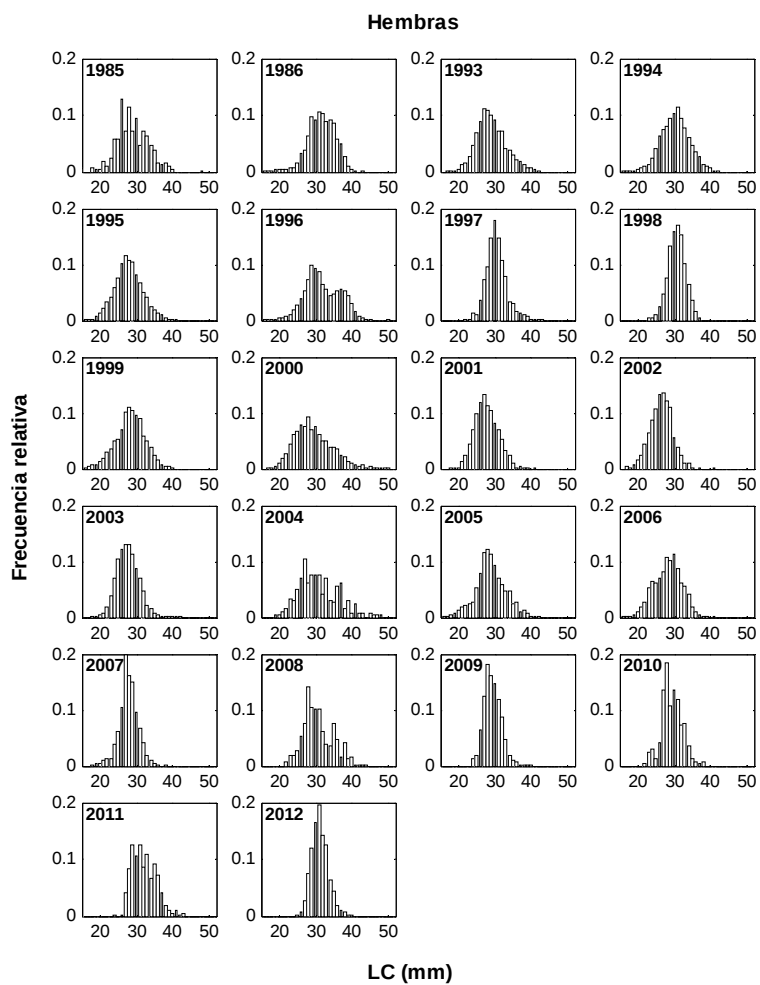


Figura 11. Distribución de frecuencia de tallas en las capturas de las hembras de langostino amarillo. Área norte.

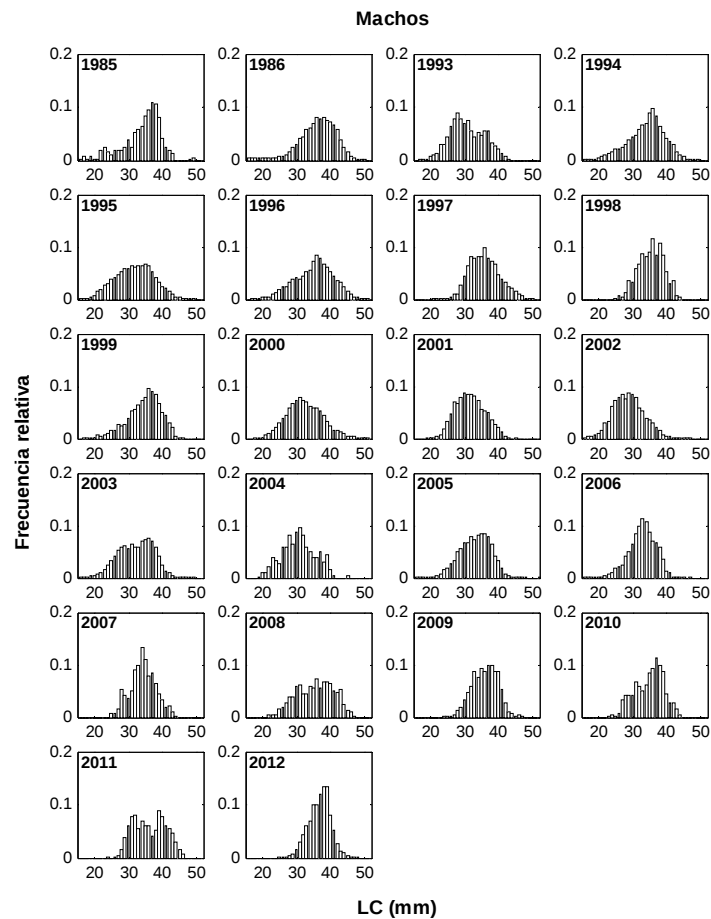


Figura 12. Distribución de frecuencia de tallas en las capturas de los machos de langostino amarillo. Área norte.

En el área sur, la estructura de tallas también presenta variabilidad interanual especialmente en los primeros años de la serie analizada y en los machos. Posteriormente a la moratoria extractiva en ésta área, 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 2013 disminuye levemente a 33 mm de LC. Por su parte, en los machos la talla media del año 2013 alcanzó los 39 mm de LC (**Figura 13**).

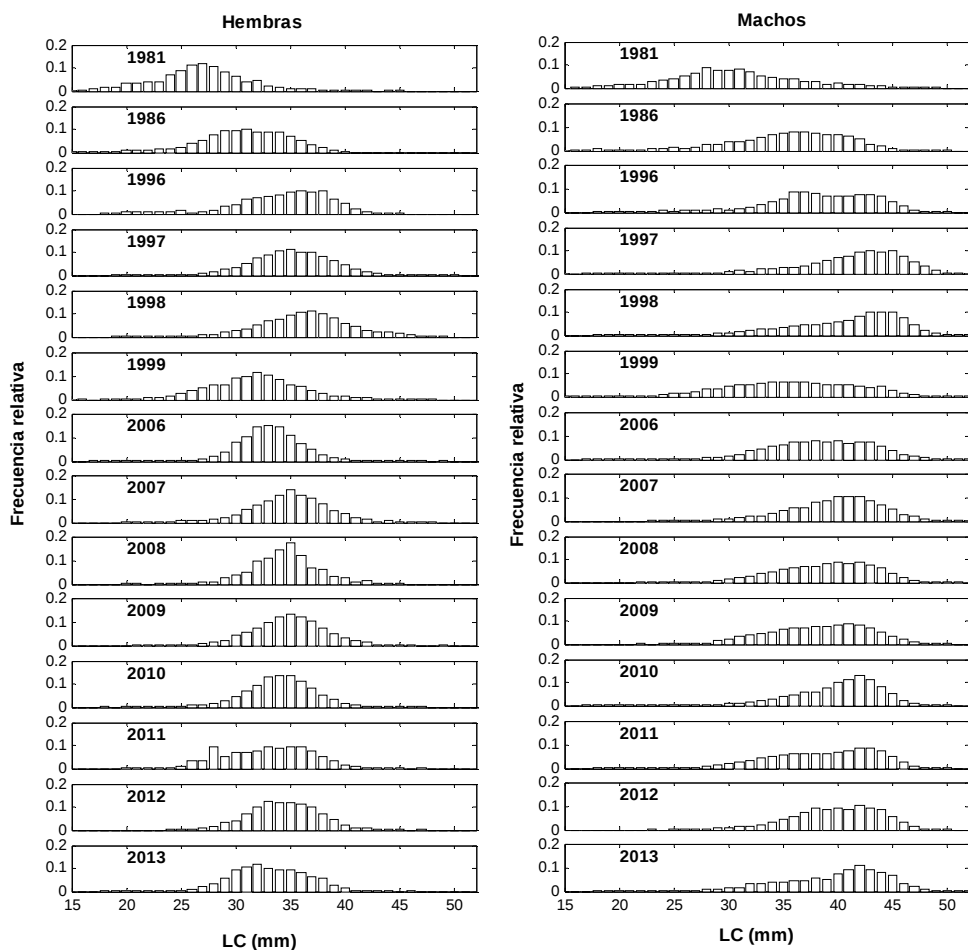


Figura 13. Distribución de frecuencia de tallas de hembras y machos en las capturas de langostino amarillo, período 1981-2013. Área sur.

c) Proporción sexual (anual, por área)

Corresponde a la proporción en número de ejemplares por sexo en la captura por área de pesca. Se considera la proporción observada a partir del monitoreo de la pesquería realizado por el programa de levantamiento de datos de IFOP. El diseño de muestreo para estimar la proporción sexual corresponde a un muestreo estratificado aleatorio tri-etápico, donde las unidades de primera etapa representan los viajes, las de segunda a los lances de pesca y la tercera etapa a los ejemplares. El dominio de estudio representa al área de pesca y el mes. En los años en que no se cuenta con la suficiente información se utiliza un supuesto de proporción sexual 1:1.

La proporción de hembras en las capturas ha sido históricamente menor que los machos, con excepción de los años 1994-1996 y 2011 en el área norte. En el área sur, 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 2011 (**Figura 14**).

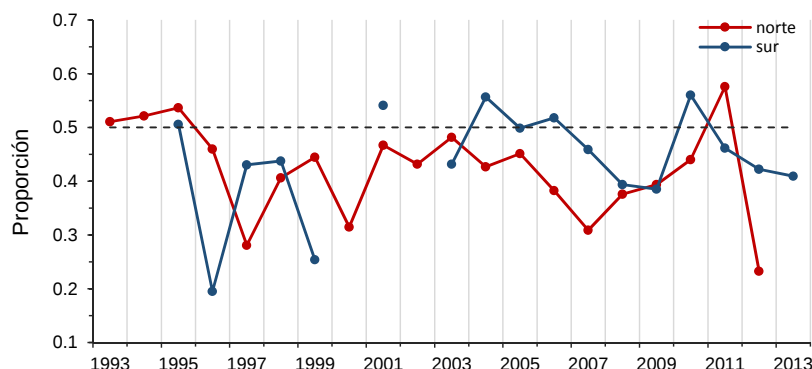


Figura 14. Serie anual de proporción sexual de hembras de langostino amarillo. Área norte y sur. Periodo 1993-2013.

d) Peso medio a la talla (por área y sexo)

Se utiliza un peso medio histórico por sexo y área para toda la serie de años analizado (**Figura 15**). 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. De esta forma se incluyen factores como el sexo y el área de pesca, de forma tal que la inferencia sobre la importancia de éstos sobre los parámetros del modelo, se realiza en el marco de modelos lineales.

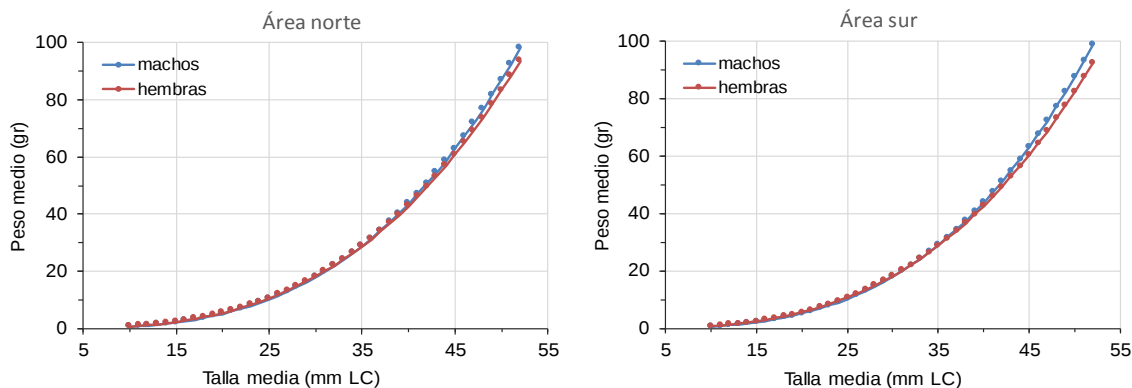


Figura 15. Curva relación longitud – peso para el langostino amarillo, área norte y sur. Promedio histórico.

4.1.1.3 Parámetros de historia de vida

Los parámetros de historia de vida se obtienen 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 crecimiento

La literatura relacionada con las estimaciones de los parámetros de crecimiento realizadas para langostino amarillo por diversos autores es detallada en la **Tabla 2**. 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. El método utilizado en el más reciente de ellos es MULTIFAN, para el análisis de una serie de tiempo de distribuciones de frecuencia de tamaños (Fournier *et al.*, 1990), el cual permite una estimación robusta de los parámetros de crecimiento mediante el método de máxima verosimilitud, así como también, el cálculo de desviaciones estándar y correlaciones de todos los parámetros estimados. Los autores Arancibia *et al.* (2005) estimaron una máxima longitud asintótica (L_{∞}) 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 evaluaciones anteriores debido a que es el trabajo más actualizado 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 consideraría adecuado una revisión de dichos parámetros que incluya un análisis de posibles diferencias espaciales.

Tabla 2
Parámetros de crecimiento estimados para *Cervimunida johni* según diversos autores.

Sexo	L_{∞}	k	t_0	Fuente
Hembras	54.60	0.177		Alegria et al., 1993
Machos	60.70	0.265		
Ambos sexos	46.00	0.315		Wolff y Aroca, 1995
Hembras	51.80	0.194	-0.44	Pavéz et al., 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 et al., 1996
Machos	62.10	0.165	-1.62	
Hembras	49.00	0.154		Acuña et al., 1996
Machos	59.30	0.118		
Hembras	45.60	0.174		Arancibia et al., 2005
Machos	52.80	0.151		

b) Mortalidad Natural

En la **Tabla 3** 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. Por lo tanto, al igual que en evaluaciones anteriores, la presente evaluación considera el trabajo realizado por Acuña *et al.* (1996), quienes estiman un valor de M en $0,3 \text{ año}^{-1}$.

Tabla 3
Mortalidad natural estimada para *Cervimunida johni* por diversas metodologías y autores

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

c) Madurez sexual

En la **Figura 16** 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 o $L_{50\%}$ 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 $L_{50\%} = 32,7 \text{ mm}$. Los parámetros de la función logística fueron estimados en $b_0 = -5.671$ y $b_1 = 0.217$ para los individuos del área norte, y en $b_0 = -13.940$ y $b_1 = 0.427$ para los ejemplares del área sur. No obstante, los parámetros del área 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 zona norte, mientras no se re-estimen los parámetros de madurez con datos actualizados.

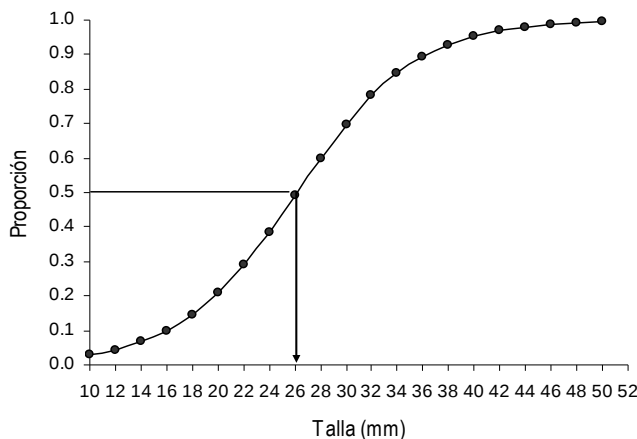


Figura 16. Curva logística de madurez sexual de *Cervimunida johni*, área norte. (Espejo et al., 2001)

4.1.1.3 Cruceros de Evaluación Directa.

La estimación de biomasa por área de barrida es un indicador del nivel de la abundancia de un recurso y constituye una importante fuente de información auxiliar para la evaluación indirecta. A través del tiempo, estos estudios de evaluación directa han sido encargados por el FIP a distintas instituciones (**Tabla 4**), siendo la Universidad Católica del Norte en conjunto con la Universidad de Concepción los encargados de ejecutarlo en los últimos 10 años.

Tabla 4
Proyectos de evaluación directa de langostino amarillo

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

a) Biomosas estimadas por 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. Los niveles de biomasa continúan incrementándose hasta el año 2006, para luego disminuir sostenidamente hasta el año 2012. En la última evaluación disponible la biomasa vulnerable superó las 16 mil toneladas (**Figura 17**).

En el área norte, la biomasa para el año 2013 se estimó en torno a las 9 mil toneladas, en tanto que para el área sur, la biomasa de langostino amarillo se estimó sobre las 7 mil toneladas lo que significó un leve incremento respecto de la evaluación anterior (Acuña *et al.*, 2013).

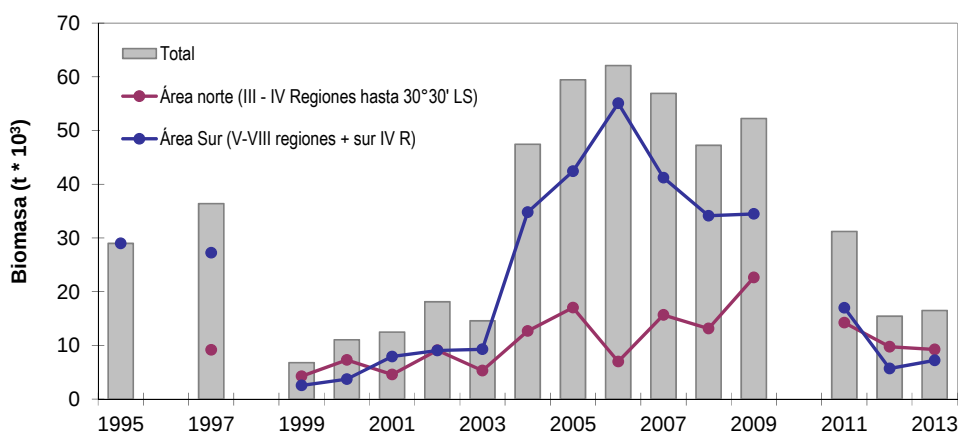


Figura 17. Biomosas de langostino amarillo en el área norte y sur, estimadas a través de cruceros de evaluación directa entre 1995 y 2013.

b) Composición de tallas en los cruceros

En el presente estudio se incorpora la información de composición de tallas disponible a la fecha de los cruceros de evaluación directa, la cual ha sido levantada desde los informes presentados al FIP y para 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 área, mientras que en el año 2010 no se realizó crucero de evaluación directa. Las estructuras de tallas para el año 2013 no se encuentran disponibles al momento de realizar esta evaluación.

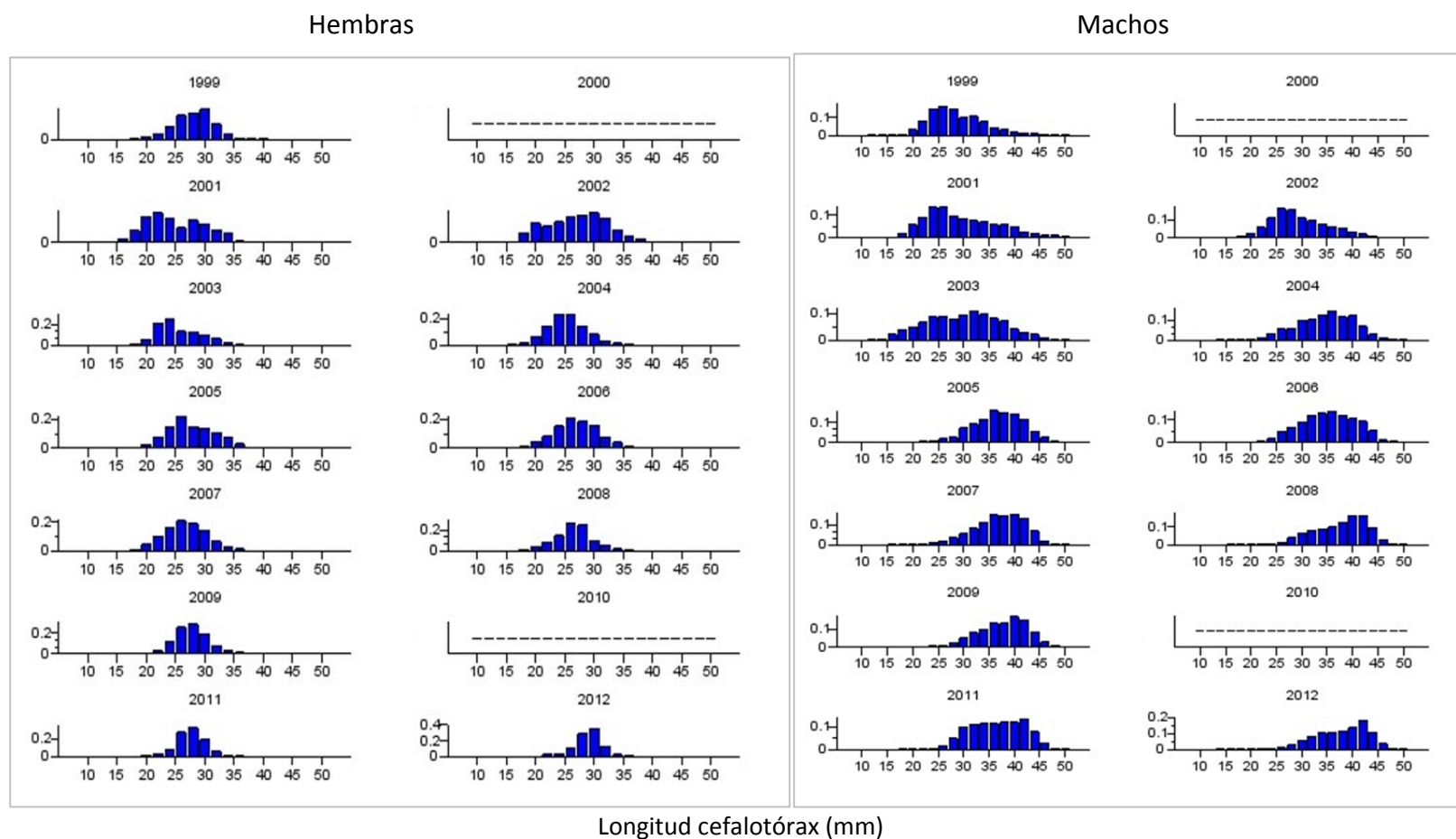


Figura 18. Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo, hembras y machos período 1999-2012. Área norte

Hembras

Machos

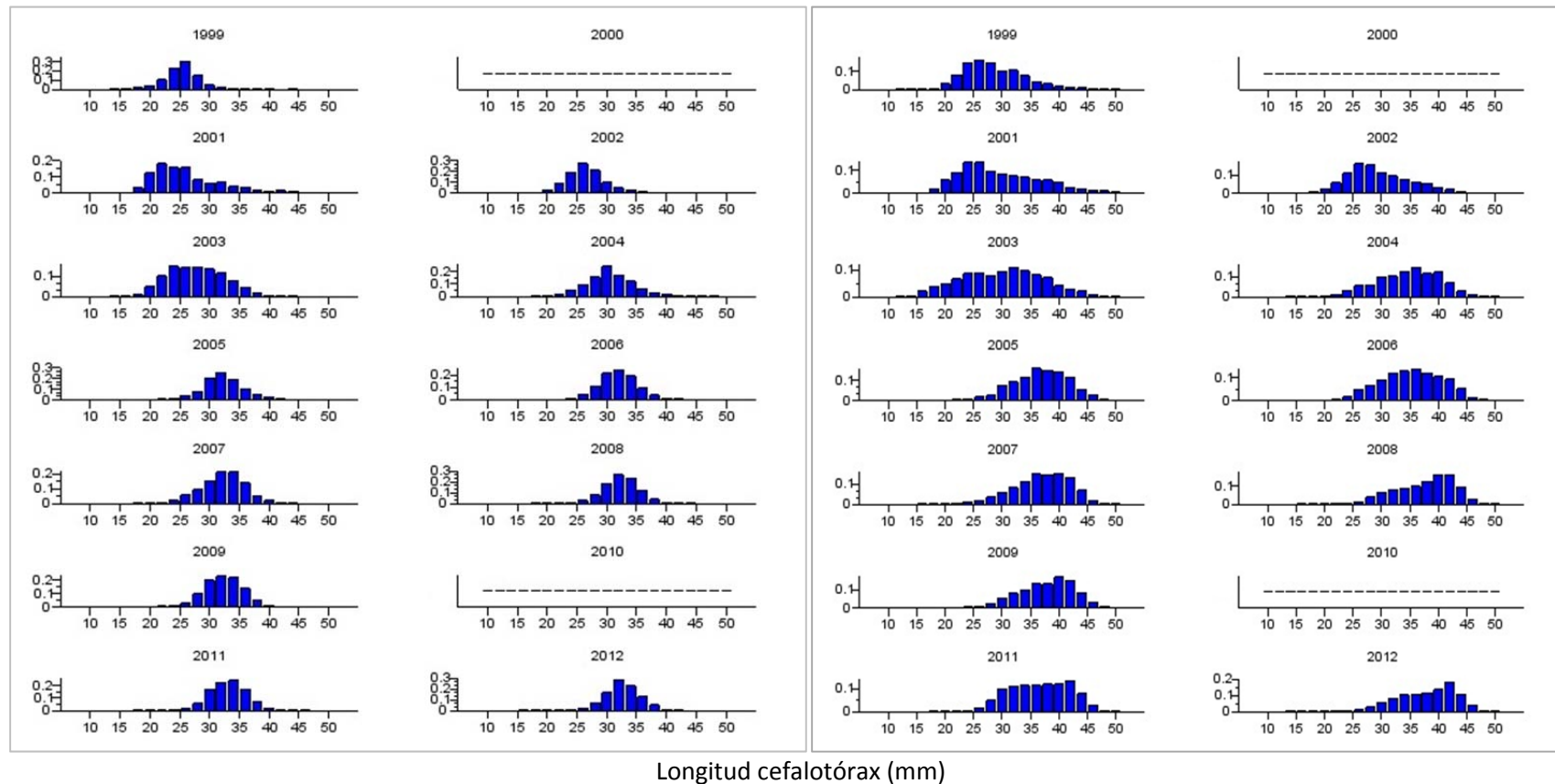


Figura 19. Composición de tallas en los cruceros de evaluación directa de langostino amarillo, hembras y machos período 1999-2012. Área sur

4.1.2. Estándar Metodológico de Evaluación (EME)

Una de las tareas fundamentales en el proceso de evaluación stock consiste en dimensionar el nivel de conocimiento del stock en estudio. Determinar el nivel de calidad de datos e información permite definir el tipo de enfoque de modelamiento que es posible usar para determinar los niveles poblacionales del stock, así como también definir procedimientos para el cálculo de PBR. De acuerdo con Restrepo *et al* (1998), la calidad de la información permite clasificar el estándar de una pesquería en tres categorías según los siguientes criterios:

Estándar completo (“Data-Rich”): Se pueden realizar estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido (RMS) y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock. La evaluación puede ser sofisticada e incorporar la mayor parte de las fuentes de incertidumbre o bien una cantidad razonable de ella.

Estándar medio (“Data-Medium”): No se disponen de estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido y/o cantidades relacionadas, ya sea porque no están disponibles o bien tienen un uso limitado debido a peculiaridades de la historia de vida del recurso, a la pobreza del contraste de los datos, o a la alta variabilidad del reclutamiento. Sin embargo, existen estimaciones confiables del tamaño del stock y de todos los parámetros claves de la historia de vida (crecimiento) y de la pesquería (selectividad). Este caso se utiliza PBR genéricos (“proxy”) para sustituir los PBR asociados al RMS que no se pueden estimar confiablemente.

Estándar pobre (“Data-poor”): No existen estimados confiables del rendimiento máximo sostenido, de la abundancia del stock, de los parámetros vitales ni de los parámetros de la pesquería. La evaluación es mínima y la incertidumbre se aproxima sólo cualitativamente. No se pueden realizar cálculos de rendimientos por recluta o biomasa desovantes por recluta. Este caso se utiliza aproximaciones especiales para estimar el RMS, tales como “reglas del pulgar”, promedio de capturas históricas corregidas, o más sofisticadas como aproximaciones bayesianas que usan información desde stock con data rica

El estándar de la pesquería de langostino amarillo fue realizado a partir de un listado de tópicos generales y específicos, tomado desde el Anexo D “Checklist for the Stock Assessment” (NRC, 1988). Este listado fue modificado para las pesquerías chilenas, incluyendo un total de 7 tópicos y 87 preguntas generando la “matriz de conocimiento” del recurso (Canales *et al.*, 2012). De este modo, la información disponible para langostino amarillo puede ser clasificada como “estándar medio”.

Por otra parte, el IFOP está desarrollando paralelamente 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. En el marco de este proyecto, entre el 9 y 13 de diciembre de 2013 en la ciudad de Viña del mar, se realizó el primero de tres talleres de trabajo 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. El reporte de este primer taller (Payá *et al.*, 2014) se encuentra disponible en el sitio web del proyecto: <https://sites.google.com/site/brpforchileanfisheries/reports>.

De acuerdo a la nueva Ley de Pesca chilena, los expertos señalan que podría ser más conveniente establecer un Sistema de 3 niveles para las poblaciones, que no esté basado en el tipo de datos disponibles, tal como ha hecho hasta la fecha, sino en el tipo de determinación de PBR que sea posible en cada caso. Además se compilaron métodos para determinar los PBR para la biomasa desovante y la mortalidad por pesca en cada nivel. Para representar el desarrollo histórico de la biomasa desovante versus la B_{RMS} se necesita un valor absoluto (o proxy) de éste último.

De acuerdo con el Sistema propuesto en el taller, 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 subclasificación “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 el tipo 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.

4.1.3 Evaluación del langostino amarillo, área norte

4.1.3.1 Ajustes y resultados del modelo

Se presentan el ajuste y resultados de la evaluación del stock de langostino amarillo para el área norte ($26^{\circ}03'S$ - $30^{\circ}30'S$). El modelo de dinámica poblacional fue analizado para el período 1985-2014. Los datos provenientes de la pesquería consideran la información disponible hasta el año 2013 mientras que para el año 2014 se consideró un desembarque similar al promedio de los desembarques ocurrido en esta área durante los últimos tres años.

El modelo se ajusta satisfactoriamente a la serie de desembarques y también a la CPUE aunque en esta última algunos años se alejan levemente de la estimación media (1989, 1990, 1996 y 1999) y en mayor medida en el año 2010, el que indica rendimientos inferiores al estimado por el modelo. Se destaca que este indicador sugiere una tendencia decreciente de la abundancia para los dos últimos años. 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, en particular en los últimos dos años con información disponible (2012 y 2013), en la que el modelo no recoge la drástica disminución de observada (**Figura 20**). La capturabilidad del crucero fue separada en dos bloques, el primero en el período 1985 – 2003 y el segundo a partir del año 2004, dado el cambio de ejecutor en los cruceros de evaluación lo que sugiere cambios metodológicos en la evaluación. Los resultados indican para el primer período un $q = 1$ lo que indica que en general el crucero observa la biomasa vulnerable, mientras que para el segundo periodo el $q=0.97$, lo que indica una subestimación de la abundancia del orden del 3%.

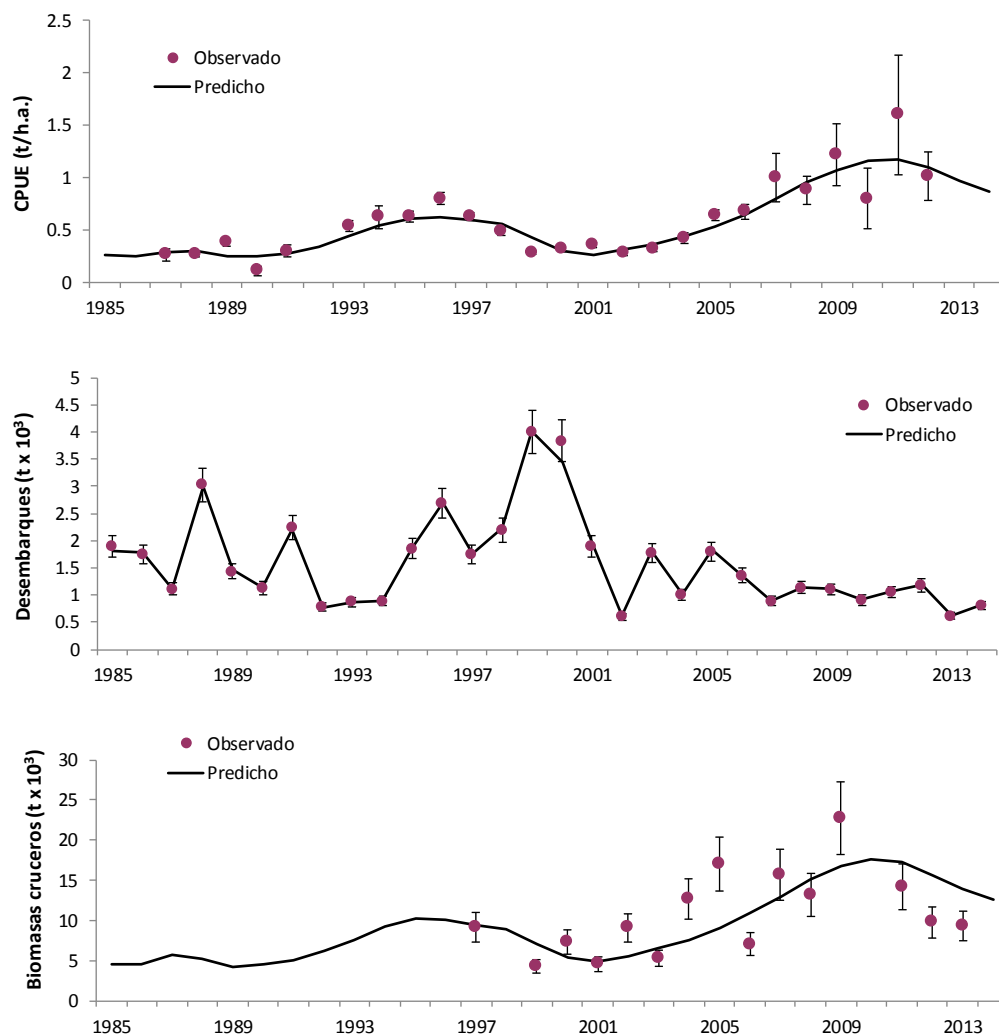


Figura 20. Ajuste del modelo de evaluación a la información de cpue, desembarques y biomasa directa. La línea continua muestra el valor estimado por el modelo y los puntos las observaciones junto a su nivel de incertidumbre. Período 1985-2014, langostino amarillo área norte.

En la **Figura 21** 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 22**), el modelo se ajusta satisfactoriamente a las observaciones, con excepción del año 1996 que presenta dificultades para reproducir una composición bimodal.

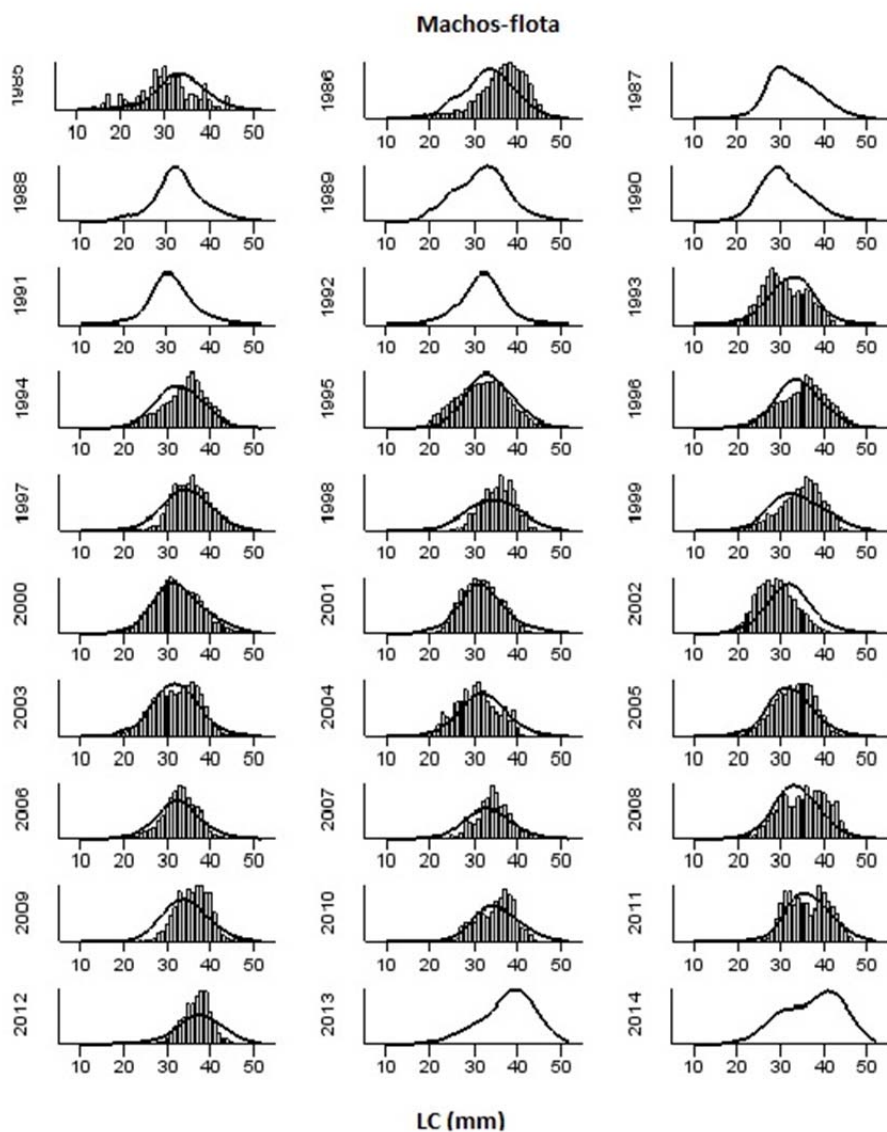


Figura 21. Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de machos de langostino amarillo, área norte.

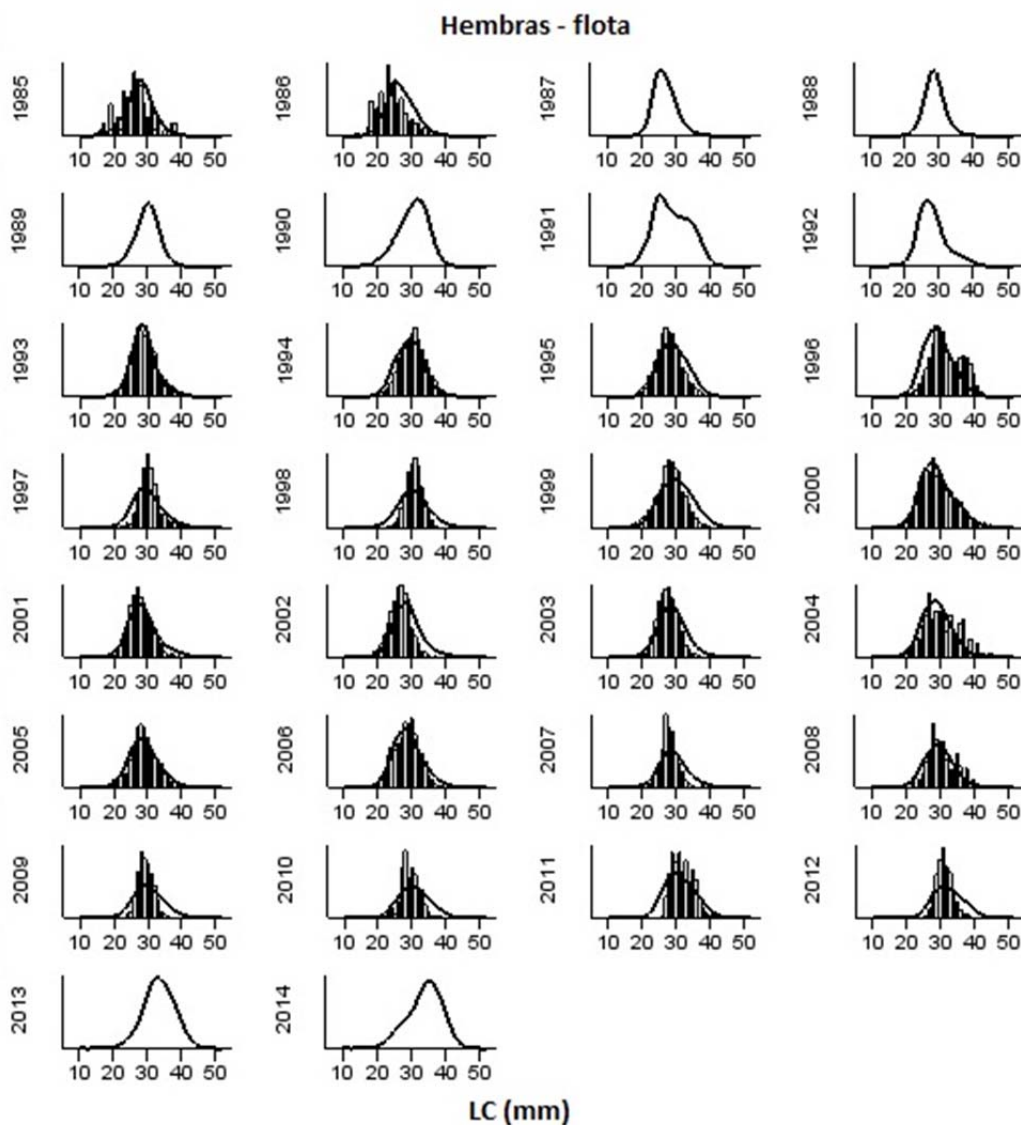


Figura 22. Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de hembras de langostino amarillo, área norte.

El nivel de ajuste del modelo a las tallas medias de la flota comercial es adecuado para los machos y las hembras, recogiendo las tendencias del período analizado con excepción del primer y segundo año de la serie. Se observó una reducción de tamaños corporales a principios del 2000 en ambos sexos y a partir del 2006 una recuperación de la talla media en las capturas. Para el año 2013 no se cuenta con información proveniente de la pesquería siendo la talla media estimada por el modelo en 37 mm de LC para los machos y en 34 mm de LC para las hembras (**Figura 23**).

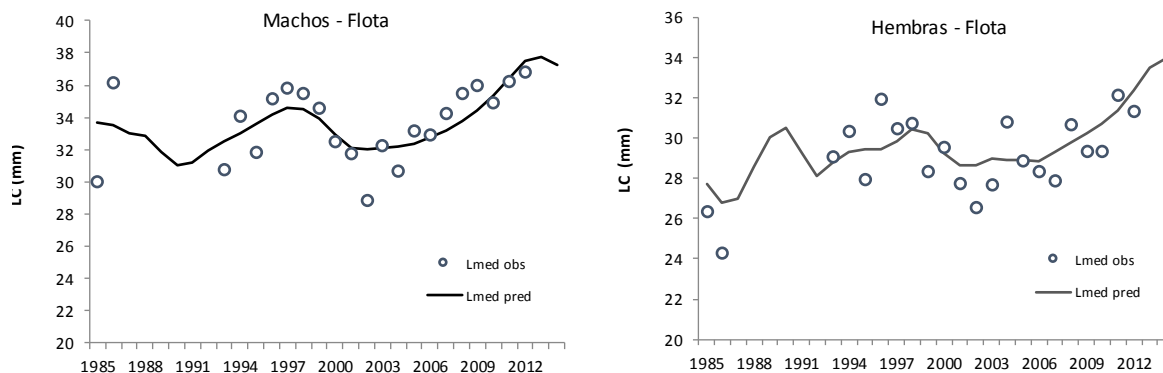


Figura 23. Longitud media observada (círculos) en las capturas la estimada por el modelo (línea) para el langostino amarillo del área norte.

Se presenta el ajuste del modelo a las estructuras de tallas observadas por los cruceros de área de barrida, los cuales fueron incorporados a partir de este año a la evaluación de stock del langostino amarillo. En los machos (**Figura 24**), el ajuste es bastante adecuado exceptuando los primeros años, 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 2001 que presenta una estructura bimodal y el año 2002 en que el modelo estima ejemplares de menor tamaño (**Figura 25**). En la **Figura 26** se presenta el ajuste a las tallas medias observadas el cual es adecuadamente recogido por el modelo. Se observa una disminución importante de la talla media de los machos a inicios de los años 2003 y 2004, recuperándose a partir del año 2006. Para el año 2014 el modelo estimó una talla media de 35.6 mm de LC, levemente inferior respecto al año anterior. En las hembras la talla media se estimó en 26 mm de LC a fines de los '90 y principios de 2000. A partir del año 2005 la talla media aumentó a 28 mm de LC en promedio. Para el 2014 el modelo estimó una talla media de 32 mm de LC.

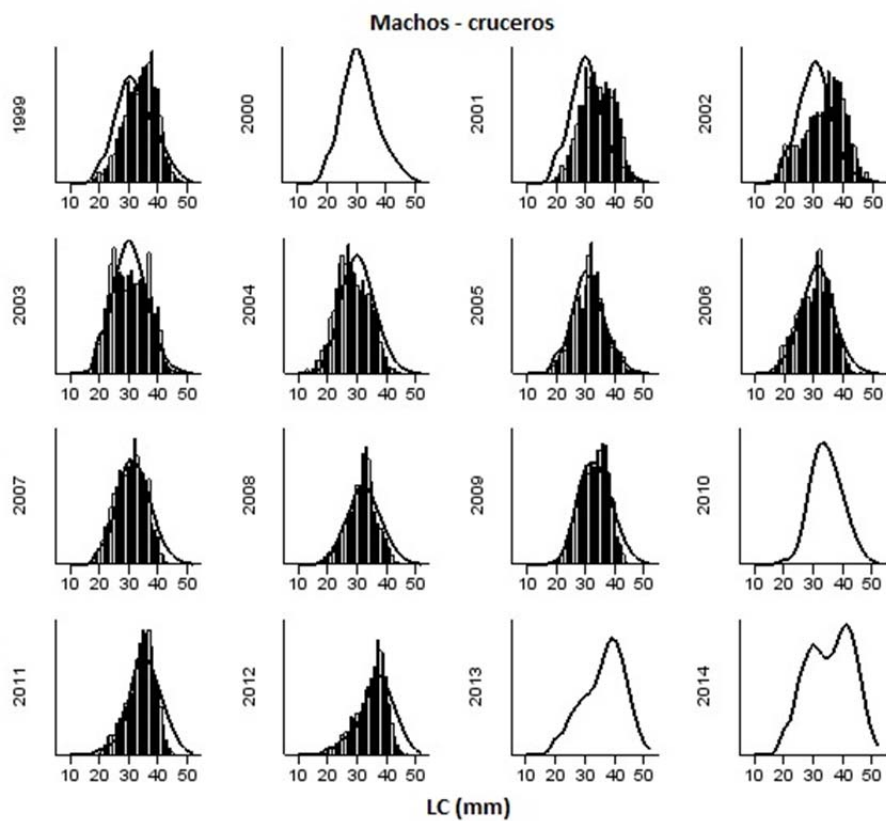


Figura 24. Ajuste del modelo a la composición de tallas de los cruceros de evaluación directa de machos de langostino amarillo del área norte.

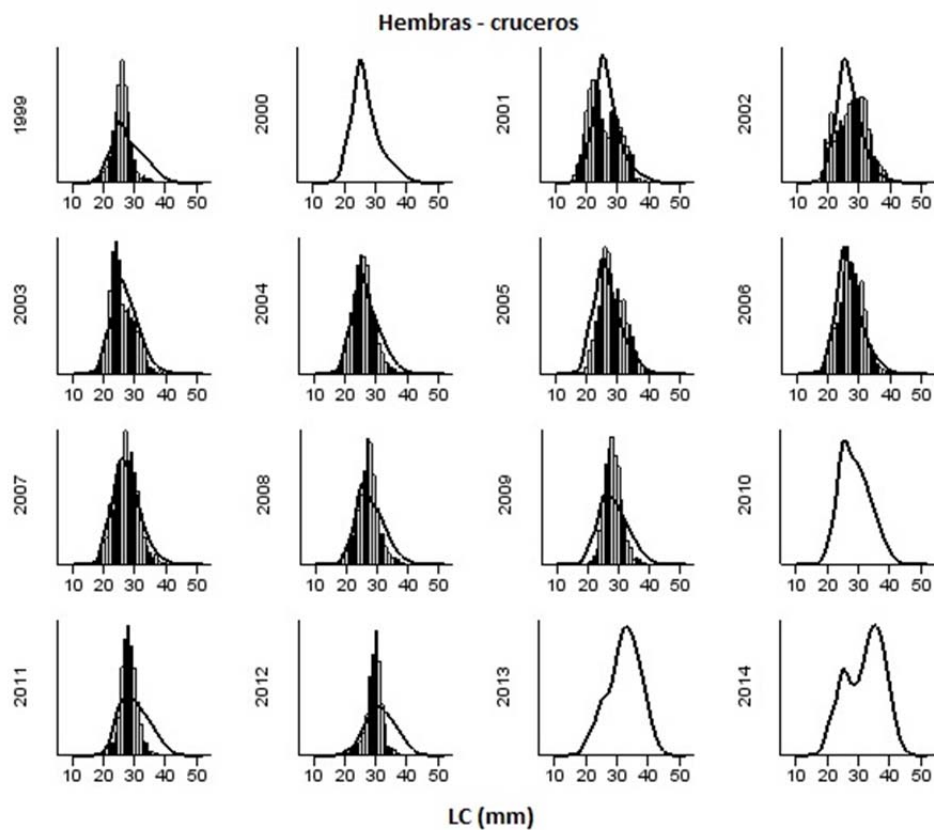


Figura 25. Ajuste del modelo a la composición de tallas de los cruceros de evaluación directa de hembras de langostino amarillo del área norte.

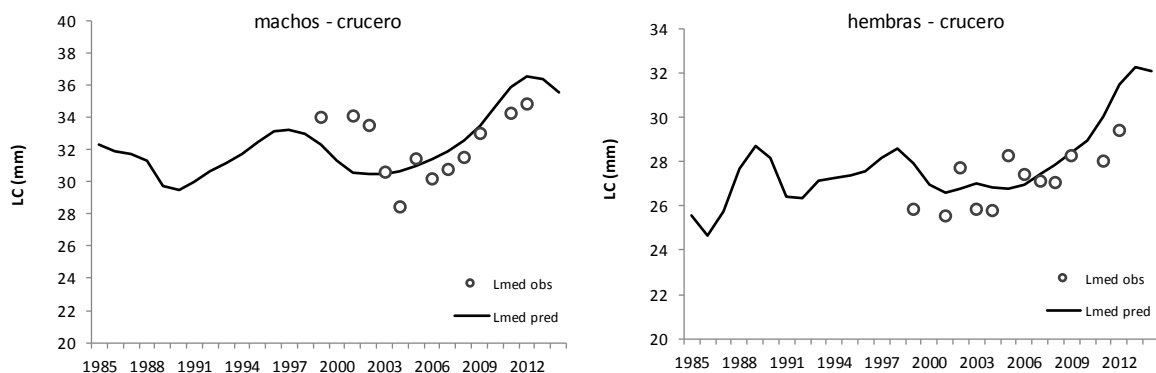


Figura 26. Tallas medias estimadas por los cruceros de área barrida (círculos) y las estimadas por el modelo (línea) para el langostino amarillo del área norte.

Se estimaron las ojivas de vulnerabilidad para la flota comercial (**Figura 27**) y los cruceros de evaluación directa (**Figura 28**) constantes en el tiempo y separadas por género. El patrón de explotación a la edad da cuenta de una edad media de vulnerabilidad de 5 años en machos y 6 años en las hembras mientras que individuos de edad 8 y mayores tienen probabilidad 1 de ser retenidos por la red de arrastre utilizada en la extracción de este recurso. En el caso de los cruceros, la selectividad del arte de pesca indica una edad media de selectividad de 5 años para ambos sexos y un 100% de retención de los ejemplares de 7 y más años.

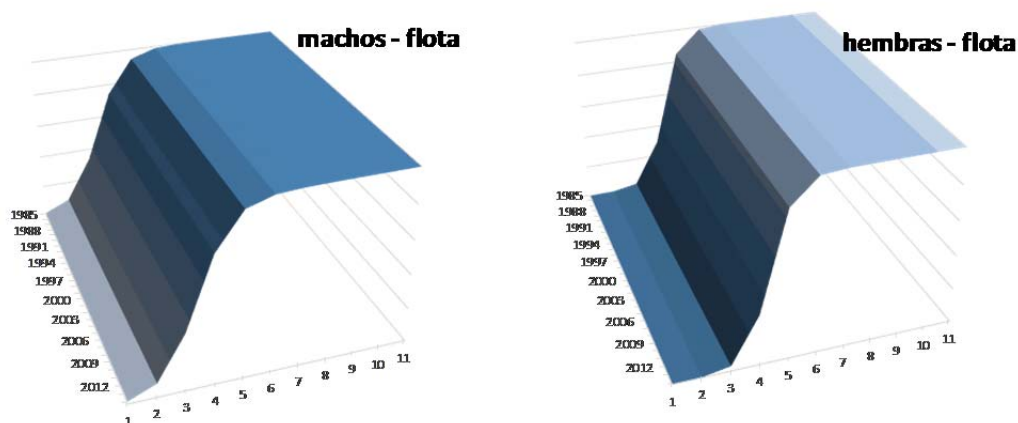


Figura 27. Ojivas de selectividad a la edad sexo-específicas de la pesquería del langostino amarillo, área norte.

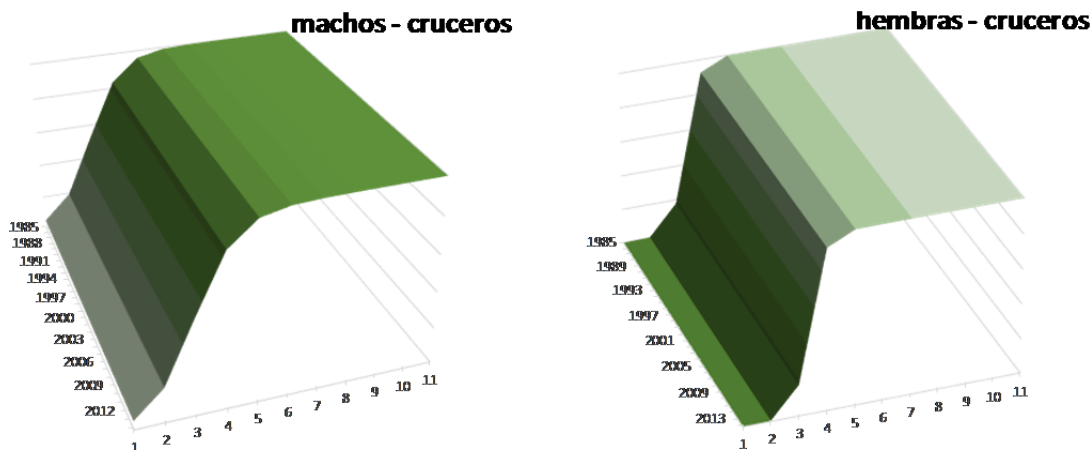


Figura 28. Ojivas de selectividad a la edad sexo-específicas de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo área norte.

Se presentan las trayectorias de las biomazas y reclutamientos estimados por el modelo para los años 1985 a 2014 en las **Figuras 29 y 30**, en conjunto con la incertidumbre asociada a las estimaciones. En la segunda mitad de los años '80 la población estaba constituida por más de 10 mil t y continuó aumentando hasta mediados de los '90, para luego disminuir a niveles similares a los primeros años de la serie. Desde el 2003 se incrementaron los niveles poblacionales hasta el año 2009 para luego iniciar un proceso de disminución asociado al ingreso de clases anuales débiles. Para inicios del año 2014 las biomazas se estimaron en 19 mil t de biomasa total, 12 mil t de biomasa explotable y 4 mil t de biomasa desovante (**Tabla 5**).

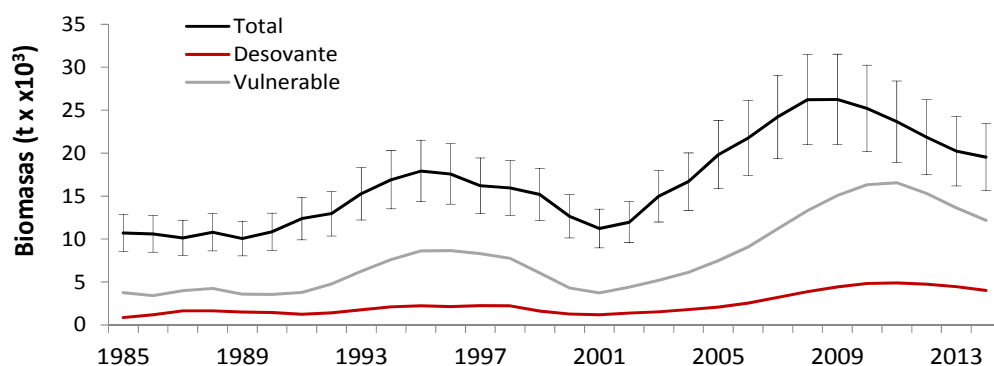


Figura 29. Biomazas total, vulnerable y desovante estimadas por el modelo del langostino amarillo, área norte, período 1985 – 2014.

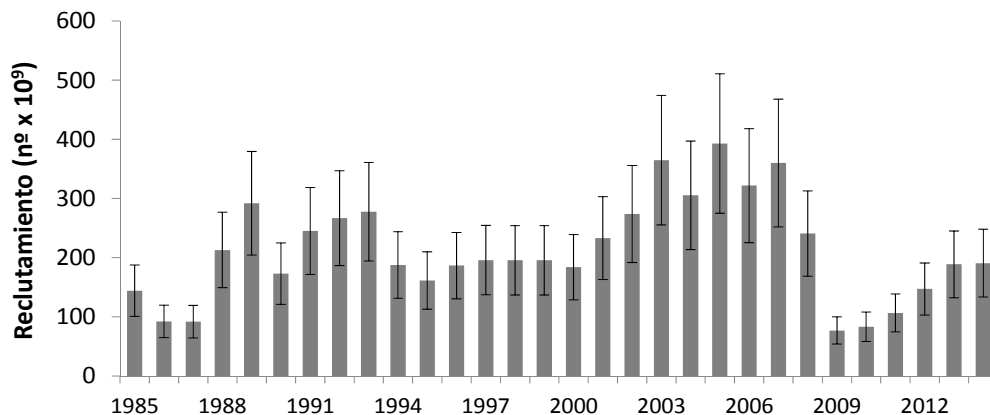


Figura 30. Reclutamientos del langostino amarillo, área norte, período 1985 – 2014.

Tabla 5

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

Año	Biomasa total (t)	Li	Ls	Biomasa desovante (t)	Li	Ls	Reclutas (nº x 10 ⁶)	Li	Ls	F (año ⁻¹)
1985	10717	9749	11685	876	722	1030	144	58	355	0.82
1986	10600	9770	11430	1171	902	1439	92	44	194	0.73
1987	10139	9333	10945	1646	1281	2011	92	40	209	0.25
1988	10790	9909	11671	1650	1239	2062	213	101	447	0.55
1989	10053	9207	10899	1502	1103	1902	292	180	475	0.35
1990	10841	9852	11830	1433	1106	1761	173	94	319	0.35
1991	12376	11197	13555	1231	1059	1402	245	153	393	0.82
1992	12955	11721	14189	1424	1226	1623	267	174	409	0.23
1993	15275	14004	16546	1764	1505	2023	278	185	417	0.19
1994	16901	15640	18162	2108	1806	2410	188	112	314	0.17
1995	17923	16725	19121	2234	1909	2558	161	94	278	0.34
1996	17572	16453	18691	2141	1812	2469	186	127	275	0.41
1997	16209	15170	17248	2252	1931	2573	196	134	287	0.14
1998	15931	14941	16921	2230	1931	2530	196	140	272	0.28
1999	15194	14198	16190	1612	1431	1792	195	143	268	0.82
2000	12641	11718	13564	1271	1094	1448	184	131	258	0.67
2001	11225	10234	12216	1169	966	1371	233	162	336	0.63
2002	11952	10734	13170	1392	1162	1622	274	197	380	0.15
2003	14981	13407	16555	1518	1247	1788	365	262	507	0.45
2004	16682	14783	18581	1791	1461	2120	305	209	447	0.20
2005	19832	17463	22201	2088	1684	2491	393	269	573	0.32
2006	21766	18990	24542	2540	2057	3022	322	207	500	0.16
2007	24211	20942	27480	3202	2636	3767	360	224	578	0.06
2008	26226	22592	29860	3860	3210	4510	241	137	424	0.08
2009	26250	22416	30084	4418	3689	5147	77	37	160	0.07
2010	25193	21304	29082	4825	4032	5618	83	39	178	0.06
2011	23668	19816	27520	4881	4051	5711	107	44	258	0.08
2012	21845	17985	25705	4756	3924	5588	147	52	412	0.03
2013	20217	16106	24328	4460	3651	5269	189	58	616	0.05
2014	19532	14875	24189	4020	3233	4806	191	58	626	0.07

4.1.4 Evaluación del langostino amarillo, área sur

Ajustes y resultados del modelo

Se presenta el ajuste del modelo de dinámica poblacional para el área al sur de la latitud 30° 30' LS para el período 1979 – 2014. 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. Se contó con información de desembarques para el período 1979 – 2013 y el desembarque del año 2014 fue considerado igual a la cuota asignada.

El ajuste del modelo a la serie de desembarques es satisfactorio, mientras que los ajustes a la cpue y biomasa estimadas por los cruceros es adecuado en cuanto recoge las tendencias para ambos indicadores, los cuales muestran una disminución de la abundancia del recurso, pero con diferencias importantes respecto del impacto de esta disminución. En los últimos años, la cpue estimada por el modelo muestra una caída más drástica que la observada, lo que se explica por el impacto de la drástica caída de que muestra la evaluación directa desde el 2011 en adelante, lo que genera un efecto compensatorio entre ambos indicadores. Además, se debe tener en cuenta que la biomasa observada por el crucero para el año 2013 corresponde a información preliminar para la V y VIII y subestima la biomasa para el área sur al no incorporar la biomasa del sur de la IV Región (**Figura 31**).

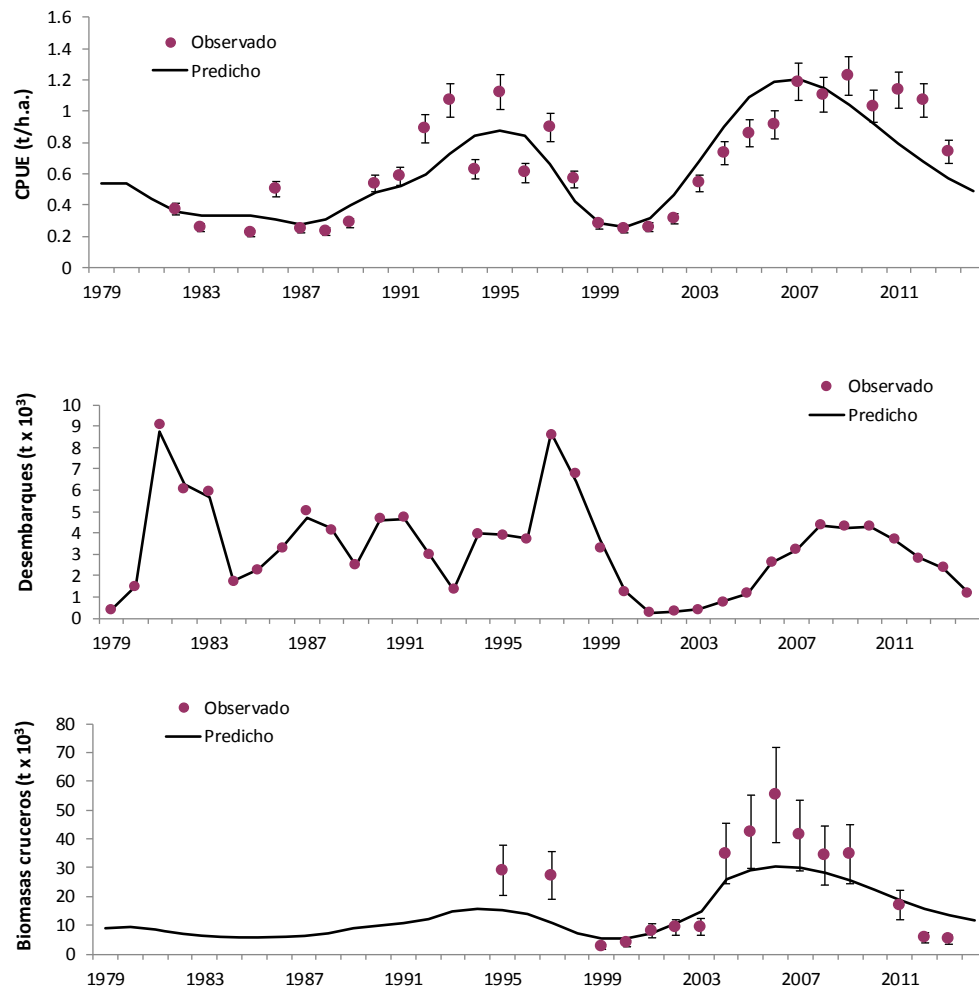


Figura 31. Ajuste del modelo de evaluación a la información de cpue, desembarques y biomasa directa. La línea continua muestra el valor estimado por el modelo y los puntos las observaciones junto a su nivel de incertidumbre. Período 1979-2014, langostino amarillo área sur.

Las composiciones de tamaño de las capturas comerciales son en general reproducidas adecuadamente, salvo en algunos años como los primeros de la serie (1981 en ambos sexos y 1986 en hembras). Además, en los machos se observa una subestimación de la talla media especialmente entre los años 2003 y 2006 (**Figuras 32 a 34**)

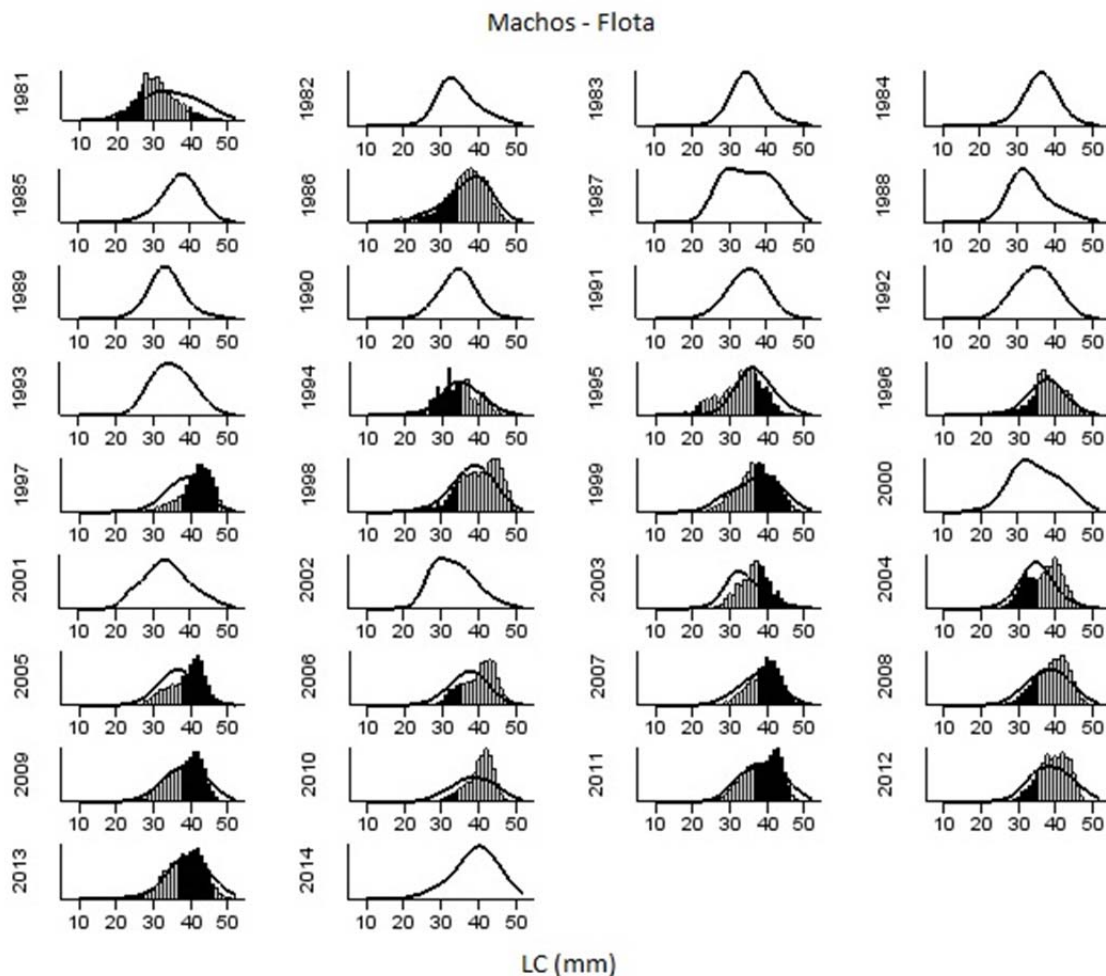


Figura 32. Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de talla de las capturas (barras) de machos de langostino amarillo, área sur.

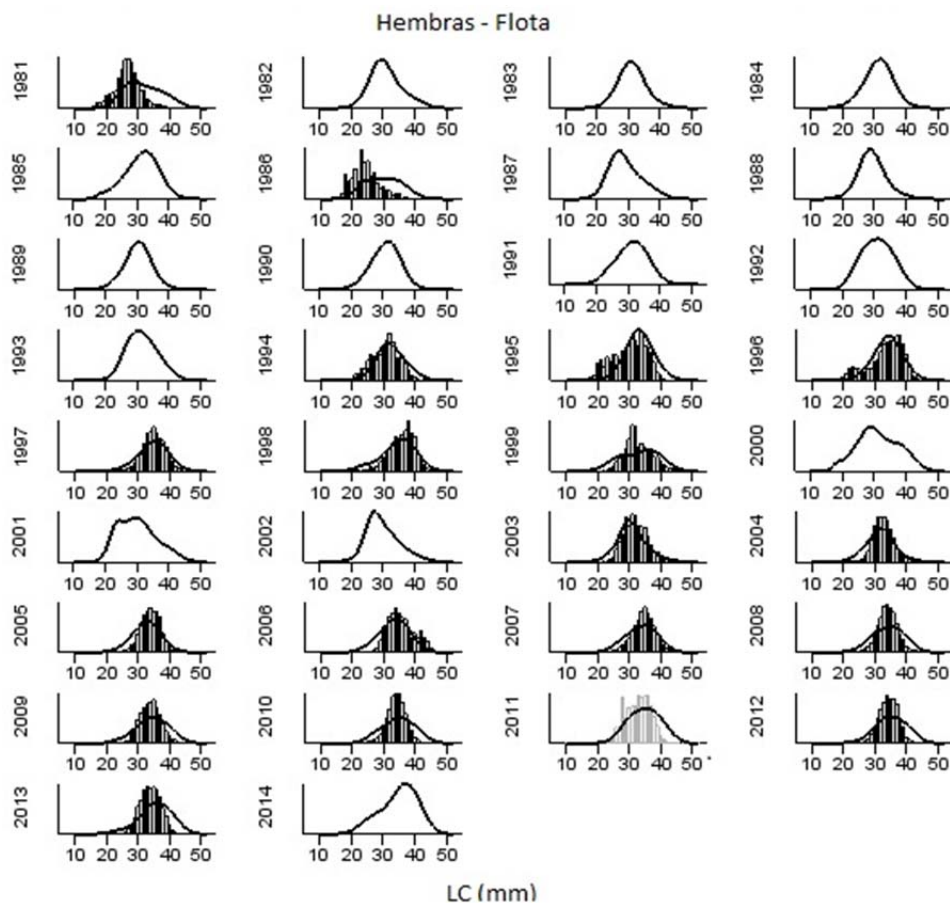


Figura 33. Ajuste del modelo (líneas) a las estructuras de tallas de las capturas (barras) de hembras de langostino amarillo, área sur.

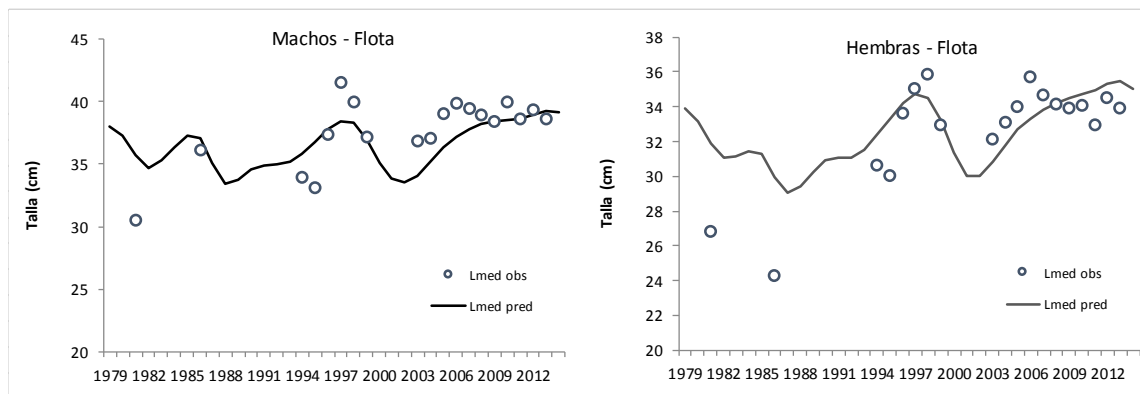


Figura 34. Tallas medias estimadas por el monitoreo a la pesquería (círculos) y las estimadas por el modelo para el área sur.

En esta evaluación se incorporan por primera vez en el modelo las composiciones de tallas de los cruceros, los cuales son reproducidos adecuadamente tanto en machos como en hembras, exceptuando el primer año en las hembras (1999) y 1999-2000 en machos (**Figuras 35 a la 37**)

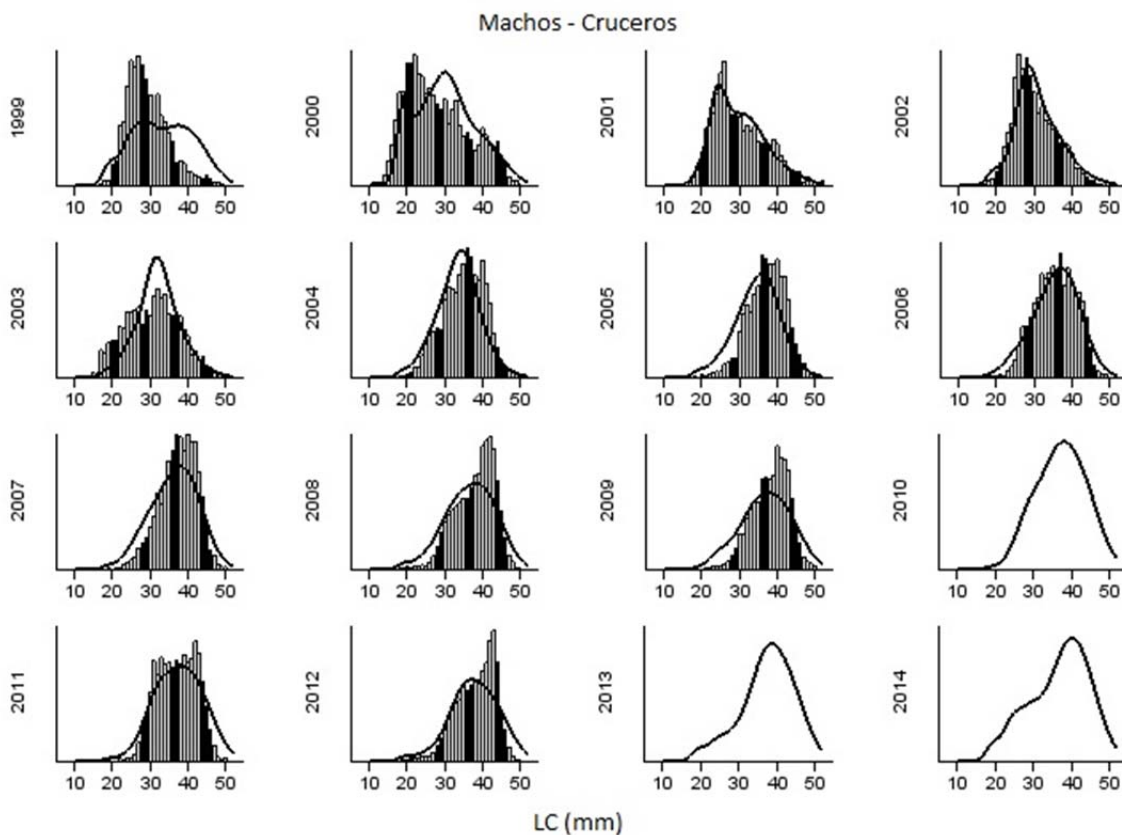


Figura 35. Ajuste del modelo a la composición de tallas de los cruceros de evaluación directa de hembras de langostino amarillo, área sur.

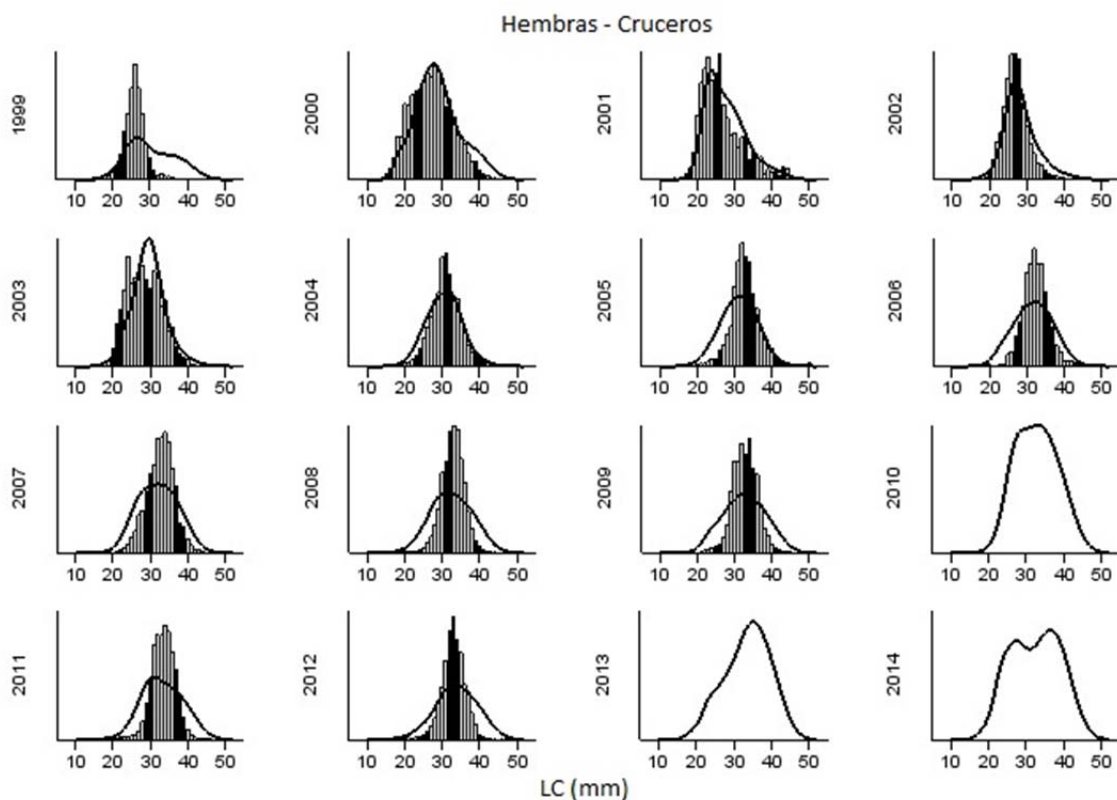


Figura 36. Ajuste del modelo a la composición de tallas de las hembras de los cruceros de evaluación directa, langostino amarillo, área sur.

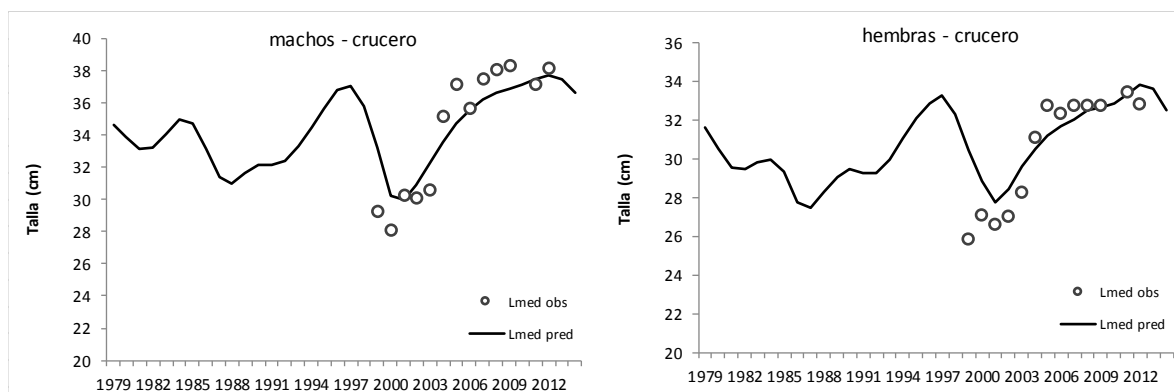


Figura 37. Tallas medias estimadas por los cruceros de evaluación directa (círculos) y las estimadas por el modelo para el área sur.

Dado que no se han registrado cambios de consideración en la selectividad de los artes de pesca durante el período de análisis en el área sur, se estimó una ojiva de vulnerabilidad para la flota comercial constante en el tiempo para cada género. En la **Figura 38** se presentan las ojivas estimadas a la talla, dando cuenta de una talla media de vulnerabilidad de 32 mm de LC para las hembras y de 36 mm de LC en los machos.

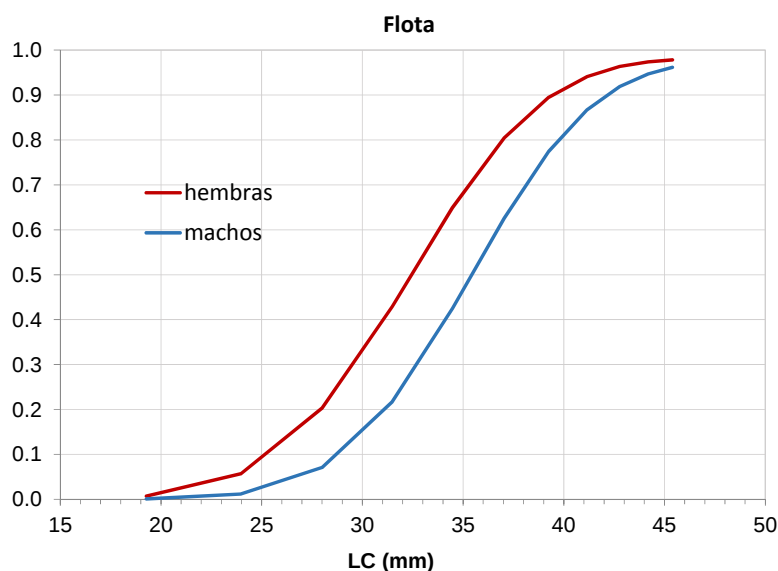


Figura 38. Ojivas de selectividad a la talla sexo-específicas de la pesquería de langostino amarillo, área sur.

Bajo el mismo supuesto de que no existen cambios en la selectividad del arte de pesca del crucero se estimó una ojiva de selectividad para sexo específica para todo el período. En la **Figura 39** se observa que la talla media de vulnerabilidad de las hembras a los cruceros es de 27 mm de LC y de 35 mm de LC para los machos.

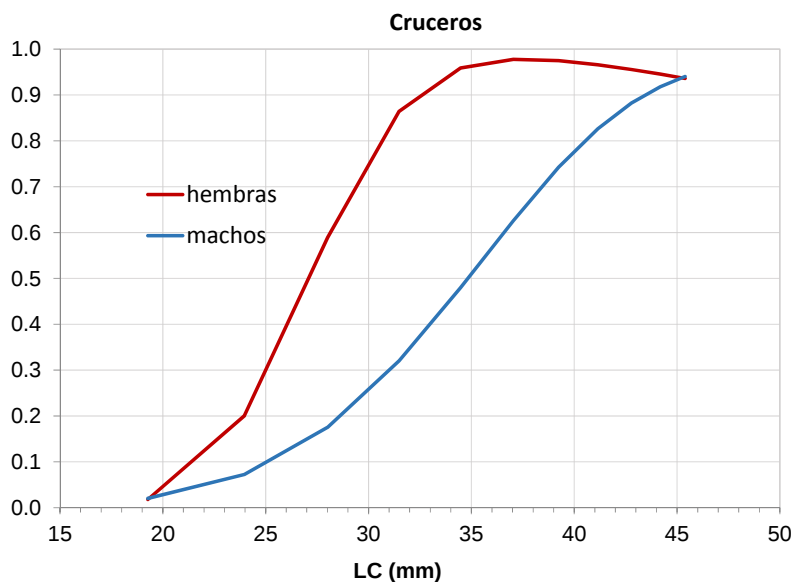


Figura 39. Ojivas de selectividad a la talla sexo-específicas de los cruceros de evaluaci3n directa de langostino amarillo, área sur.

La dinámica en edades del recurso es considerada con 11 grupos de edad en las capturas y las tallas medias a la edad son estimadas a partir de los parámetros de crecimiento reportados por Arancibia et al., (2005). La clave edad-talla elaborada permite llevar la dinámica en edades del stock, a tallas. En la **Figura 40** se presentan los grupos de edad considerados, con sus respectivas densidades de probabilidad, apreciándose que el primer grupo de edad tendría una talla media en torno a los 19 mm de LC en ambos sexos, en tanto que el último grupo de edad, tendría una talla media de 41 mm en las hembras y de 45 mm en machos.

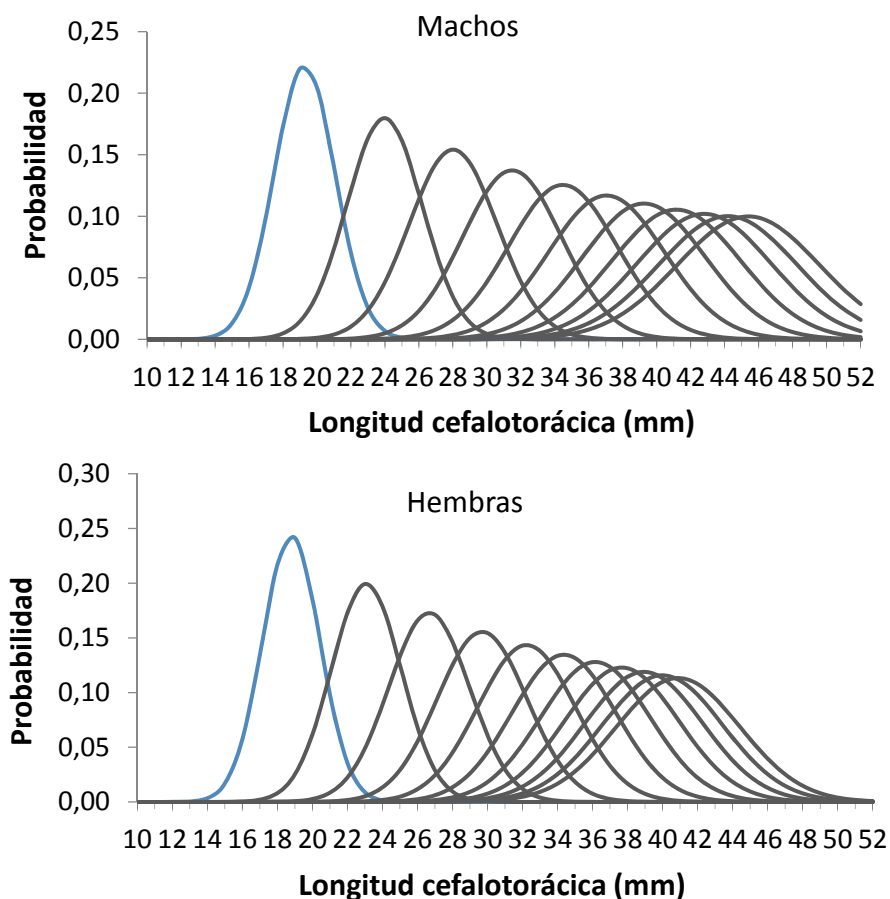


Figura 40. Densidad de probabilidad a la talla, según edad, estimadas a partir de los parámetros de crecimiento de langostino amarillo sexo-específicos, área sur.

La **Figura 41** muestra la magnitud y tendencia de las biomásas estimadas por el modelo para los años 1979-2014. En ésta se observa un incremento de las biomásas total y vulnerable entre 1985 y 1994, para luego disminuir rápidamente hasta el año 2000. Luego del período de moratoria extractiva, se observó una recuperación sostenida de los niveles poblacionales hasta el año 2006- Posteriormente, se observa nuevamente un declive progresivo en los niveles de biomasa. Para el año 2014 se estimaron 26 mil toneladas de biomasa total, 12 mil t de biomasa explotable y 7 mil toneladas de biomasa desovante. En los años 1985 – 1991 y 2000-2003 se habrían registrado importantes novales de reclutamiento, los que habrán permitido obtener los altos niveles de biomasa vulnerable que se registraron a mediados de los '90 y 2000 (**Figura 42, Tabla 6**).

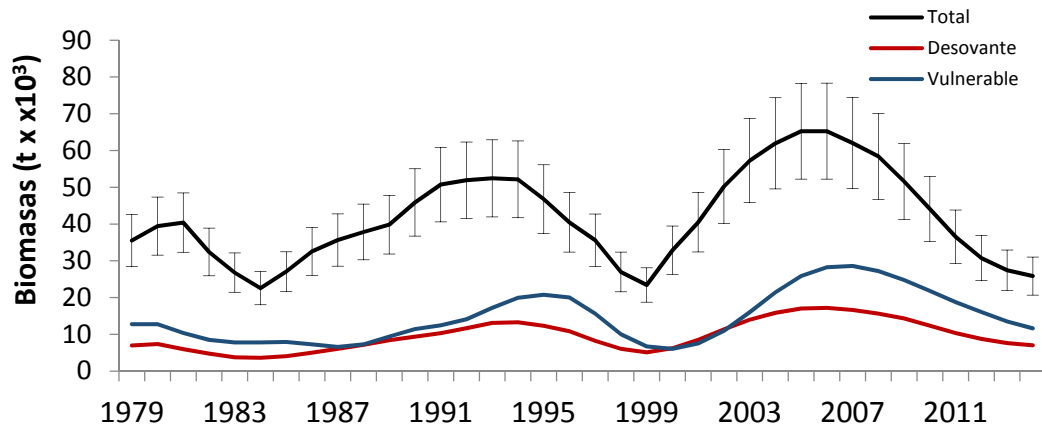


Figura 41. Biomazas total, desovante y vulnerable estimadas por el modelo para el langostino amarillo del área sur.

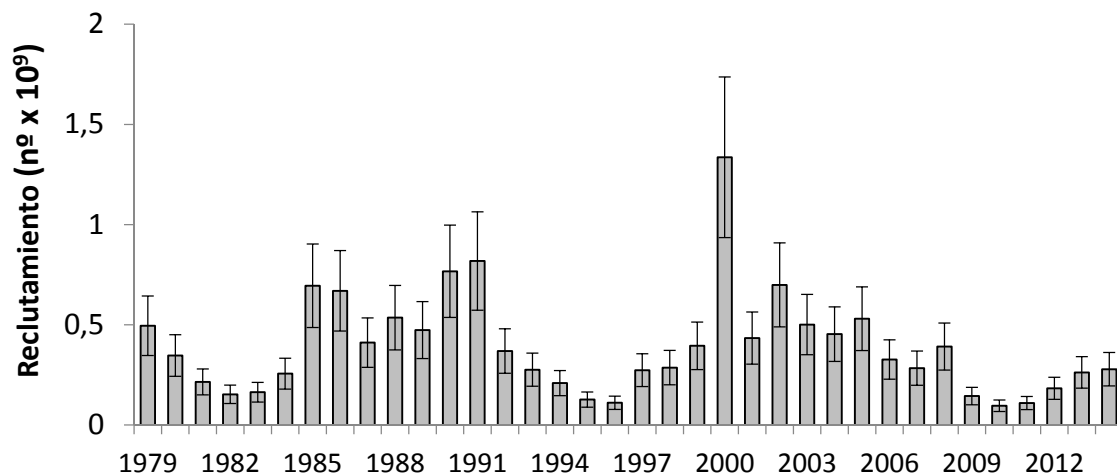


Figura 42. Reclutamientos del langostino amarillo, área sur, periodo 1979-2014.

Tabla 6
Biomasa Tota, vulnerable y desovante (t) de langostino amarillo del área sur. Se presentan los intervalos de credibilidad del 95%

Año	Biomasa total (t)	Li	Ls	Biomasa desovante (t)	Li	Ls	Reclutas	Li	Ls	F (año ⁻¹)
1979	35511	30484	40538	6988	5211	8766	495	136	854	0.03
1980	39430	34672	44188	7341	5803	8880	347	230	645	0.12
1981	40373	35862	44884	5970	4886	7053	215	137	407	0.82
1982	32397	28636	36158	4745	3699	5791	153	93	288	0.73
1983	26777	23375	30179	3741	2785	4696	164	101	307	0.74
1984	22559	19348	25770	3605	2604	4607	256	166	490	0.24
1985	27053	22180	31926	4067	2944	5189	695	487	1211	0.30
1986	32546	26230	38862	4991	3708	6274	670	468	1336	0.44
1987	35644	28102	43186	6051	4526	7576	411	277	975	0.69
1988	37843	30893	44793	7159	5465	8852	536	369	1331	0.58
1989	39825	31752	47898	8410	6661	10159	474	323	1253	0.27
1990	45880	37520	54240	9361	7645	11077	767	541	2079	0.41
1991	50740	44139	57341	10337	8604	12070	818	579	1876	0.38
1992	51923	45703	58143	11678	9907	13449	369	247	805	0.21
1993	52429	46590	58268	13095	11356	14834	276	180	508	0.08
1994	52166	46712	57620	13257	11614	14900	209	132	361	0.20
1995	46780	41757	51803	12326	10802	13850	127	75	220	0.19
1996	40453	35866	45040	10848	9452	12244	111	65	195	0.18
1997	35600	31233	39967	8239	7026	9451	274	178	415	0.54
1998	26956	22986	30926	6037	4972	7101	286	187	466	0.63
1999	23421	19477	27365	5112	4041	6183	395	266	646	0.57
2000	32875	27013	38737	6211	4976	7447	1336	972	1775	0.22
2001	40483	33492	47474	8514	6978	10049	434	294	820	0.04
2002	50208	42012	58404	11371	9451	13291	699	490	1136	0.03
2003	57248	48377	66119	13966	11723	16209	501	343	915	0.03
2004	61956	52734	71178	15851	13397	18305	453	308	880	0.04
2005	65247	55963	74531	17012	14459	19565	530	365	948	0.04
2006	65264	56162	74366	17175	14612	19738	327	216	629	0.09
2007	62040	53268	70812	16614	14105	19123	284	185	542	0.11
2008	58394	49774	67014	15609	13179	18039	392	263	640	0.16
2009	51566	43329	59803	14302	11959	16645	144	87	265	0.17
2010	44077	36336	51818	12310	10051	14569	96	55	173	0.20
2011	36514	29313	43715	10329	8188	12470	109	64	202	0.20
2012	30750	23854	37646	8764	6756	10771	183	114	362	0.18
2013	27444	20241	34647	7607	5701	9514	262	170	570	0.17
2014	25843	17705	33981	7007	5066	8948	278	181	615	0.10

4.2 Objetivo específico N°2

Establecer el estatus actualizado de estos recursos, sobre la base de sus principales indicadores de estado y flujo, estimando 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 Científicos y Técnicos respectivos.

4.2.1 Estatus Langostino amarillo área norte

Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

Se estimó el PBR para el langostino amarillo del área norte, basados en una análisis de rendimiento por recluta y biomasa desovante por recluta, dado el vector de pesos medios a la edad, la selectividad de la flota estimada en el modelo y la ojiva de madurez sexual a la edad para el reclutamiento virginal $R_0=1.0$. Como objetivo de conservación se definió un valor proxy del RMS equivalente a un nivel de reducción de la biomasa desovante del 45% respecto de la biomasa desovante virginal ($45\%BD/BDo$), siguiendo con las recomendaciones emanadas del primer y segundo taller de estimación de puntos biológicos para las principales pesquerías chilenas (Paya et al., 2014; **Figura 43**).

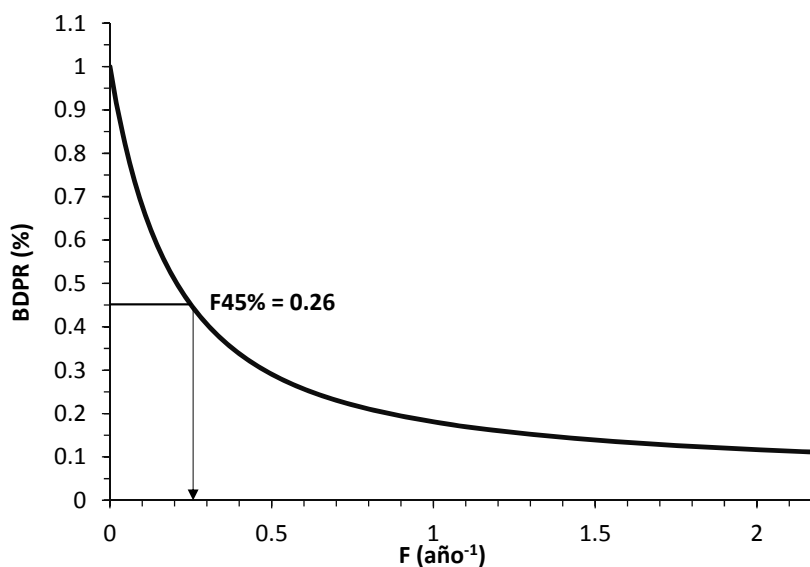


Figura 43. Curva de reducción de la biomasa desovante por recluta (BDPR) para distintos niveles de mortalidad por pesca, langostino amarillo, área norte.

Indicadores del estatus

El langostino amarillo del área norte fue sometido a tasas de mortalidad por pesca elevadas y fluctuantes en el período 1985-1991, las que significaron tasas de explotación sobre la biomasa total del 17% (**Figura 44**). Un segundo período de alta explotación ocurre a fines de los '90 y principios del 2000, afectando los niveles poblacionales consecutivos. A partir del año 2006, los niveles de mortalidad producida por la pesca se han mantenido bajos y estables, con tasa de explotación promedio del 4%. Para el año 2014, la mortalidad por pesca se estimó en $F=0.07$ año⁻¹.

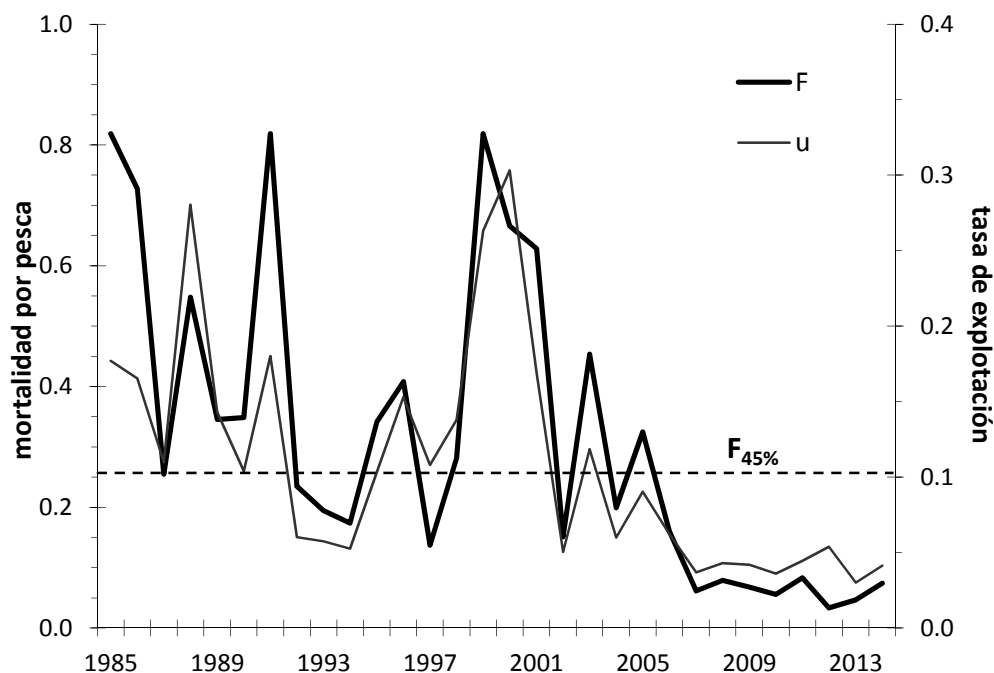


Figura 44. Mortalidad por pesca y tasa de explotación (en peso) para langostino amarillo en el período 1985 - 2014, área norte. La línea punteada muestra el valor de F objetivo.

Se midió el impacto de la actividad extractiva a través de la reducción del potencial reproductivo del stock, es decir, el cuociente entre la biomasa desovante estimada considerando los niveles de captura registrados y la biomasa desovante que se habría observado cada año en ausencia de pesca (RPR dinámico). En concordancia con las tasas de explotación, el potencial reproductivo del stock llegó a sus niveles más bajos en los años 2000 y 2001 (24%). Posteriormente, y gracias a las medidas de manejo tales como vedas biológicas y cuotas de captura, el stock del área norte recuperó su potencial reproductivo, a niveles por sobre los niveles objetivo (45%BD₀). Además, se

presenta el RPR en “equilibrio” o “estático” que representa el nivel de reducción de la biomasa desovante respecto de la condición virginal (BDo), la cual es estimada al interior del modelo en función de los reclutamientos medios observados en la serie analizada (**Figura 45**). Ambos indicadores son muy similares en la mayor parte del período analizado, exceptuando los primeros años y hacia el final de la serie, en el que el RPR en equilibrio muestra un proceso de expansión del recurso en que los valores de biomasa desovante exceden al valor estimado de BDo.

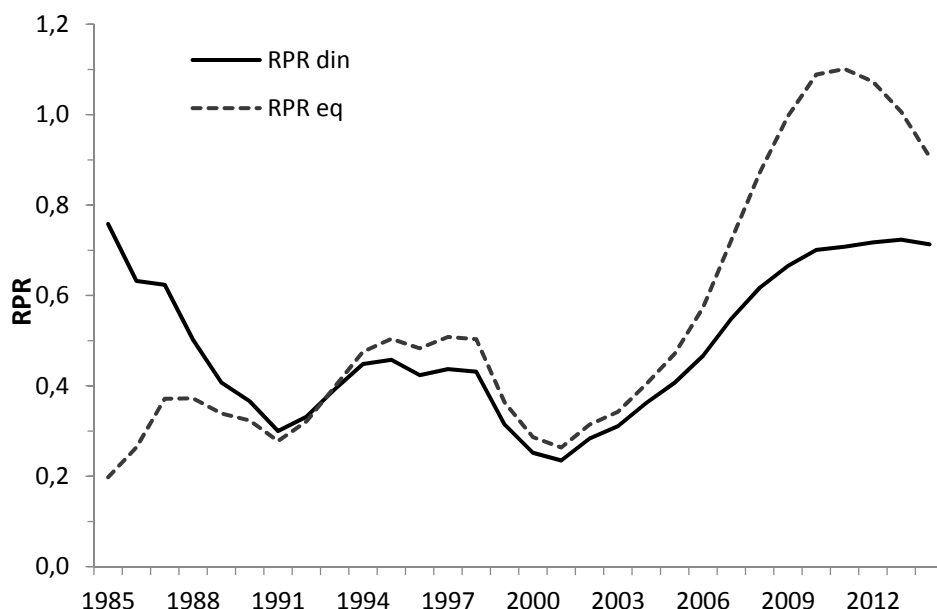


Figura 45. Razón del potencial reproductivo en equilibrio (RPR eq) y dinámico (RPR din) para el langostino amarillo del área norte.

Diagramas de Fase

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 presentados (**Figura 46**). 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, con un nivel de biomasa desovante 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 del área norte en una zona segura, aunque alejándose del objetivo de manejo, especialmente en relación con el RPR de equilibrio.

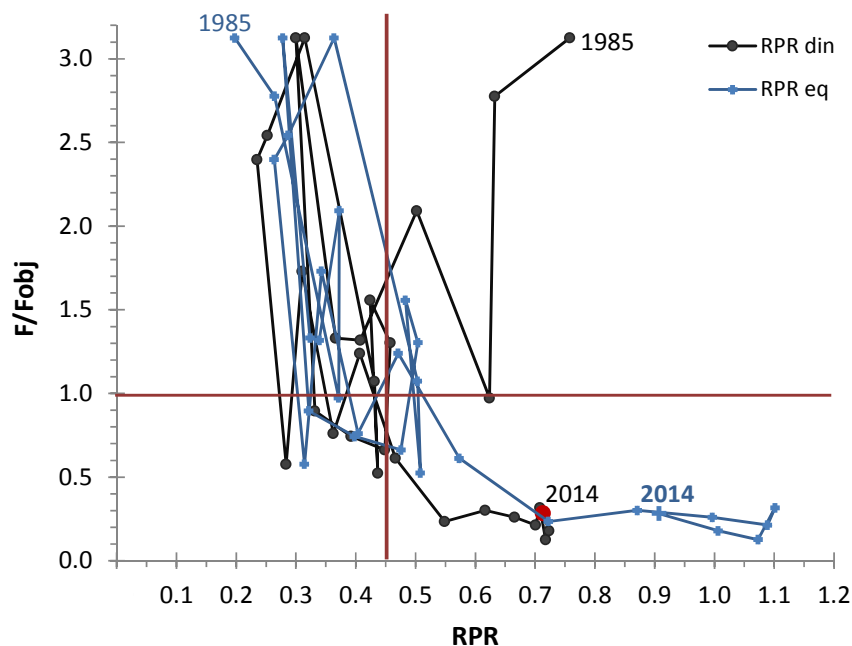


Figura 46. Diagrama de fases de explotación del langostino amarillo, área norte, bajo 2 criterios de reducción de la biomasa desovante: RPR dinámico (RPR din) y RPR de equilibrio (RPR eq) con PBR objetivo del $F_{45\%}$.

Además, se presenta el diagrama de fase para el langostino amarillo del área norte relativo a la biomasa objetivo y la áreas que definen el estatus de la especie, según lo establecido en los talleres de Revisión de los Puntos biológicos de Referencia para las Pesquerías Chilenas (**Figura 47**). Los límites que definen el estado de plena explotación fueron discutidos y consensuados en el seno del Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD), entre un 20% por debajo del nivel de biomasa desovante objetivo ($B/B_{RMS}=1$) como límite inferior y en un 50% por sobre ésta (CCT-CD Acta-01/2015). La relación entre el nivel de reducción de la biomasa desovante actual (90%) y la mortalidad por pesca ($F_{actual}=0.07 \text{ año}^{-1}$), indican que el langostino amarillo del área norte se encuentra subexplotado y un bajo riesgo de estar en sobrepesca ($p(F_{2014}>F_{RMS})=0.07$).

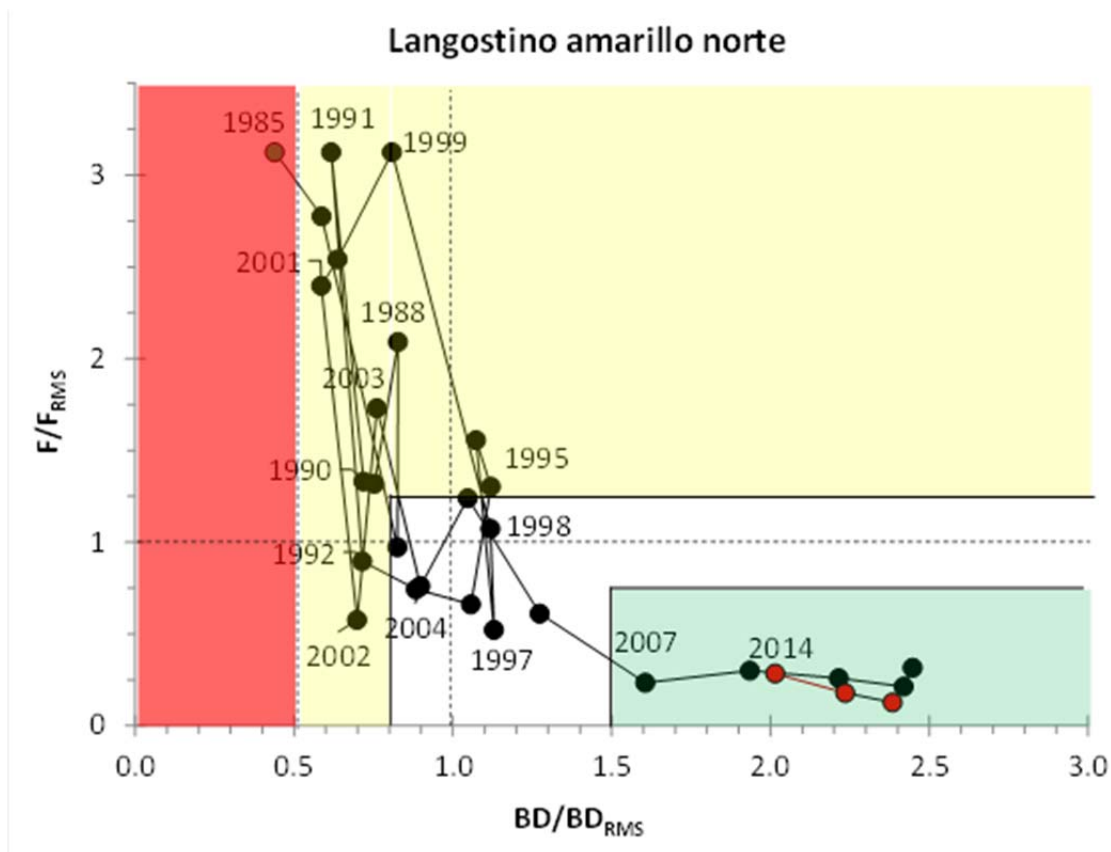


Figura 47. Diagrama de fase del langostino amarillo, área norte. En el eje X se presenta la razón entre el nivel de reducción de la biomasa desovante estimada en la evaluación de stock respecto de la biomasa objetivo (BD_{RMS}), la cual define el estatus de sub-explotación ($B/B_{RMS} > 1.5$), plena explotación ($0.8 \geq B/B_{RMS} \geq 1.5$), sobreexplotación ($B/B_{RMS} < 0.8$) y colapso ($B/B_{RMS} < 0.5$). 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 ($F/F_{RMS} > 1.25$) se define la condición de sobrepesca.

4.2.2 Estatus Langostino amarillo área sur

Puntos Biológicos de Referencia (PBR)

Al igual que en el área norte, se estimó el PBR para el langostino amarillo del área sur basado en una análisis de rendimiento por recluta y biomasa desovante por recluta, dado el vector de pesos medios a la edad, la selectividad de la flota estimada en el modelo y la ojiva de madurez sexual a la edad para el reclutamiento virginal $R_0=1.0$. Como objetivo de conservación se definió un valor proxy del RMS equivalente a un nivel de reducción de la biomasa desovante del 45% respecto de la biomasa desovante sin pesca (Paya et al., 2014).

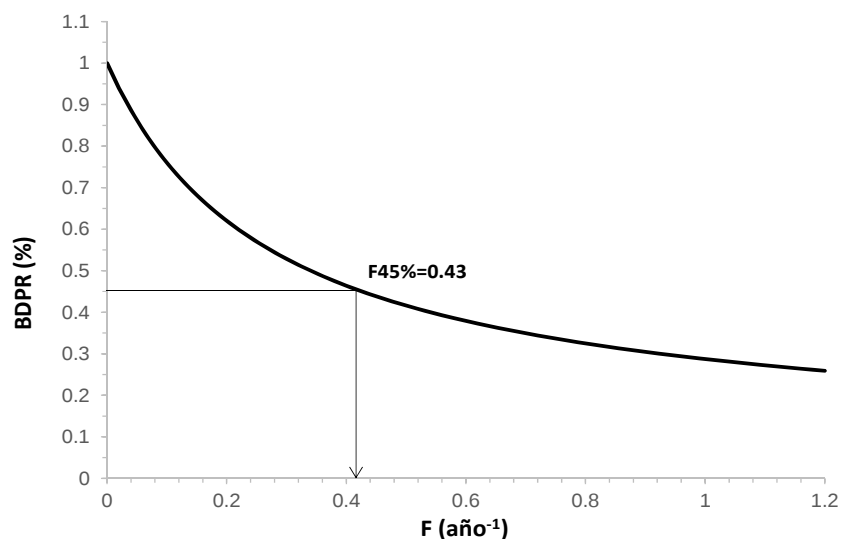


Figura 48.- Curva de reducción de la biomasa desovante por recluta para langostino amarillo del área sur. Se definen los límites en función de la mortalidad por pesca.

Indicadores del estatus

El langostino amarillo del área sur estuvo sometido a elevadas tasas de mortalidad por pesca en el período 1981-1983, las que significaron tasas de explotación sobre la biomasa superiores al 20%.

Mortalidad por pesca y tasa de explotación (en peso) para langostino amarillo en el período 1985 - 2014, área norte. La línea punteada muestra el valor de F objetivo. (**Figura 49**) afectando los niveles poblacionales en el año 1984. Esta situación se repite en la segunda mitad de los 90 provocando los niveles poblacionales más bajos del período analizado (2000-2001). Posteriormente y 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 prácticamente nulos. Entre 2006 y 2011, se registró un incremento en la mortalidad por pesca y tasas de explotación. Durante el 2012, estas comienzan a disminuir nuevamente y se estimó para el 2014 una mortalidad por pesca $F=0.10$ año⁻¹.

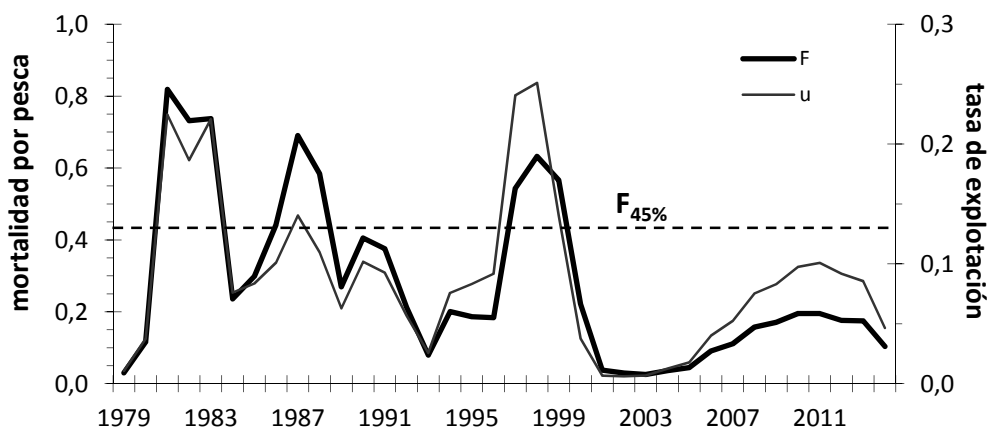


Figura 49. Mortalidad por pesca y tasa de explotación (en peso) para langostino amarillo en el período 1979-2014, área sur. La línea punteada muestra el valor de F límite de sobrepesca.

El potencial reproductivo del stock llegó a sus niveles más bajos en los años 1984 (30%). El stock del área sur, recuperó su potencial reproductivo por sobre la condición virginal (B_0 equilibrio) luego de la moratoria extractiva y el ingreso de buenas clases anuales. Tras una disminución, el stock de langostino amarillo del área sur presenta para el año 2014 una reducción del potencial reproductivo del 59% (Figura 50).

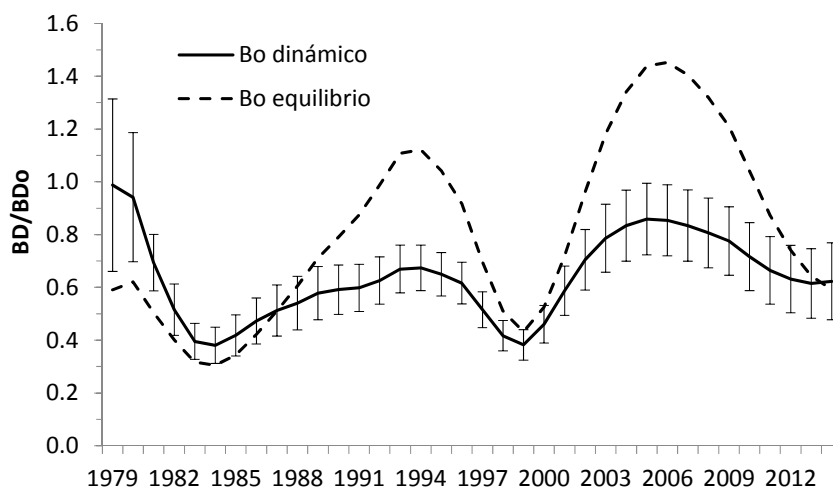


Figura 50. Razón entre la biomasa desovante del stock con y sin pesca, pesquería del langostino amarillo, área sur (intervalos de credibilidad del 95%).

Diagrama de Fase

Se presenta el diagrama de fase para el langostino amarillo del área sur el cual considera que el rendimiento máximo sostenido se obtiene cuando la biomasa desovante es reducida al 45% (proxy) de la biomasa desovante virginal (B_0 en equilibrio). Los límites de la plena explotación corresponden a los mismos definidos para el área norte, entre un 20% por debajo del nivel de biomasa desovante objetivo ($B/B_{RMS}=1$) como límite inferior y en un 50% por sobre ésta (CCT-CD Acta-01/2015). El nivel de reducción de la biomasa desovante actual respecto de la condición sin pesca (59%) y la mortalidad por pesca ($F_{actual}=0.10 \text{ año}^{-1}$), indican que el langostino amarillo del área sur se encuentra en plena explotación, con $p(BD < BD_{RMS})=0$ y de que $p(F > F_{RMS})=0.05$; es decir, sin riesgo de sobreexplotación y un riesgo del 5% de caer en sobrepesca (Figura 51).

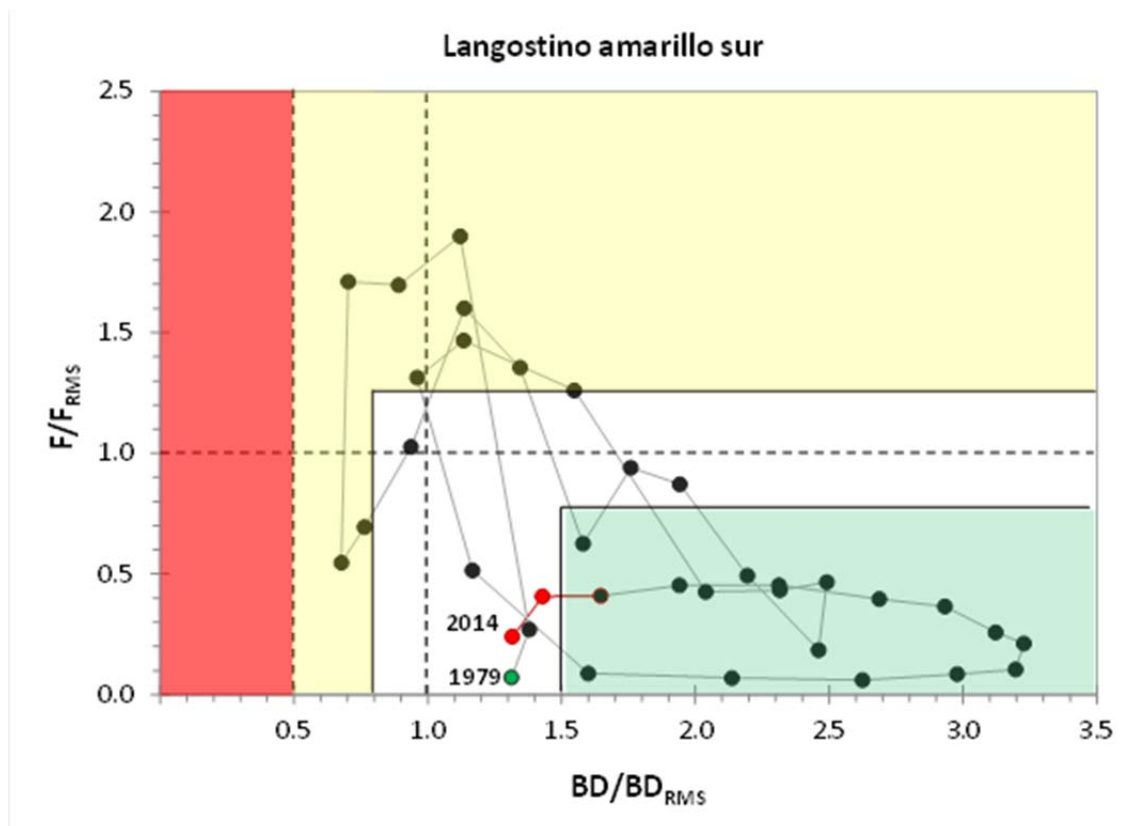


Figura 51. Diagrama de fase del langostino amarillo, área sur. En el eje X se presenta la razón entre el nivel de reducción de la biomasa desovante estimada en la evaluación de stock respecto de la biomasa objetivo (BD_{RMS}), la cual define el estatus de sub-explotación ($B/B_{RMS} > 1.5$), plena explotación ($0.8 \geq B/B_{RMS} \geq 1.5$), sobreexplotación ($B/B_{RMS} < 0.8$) y colapso ($B/B_{RMS} < 0.5$). 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 ($F/F_{RMS} > 1.25$) se define la condición de sobrepesca.

4.3 Objetivo específico N°3

Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptable (CBA) para cada uno de los recursos pesqueros considerados en este proyecto, al año 2015, con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado, debidamente informado en tablas de decisión, considerando los posible estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.

4.3.1 CBA langostino amarillo norte

Para estimar la CBA_{2015} para el langostino amarillo del área norte se simularon tasas de mortalidad por pesca constantes en un horizonte de 10 años de proyección. Para evaluar las diferencias entre escenarios de proyección se utilizó como estrategia una condición sin pesca ($F=0$), el actual nivel de explotación ($F=F_{sq}$) y el valor objetivo ($F=F_{RMS}$). En el escenario base, los reclutamientos son incorporados en la proyección como un promedio de los reclutamientos estimados para todo el período de modelación. Como escenario alternativo se presenta la proyección de captura para reclutamientos bajos como los ocurridos en el período 2009-2011.

La **Figura 52** muestra la trayectoria de las proyecciones de las capturas para las estrategias de explotación analizadas bajo el escenario base (Reclutamiento medio). Bajo la estrategia de explotación propuesta como objetivo (F_{RMS}), la captura biológicamente aceptable para el año 2015 alcanzaría las 2.7 mil t (mediana), para disminuir en el mediano plazo y estabilizarse en torno a las 1.8 mil t (2020).

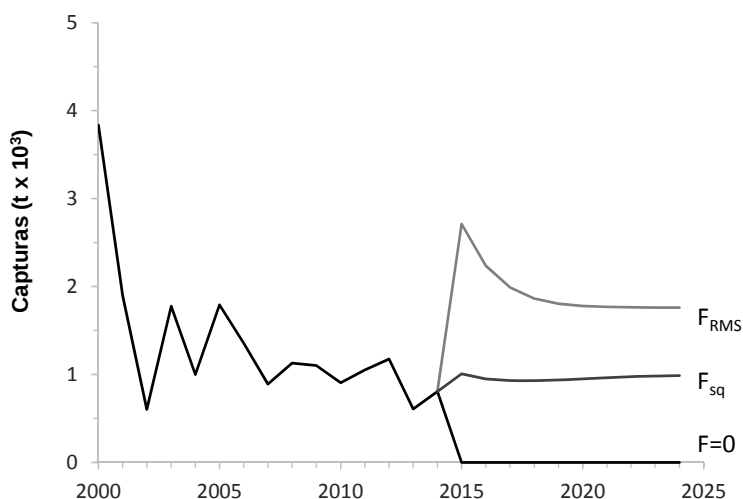


Figura 52. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas para el langostino amarillo del área norte bajo distintas estrategias de mortalidad por pesca constante, período 2015-2024. Escenario base: reclutamientos medios para todo el período de modelación.

Se presenta la proyección de capturas para el escenario alternativo de reclutamientos bajos en la **Figura 53**. Bajo la estrategia de explotación propuesta como objetivo (F_{RMS}), la captura biológicamente aceptable para el año 2015 se proyecta, al igual que bajo el escenario base, en 2.7 mil t (mediana) para luego disminuir en el mediano plazo y estabilizarse en torno a las 1.6 mil t en el año 2020, cerca de 200 t más baja respecto del escenario base (**Figura 54**).

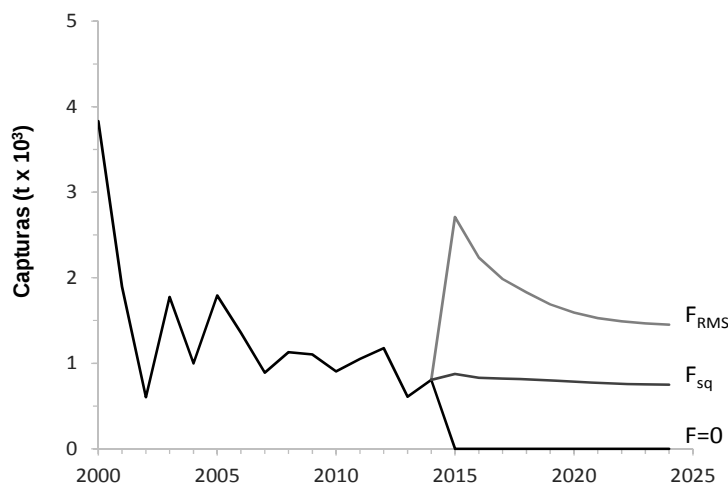


Figura 53. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas para el langostino amarillo del área norte bajo distintas estrategias de mortalidad por pesca constante, período 2015-2024. Escenario alternativo con reclutamientos bajos (media período 2009-2011).

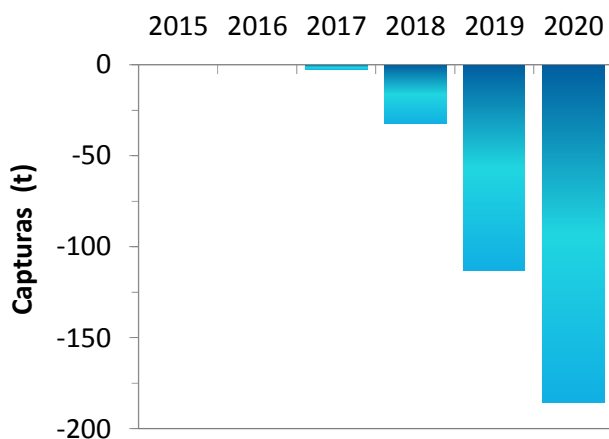


Figura 54. Comparación entre las capturas (t) proyectadas bajo el escenario alternativo (reclutamientos bajos) y el escenario base (reclutamiento medio de todo el período de modelación), bajo la estrategia de explotación F_{RMS} . Período 2015 – 2020, langostino amarillo del área norte.

En la **Tabla 7** se presentan las capturas proyectadas de langostino amarillo al aplicar las estrategias de explotación para distintos riesgos de exceder dicha tasa. Si se aplica la mortalidad por pesca objetivo ($F_{45\%}$), con un nivel de riesgo del 10% (de exceder la estrategia de F), la captura biológicamente aceptable para el año 2015, para el langostino amarillo del área norte alcanza las 2224 t (~2.2 mil t), lo que significa disminuir paulatinamente los niveles de biomasa para acercarse al recurso al objetivo de manejo.

Tabla 7

Nivel de biomasa desovante respecto de la objetivo y capturas proyectadas (t) para el año 2015, bajo criterios de F y percentiles de riesgo de exceder dicha estrategia del 10 y 50%, langostino amarillo área norte.

Regla	Criterio	B/Brms (t=1)	B/Brms (t=2)	CBA ($\alpha=0.1$)	CBA ($\alpha=0.5$)
F = cte	F = 0	1.78	1.76	0	0
	F = F_{sq}	1.69	1.56	848	1053
	F = F_{RMS}	1.53	1.24	2224	2710

Bajo un segundo enfoque, se elaboró una tabla de decisión que consideró un conjunto de hipótesis respecto del valor de la biomasa de los cruceros para el año 2014, la que permite proyectar los niveles de CBA ante distintos niveles de riesgo (10% y 50%) y criterios de explotación. La biomasa del crucero de evaluación directa 2014 fue estimada en 13 mil toneladas ($IC_{95\%} = [10 - 16]$ mil t).

De esta forma, se puede señalar que, si se utiliza la estrategia de F_{RMS} y se asume un riesgo de un 10% de sobrepasarla y además se considera el escenario más conservador respecto del nivel de biomasa estimada por el crucero 2014 (< 12 mil toneladas), la CBA estimada para el año 2015 es de 2.1 mil t, mientras que considerando el escenario más optimista (>16 mil t) y bajo el mismo nivel de riesgo (10%) la CBA_{2015} es de 2.6 mil toneladas (**Tabla 8**).

Tabla 8

Tabla de decisión para fijar la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año 2015 de langostino amarillo área norte, bajo estrategias de mortalidad por pesca constante y considerando 4 hipótesis de Biomasa Directa para el año 2014. El percentil corresponde a la CBA asumiendo un riesgo del 10% y 50%.

Biomasa (miles ton)		Hipótesis alternativas Biomasa crucero año 2014				Valor Esperado
		<12	12-14	14-16	> 16	
Probabilidad		0.20	0.55	0.22	0.02	
		Percentil 10% CTP				
F	F_{sq}	1241	1309	1416	1547	1324
	F_{rms}	2134	2265	2473	2641	2292
		Percentil 50% CTP				
F	F_{sq}	1447	1573	1746	1855	1591
	F_{rms}	2473	2743	3026	3182	2759

4.3.2 CBA langostino amarillo área sur

Para estimar la CBA₂₀₁₅ para el langostino amarillo del área sur se simuló tasas de mortalidad por pesca constantes en un horizonte de 10 años de proyección. Al igual que en el área norte, para evaluar las diferencias entre escenarios de proyección se utilizó como estrategia una condición sin pesca ($F=0$), el actual nivel de explotación o ($F=F_{sq}$) y el valor objetivo ($F=F_{RMS}$). En el escenario base, los reclutamientos son incorporados en la proyección como un promedio de los reclutamientos de todo el período de modelación (1979-2014). Además, se incorpora un escenario de reclutamientos bajos igual al promedio de reclutamientos estimados para el período 2009-2011.

La **Figura 58** muestra la trayectoria de las proyecciones de las capturas para el escenario base y las estrategias de explotación analizadas. Bajo el escenario de proyección objetivo (F_{RMS}), la captura para el 2015 alcanzaría las 4 mil toneladas (mediana) para disminuir en el mediano plazo y estabilizarse en torno a las 3.3 mil t (2024).

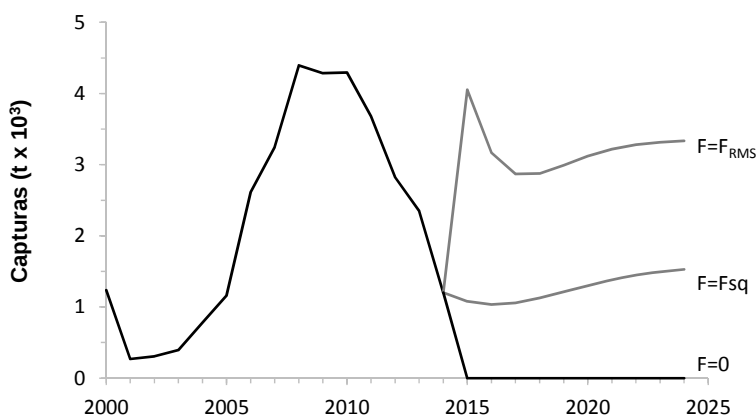


Figura 55. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas bajo distintas estrategias de mortalidad por pesca constante, período 2015-2024, langostino amarillo área sur. Escenario base de reclutamiento.

Se presentan la proyección de capturas para el escenario alternativo en la **Figura 56**. Bajo la estrategia de explotación objetivo (F_{RMS}), la captura para el 2015 alcanza también las 4 mil toneladas (mediana) para disminuir en el mediano plazo y estabilizarse en torno a las 1.2 mil t (2024). Como se puede observar en la **Figura 57** no se observan diferencias en la captura estimada para el primer y segundo año de proyección entre ambos escenarios, lo que se entiende porque la explotación del recurso se concentra hacia ejemplares más grandes y no en los individuos que reclutan a la pesquería.

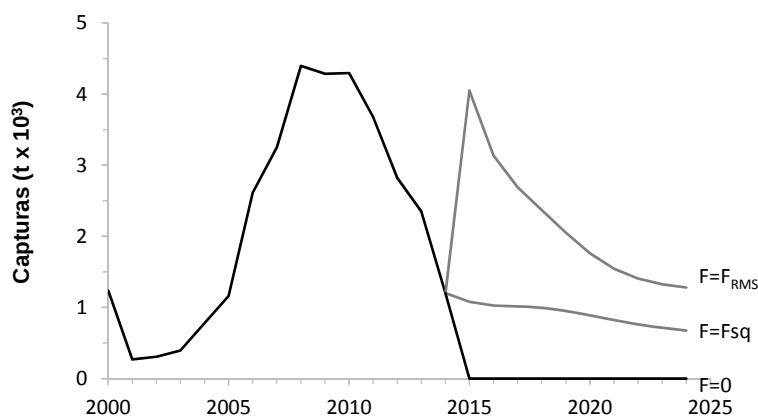


Figura 56. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas bajo distintas estrategias de mortalidad por pesca constante, período 2015-2024, langostino amarillo área sur. Escenario base de reclutamiento.

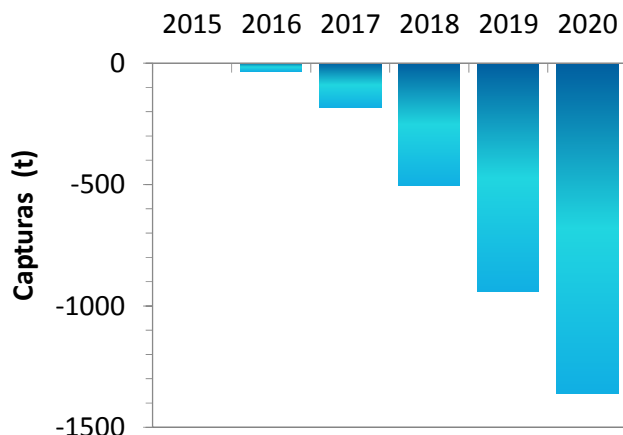


Figura 57. Diferencia entre las capturas (t) proyectadas bajo el escenario alternativo (reclutamientos bajos) y el escenario base (reclutamiento medio de todo el período de modelación), bajo la estrategia de explotación F_{RMS} . Período 2015 – 2020, langostino amarillo del área sur.

En la **Tabla 9** se presentan las capturas proyectadas de langostino amarillo al aplicar las estrategias de explotación para distintos riesgos de exceder dicha tasa. Por lo tanto, si se aplica la mortalidad por pesca objetivo (F_{RMS}), bajo un nivel de riesgo del 10% (de exceder F), la captura biológicamente aceptada para el año 2015, para el langostino amarillo del área sur es de 3119 toneladas (~3.1 mil t). Esta implica disminuir levemente el nivel de biomasa en el corto plazo.

Tabla 9

Nivel de de biomasa desovante respecto de la objetivo y capturas proyectadas (t) para el año 2015, bajo criterios de F y percentiles de riesgo de exceder dicha estrategia del 10 y 50%, langostino amarillo área sur.

Regla	Criterio	B/Brms (t=1)	B/Brms (t=2)	CBA ($\alpha=0.1$)	CBA ($\alpha=0.5$)
	F = 0	1.30	1.39	0	0
F = cte	F = Fsq	1.24	1.26	808	1079
	F = F _{RMS}	1.08	0.95	3119	4052

Bajo un segundo enfoque, se elaboró una tabla de decisión que consideró un conjunto de hipótesis respecto del valor de la biomasa de los cruceros para el año 2014, la que permite proyectar los niveles de CBA ante distintos niveles de riesgo (10% y 50%) y criterios de explotación. La biomasa del crucero de evaluación directa 2014 fue estimada en 11.7 mil toneladas (IC95% = [8.4 - 15] mil t).

De esta forma, se puede señalar que, si se utiliza la estrategia de F_{RMS} y se asume un riesgo de un 10% de sobrepasarla y además se considera el escenario más conservador respecto del nivel de biomasa estimada por el crucero 2014 (< 9 mil toneladas), la CBA para el año 2015 es de 2.6 mil toneladas, mientras que considerando el escenario más optimista (>15 mil t) y bajo el mismo nivel de riesgo (10%) la CBA₂₀₁₅ es de 3.8 mil toneladas. Si se integran todas las hipótesis la captura máxima es de ~ 3.1 mil t para la misma estrategia (F=F_{RMS}) y el mismo nivel de riesgo (**Tabla 8**).

Tabla 10

Tabla de decisión para fijar la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año 2015 de langostino amarillo área sur, bajo estrategias de mortalidad por pesca constante y considerando 4 hipótesis de Biomasa Directa del año 2014. El percentil corresponde a la CBA asumiendo un riesgo del 10% y 50%.

		Hipótesis alternativas Biomasa crucero año 2014				Valor Esperado
Biomasa (miles ton)		<9	9 -12	12-15	> 15	
Probabilidad		0.04	0.54	0.38	0.04	
		Percentil 10% CTP				
F	Fsq	559	773	882	1002	808
	Frms	2626	3088	3496	3813	3119
		Percentil 50% CTP				
F	Fsq	921	1012	1125	1145	1079
	Frms	3578	3860	4273	4535	4052

4.3.3 CBA langostino amarillo por Unidad de Pesquería

Dado que las recomendaciones de CBA langostino amarillo se realizan por área de estudio es necesario complementar la cuota del área norte debido a que una fracción de la captura asignada para el área sur corresponde al sur de la IV Región. En evaluaciones anteriores, la definición de esta porción de la captura se estimó considerando un promedio de la abundancia histórica por unidad de pesquería estimada por los cruceros de evaluación directa. Sin embargo, dado que en los últimos años se han evidenciado cambios en la proporción de los niveles de efectivos poblacionales para cada unidad de pesquería, se propone utilizar sólo la información correspondiente a los dos últimos cruceros realizados. Para determinar la porción de cuota del área sur que debe ser incorporada a la cuota de la unidad de pesquería norte, se consideró que el 35% de la biomasa estimada entre los 30°30'S y los 38°28'S se distribuyen en el sur de la IV Región.

De este modo, se sugiere que el 35% de la cuota sugerida (3.1 mil t) para el langostino amarillo del área sur, sean asignadas a la III y IV Regiones. Este porcentaje equivale a 1085 toneladas, por lo tanto, la cuota recomendada para la unidad de pesquería sur (V-VIII Regiones) queda en torno a las 2 mil t, mientras que la cuota recomendada para la unidad de norte (III- IV Regiones) alcanza las $CBA_{2015} = 3$ mil t. (para $F=F_{RMS}$ y riesgo del 10%). No obstante, una vez que los resultados de la evaluación directa 2014 se encuentre disponible en su totalidad, estos valores pueden ser revisados en el seno del CCT-CD.

4.4 Objetivo específico N°4

Analizar estocásticamente las posibilidades futuras de explotación de estos recursos en el mediano plazo y los riesgos de no alcanzar los objetivos de conservación, considerando la incertidumbre de estimación de sus indicadores y los probables estados de la naturaleza, conforme a las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda.

4.4.1 Proyecciones langostino amarillo área norte

Se presentan las trayectorias de las biomاسas y capturas proyectadas en un horizonte de 10 años resultantes de la implementación de las estrategias de explotación sin pesca, $F=F_{sq}$ y $F=F_{RMS}$ bajo un escenario de reclutamiento constante.

Los resultados de la proyección del stock del langostino amarillo del área norte muestran que mantener el mismo nivel de remoción del recurso (F_{sq}) mantiene el actual nivel total de la población mientras que la biomasa desovante disminuye en el corto plazo, para luego recuperarse paulatinamente. La estrategia de mortalidad por pesca objetivo (F_{RMS}) genera un decaimiento leve en el nivel de biomasa total y uno mayor para la biomasa desovante en el corto plazo para luego estabilizar los niveles poblacionales (**Figura 58** y **Figura 59**).

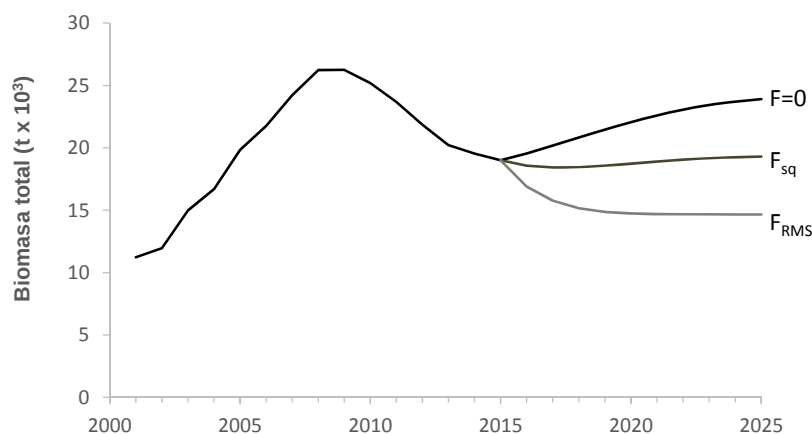


Figura 58. Trayectoria de la biomasa total (t) de langostino amarillo, 3rea norte. Se evalúan estrategias de mortalidad por pesca constante para el período 2015-2024.

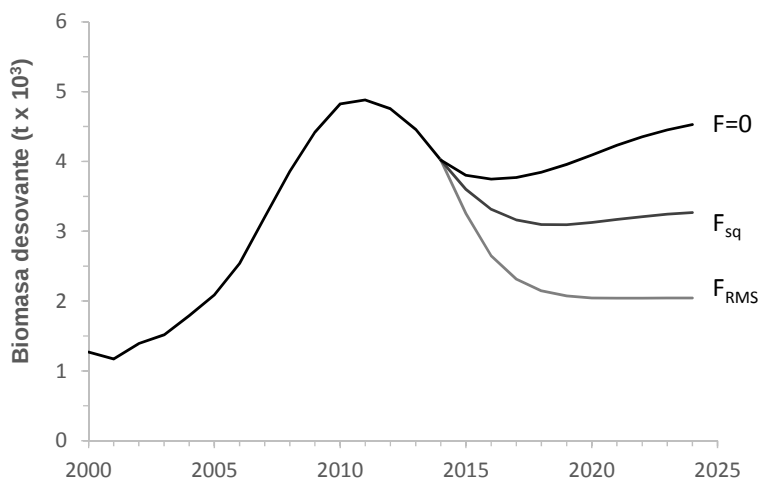


Figura 59. Trayectoria de la biomasa desovante (t) de langostino amarillo, 3rea norte. Se evalúan estrategias de mortalidad por pesca constante para el período 2015-2024.

Se presentan los diagramas de fase resultantes de la proyección del stock de langostino amarillo del área norte bajo las estrategias de proyección propuestas. En la **Figura 60** se presenta la proyección bajo un escenario de explotación equivalente al estimado para el año 2014 (F_{sq}), en esta se observa una disminución del indicador de razón de la biomasa desovante (BD/BD_{RMS}) para luego fluctuar pero manteniéndose por sobre el objetivo de la pesquería, lo que significa que el recurso se encontraría en el límite superior de la plena explotación, sin riesgo de sobre-explotación y sobrepesca, pero sin alcanzar el objetivo de manejo esperado.

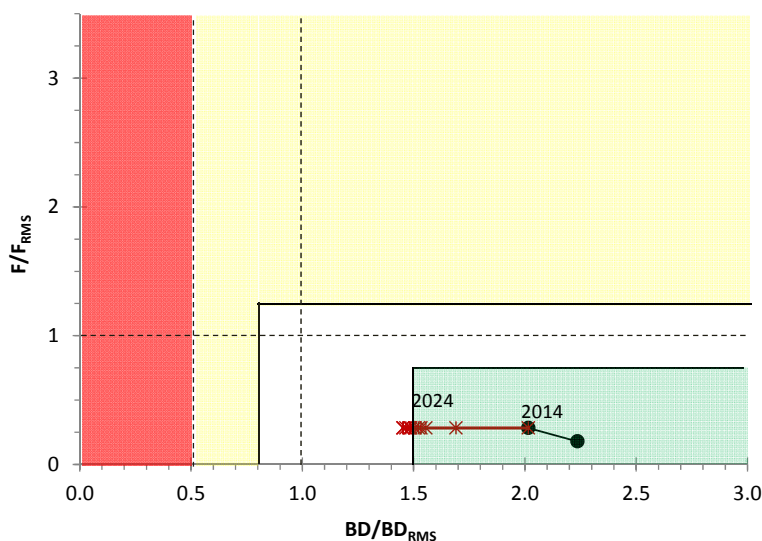


Figura 60. Diagrama de fase de explotación proyectado bajo el nivel de mortalidad por pesca ($F = F_{sq}$). Las cruces rojas muestran la progresión de la BD/BD_{RMS} hasta el año 2024, área norte.

La estrategia de explotación $F=F_{RMS}$, genera en el corto plazo una disminución de los niveles de biomasa desovante, para permitir que el recurso se aleje de la sub-explotación en el corto plazo y llevarlo progresivamente al objetivo en el mediano plazo ($BD/BD_{RMS} \sim 1$ en el año 2018, **Figura 61**).

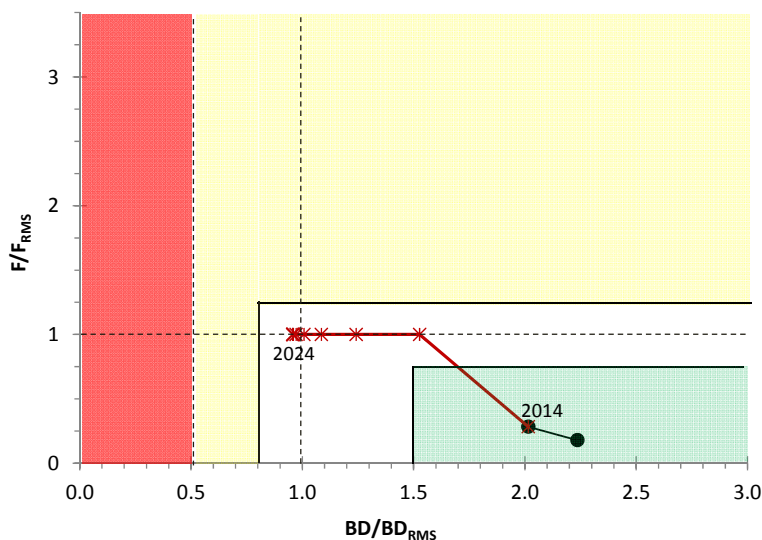


Figura 61. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo la mortalidad por pesca objetivo ($F= F_{RMS}$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_{RMS} hasta el a3o 2024, langostino amarillo, 3rea norte.

4.4.2 Proyecciones langostino amarillo 3rea sur

En el desarrollo del objetivo anterior se presentaron las trayectorias de las capturas proyectadas en un horizonte de 10 a3os resultantes de la implementaci3n de las estrategias de explotaci3n $F=F_{sq}$ y $F=F_{RMS}$ (**Figura 55**), bajo el escenario base de reclutamiento constante. A partir del mismo an3lisis, se obtienen los resultados de la proyecci3n sobre la biomasa total y desovante. Al aplicar la estrategia de mortalidad por pesca objetivo (F_{RMS}), se espera en el corto plazo una disminuci3n del nivel de biomasa total y en mayor medida de la biomasa desovante para luego estabilizar los niveles poblacionales (**Figura 62 y Figura 63**).

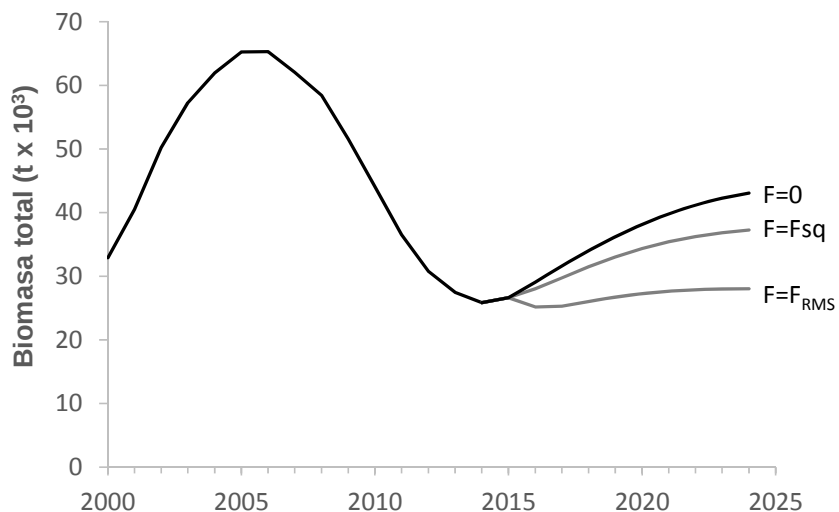


Figura 62. Trayectoria de la biomasa total (t) de langostino amarillo, área sur. Se evalúan estrategias de mortalidad por pesca constante para el período 2015-2024.

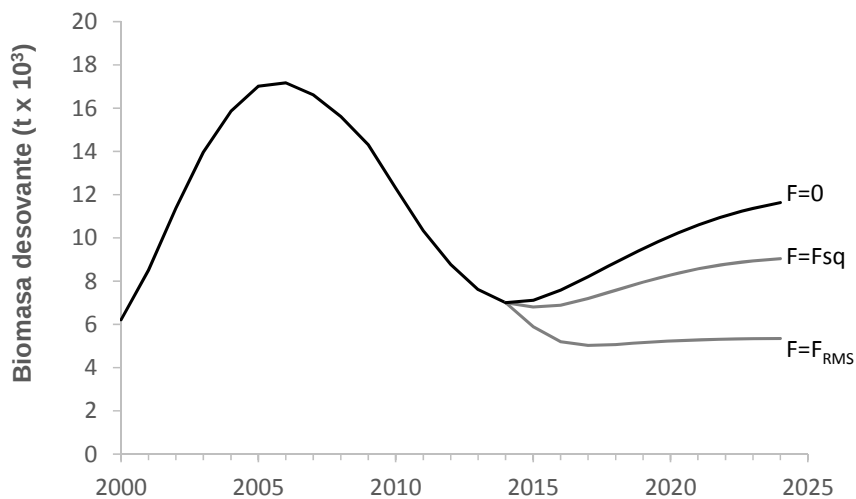


Figura 63. Trayectoria de la biomasa desovante (t) de langostino amarillo, área sur. Se evalúan estrategias de mortalidad por pesca constante para el período 2015-2024.

A continuación se presentan los diagramas de fase resultantes de la proyección del stock de langostino amarillo del área sur, bajo las estrategias de proyección propuestas. En la **Figura 64** se presenta la proyección bajo un escenario de explotación equivalente al estimado para el año 2014 (F_{sq}), en esta se observa una leve disminución del indicador de razón de la biomasa desovante (BD/BD_{RMS}) en el corto plazo, para luego aumentar alejándose del objetivo de la pesquería, lo que significa que el recurso pasa de una condición de plena explotación a la sub-explotación en el mediano plazo (2020).

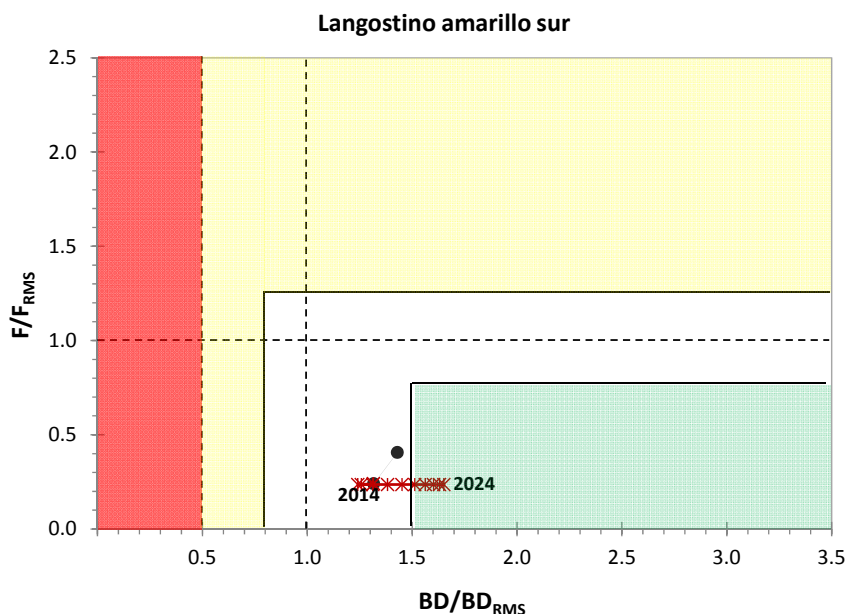


Figura 64. Diagrama de fase de explotación proyectado bajo el nivel de mortalidad por pesca ($F = F_{sq}$). Las cruces rojas muestran la progresión de la BD/BD_{RMS} hasta el año 2024, área sur.

La estrategia de explotación $F=F_{RMS}$, genera una disminución de los niveles de biomasa desovante y un aumento de la mortalidad por pesca acercando al recurso al Rendimiento Máximo Sostenible en el corto plazo ($BD/BD_{RMS} \sim 1$ en el año 2020). Bajo este escenario, el recurso se mantiene en estado de plena explotación (**Figura 65**).

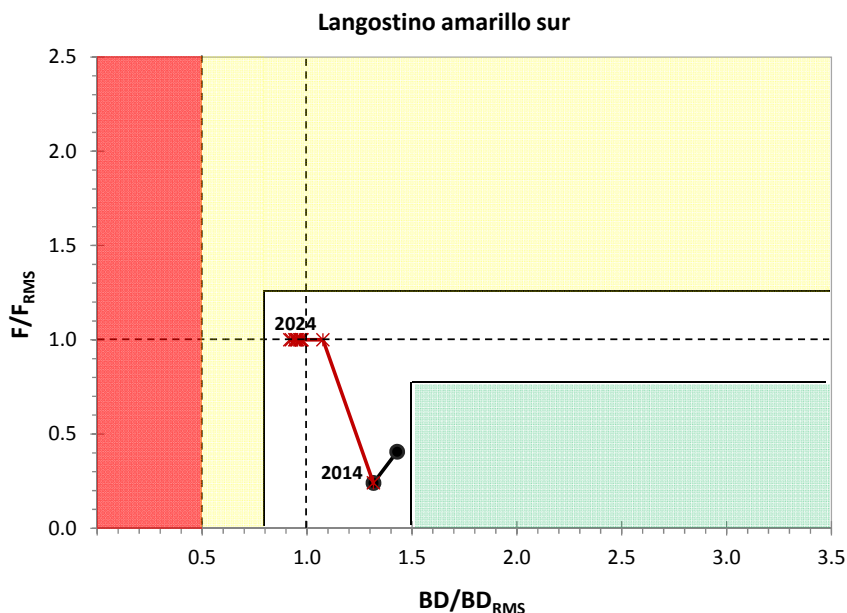


Figura 65. Diagrama de fase de explotación proyectado bajo la mortalidad por pesca objetivo ($F = F_{RMS}$). Las cruces rojas muestran la progresión de la BD/BD_{RMS} hasta el año 2024, langostino amarillo, área sur.

4.5 Objetivo específico N°5

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.

4.5.1. Estándar Metodológico de Evaluación (EME)

En el proceso de evaluación stock es relevante dimensionar el nivel de conocimiento del stock en estudio. Determinar el nivel de calidad de datos e información permite definir el tipo de enfoque de modelamiento que es posible usar para determinar los niveles poblacionales del stock, así como también definir procedimientos para el cálculo de PBR.

En los últimos años el IFOP ha adoptado el sistema de niveles usado por el US National Marine Fisheries Service (Restrepo *et al.*, 1998), en que la calidad de la información permite clasificar el estándar de una pesquería en tres categorías según, los siguientes criterios:

Estándar completo (“Data-Rich”): Se pueden realizar estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido (RMS) y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock. La evaluación puede ser sofisticada e incorporar la mayor parte de las fuentes de incertidumbre o bien una cantidad razonable de ella.

Estándar medio (“Data-Medium”): No se disponen de estimaciones confiables del rendimiento máximo sostenido y/o cantidades relacionadas, ya sea porque no están disponibles o bien tienen un uso limitado debido a peculiaridades de la historia de vida del recurso, a la pobreza del contraste de los datos, o a la alta variabilidad del reclutamiento. Sin embargo, existen estimaciones confiables del tamaño del stock y de todos los parámetros claves de la historia de vida (crecimiento) y de la pesquería (selectividad). Este caso se utiliza PBR genéricos (“proxy”) para sustituir los PBR asociados al RMS que no se pueden estimar confiablemente.

Estándar pobre (“Data-poor”): No existen estimados confiables del rendimiento máximo sostenido, de la abundancia del stock, de los parámetros vitales ni de los parámetros de la pesquería. La evaluación es mínima y la incertidumbre se aproxima sólo cualitativamente. No se pueden realizar cálculos de rendimientos por recluta o biomasa desovante por recluta. Este caso se utiliza aproximaciones especiales para estimar el RMS, tales como “reglas del pulgar”, promedio de capturas históricas corregidas, o más sofisticadas como aproximaciones bayesianas que usan información desde stock con data rica

El estándar de la pesquería de langostino amarillo fue realizado a partir de un listado de tópicos generales y específicos, tomado desde el Anexo D “Checklist for the Stock Assessment” (NRC, 1988). Este listado fue modificado para las pesquerías chilenas, incluyendo un total de 7 tópicos y 87 preguntas generando la “matriz de conocimiento” del recurso (Canales *et al.*, 2012). De esta forma, la información disponible permite clasificar la pesquería de langostino amarillo en el nivel de “estándar medio”.

Paralelamente a la realización de esta investigación se desarrolló el proyecto “Revisión de los puntos biológicos de referencia en las pesquerías nacionales” (Payá *et al.*, 2014), el cual constituye un avance importante en la definición formal de un sistema de niveles o “tiers” de calidad de datos e información específico para las pesquerías chilenas. En el marco de este proyecto, entre el 9 y 13 de diciembre de 2013 en la ciudad de Viña del mar, se realizó el primero de tres talleres de trabajo 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. El reporte de este primer taller se encuentra disponible en el sitio web del proyecto: <https://sites.google.com/site/brpforchileanfisheries/reports>.

De acuerdo a la nueva Ley de Pesca chilena, los expertos señalan que es más conveniente establecer un Sistema de 3 niveles para las poblaciones, que no esté basado sólo en el tipo de datos disponibles, tal como se ha hecho hasta la fecha, sino en el tipo de determinación de PBR que sea posible estimar en cada caso. Además se compilaron métodos para determinar los PBR para la biomasa desovante y la mortalidad por pesca en cada nivel, así como las metodologías más apropiadas para la estimación de la biomasa virginal (B_0). De este modo, para representar el desarrollo histórico de la biomasa desovante versus la B_{RMS} , principal objetivo de manejo de las pesquerías en Chile de acuerdo con la LGPA, se necesita un valor absoluto (o proxy) de éste último.

De acuerdo con el Sistema propuesto en el taller, 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 del recurso (o ausencia de la misma).

El sistema de niveles descrito es distinto al sistema de Datos Ricos, Datos Moderados y Datos Pobres descrito anteriormente (Restrepo *et al.*, 1998). El nuevo sistema de niveles hace hincapié en el tipo de análisis que son viables y no en la cantidad o la calidad de los datos. Sin embargo, los niveles generalmente se pueden alinear con el Sistema de categoría de datos, de la siguiente forma:

- Tier 1a corresponde a Datos Ricos
- Tier 1b corresponde a Datos Ricos
- Tier 2 corresponde a Datos Moderados
- Tier 3 corresponde a Datos Pobres

Lo anterior implica 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.

El proyecto contempló otros dos talleres que se realizaron en los meses de abril y agosto de 2014, cuyos reportes se encuentran disponibles en la página web ya mencionada. En el segundo taller, se estimaron los PBR específicos para cada especie y se definió la estimación de la biomasa desovante virginal en equilibrio o estático para las pesquerías de crustáceos, lo que significó un cambio respecto de la metodología usada anteriormente (B_0 dinámico). En el tercer taller se trabajó principalmente en una adecuada definición del Diagrama de Fase, que define las zonas y sus correspondientes límites en función de los PBR estimados y a través del cual se pueda representar la trayectoria histórica del estatus del recurso.

La realización de este proyecto, constituye un importante hito a considerar dentro de las mejoras al proceso de evaluación de stock de las pesquerías chilenas y que suma a los avances presentados en proyectos anteriores, tales como, la extensión de la estructura temporal del modelo, Incorporación del grupo plus a la dinámica de la población explotada, cambios en el coeficiente capturabilidad de los cruceros de evaluación directa siendo estos estimados en el modelo, entre otros (Bucarey *et al.*, 2014).

Conforme a los acuerdos alcanzados en la reunión de coordinación bilateral SUBPESCA/IFOP (Anexo I), en el presente proyecto se modificó la plataforma de trabajo para el langostino amarillo a ADM Builder (Fournier *et al.*, 2012), cumpliendo con el proceso de estandarización y desarrollo de los modelos implementados por IFOP.

Además, se incorporó la estructura de tallas de los cruceros de evaluación directa al modelo de evaluación de stock de langostino amarillo.

4.5.2. Programa de Mejoramiento

Las brechas de información que se mantienen al día de hoy se relacionan con el nivel de conocimiento de la dinámica poblacional del langostino de la unidad de pesquería norte, que aporten antecedentes hacia la definición de un modelo conceptual adecuado, así como la necesidad de revisión de los parámetros de historia de vida, dada la incertidumbre en la longevidad de la especie.

Si bien se identifica la necesidad de implementar una serie corregida de desembarques como una de las tareas a llevar a cabo, se debe tener en cuenta que esta problemática transversal a otras pesquerías, es de difícil solución y requiere de un consenso entre los distintos usuarios de la pesquería y una discusión en el seno del CCT acerca de los períodos de mayor incertidumbre y la magnitud de los desembarques (ver Anexo 1). Para mejorar la evaluación de stock del langostino amarillo se sugiere resolver temas relacionados con cómo se ponderan las distintas piezas de información toda vez que la evaluación incluye variadas fuentes de información, como por ejemplo, análisis de residuales, determinación de los tamaños de muestra de las estructuras de tallas provenientes de la flota y cruceros de evaluación directa y coeficientes de variación usados. Además, revisar la consistencia del modelo de evaluación a través de un análisis retrospectivo.

Tabla 13

Listado de mejoras sugeridas que apuntan a disminuir las brechas en el conocimiento de langostino amarillo y nivel de prioridad (P) de 1 a 3, donde 1 es máximo.

Langostino colorado	P
Revisar parámetros de historia de vida (crecimiento, madurez, M) y posibles diferencias espaciales	1
Incorporar análisis de residuales	1
Análisis de tamaños de muestra	2
Análisis retrospectivo del modelo de evaluación.	2
Estudiar series de desembarques corregidas	3

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El presente documento contiene el conjunto de datos e información de entrada que son utilizados en el modelo de evaluación de stock de langostino amarillo, con énfasis en la calidad y consistencia que determinan la incertidumbre asociada, el modelo de evaluación de stock y sus principales resultados.

Las principales fuentes de información corresponden a: i) Información biológico-pesquera, proveniente del monitoreo de la pesquería, el cual es realizado a partir del convenio Asesoría Integral para la toma de decisiones en pesca y acuicultura (ASIPA) encargado por SUBPESCA a IFOP, ii) Estadísticas de desembarques provenientes de la sistematización de la información de control cuota registrada por el SERNAPESCA y proporcionada por SUBPESCA, iii) parámetros de historia de vida obtenidos de la literatura científica y, iv) la evaluación directa del recurso.

La serie de desembarques presentada proviene del registro de control cuota, en el cual se identifica la zona de captura del recurso (no el puerto de desembarque) e incluye tanto las capturas comerciales como las pescas de investigación. La serie temporal para el área norte de distribución del recurso abarca el período 1985 – 2013 para el área norte y 1979-2013 para el área sur, períodos que definen la estructura temporal del modelo. Aunque existen años de mayor incertidumbre 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, es común que sea ponderado con un mayor valor estadístico. Sin embargo, 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. No obstante, 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).

Usualmente, el modelo de evaluación utiliza un supuesto de proporción sexual del 50% de hembras y 50% de machos. En esta evaluación se incorpora la proporción sexual observada a partir del monitoreo en aquellos años en que la información está disponible.

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, 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 relación con los parámetros de historia de vida, se considera que los parámetros de crecimiento utilizados son confiables dado que los datos utilizados 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). Sin embargo, estas estimaciones están sujetas a una alta incertidumbre por lo que se recomienda revisar el valor de este parámetro y su impacto sobre las principales variables de estado en futuros proyectos.

Las evaluaciones directas constituyen una fuente importante de información a la evaluación de stock. La calidad y suficiencia de las estimaciones de biomasa obtenidas a través de éste método es variada en el tiempo. Para analizar con detalle las fortalezas y debilidades de este método (aplicado a los stocks de crustáceos demersales en Chile), el Fondo de Investigación Pesquera (FIP) licitó el año 2006 la realización de un proyecto con el objetivo de estandarizar los procedimientos metodológicos para la evaluación de crustáceos demersales, a través del método de área barrida (Acuña *et al.*, 2008). Las principales fuentes de error e incertidumbre de estos estudios se deben a 1) el cálculo del área barrida por la red (arte de muestreo); 2) la duración del lance de pesca de investigación; 3) la estimación de la apertura de punta de alas (APA); 4) el diseño de muestreo del área de estudio; 5) la delimitación del área de distribución del recurso estudiado, y 6) el cálculo de la densidad poblacional o cpua (captura por unidad de área).

Se consideró un cambio en el coeficiente de capturabilidad “q” de los cruceros de evaluación directa a partir del año 2004, debido a cambios metodológicos asociados al cambio de ejecutor del proyecto y que explicarían el significativo incremento en el nivel de biomasa. Esta decisión fue discutida y consensuada como una mejora en el modelo en instancias de revisión, en el seno del anterior CCT (año 2012).

Si bien la información utilizada en el modelo de evaluación de langostino amarillo contiene importantes fuentes de incertidumbre, como los supuestos en torno a los parámetros de historia de vida (crecimiento, mortalidad, madurez), la incertidumbre en los desembarques y sesgos asociados en las evaluaciones directas, sumado al error de proceso inherente a los modelos de evaluación, este estudio utiliza la mejor información disponible para la especie a nivel nacional. Además, es posible señalar que los parámetros y datos disponibles empleados en la evaluación de stock, contienen suficiente información para ser modelados a través de un modelo estadístico estructurado a la edad, cuyos resultados son útiles para el manejo pesquero. Por lo tanto, el langostino amarillo se clasifica en el “Tier 1b”, bajo el sistema propuesto en el primer taller de PBR para las pesquerías nacionales. Este sistema

difiere al propuesto por Restrepo (1998), bajo el cual, la clasificación del recurso es considerada en “estándar medio”, y permite utilizar un proxy del RMS aun cuando no se cuente con una estimación confiable de la relación stock-recluta del stock.

El modelo utilizado para describir la dinámica del stock de langostino amarillo corresponde al modelo estadístico estructurado en edades, con captura en tallas (Maunder y Watters, 2003), el cual ha sido aplicado en la evaluación indirecta del recurso langostino amarillo desde el año 2006. Los resultados de la evaluación de stock para el langostino amarillo son satisfactorios en los niveles de ajuste y en las tendencias de las estimaciones para las observaciones de desembarques y cpue, respectivamente.

El ajuste del modelo a las biomásas estimadas por los cruceros de evaluación directa recoge las observaciones en cuanto a las tendencias pero no refleja la fuerte caída de los niveles poblacionales sugerida por los cruceros para los últimos años disponibles. Acuña et al (2013) indican una tendencia decreciente en los niveles de biomasa explotable debido a una disminución natural asociada al ingreso de clases anuales poco abundantes para el período 2006-2012 y consideraron probable que ésta siga disminuyendo al año siguiente. Si bien la señal de la cpue también disminuye, presenta una mayor estabilidad que la señal de la evaluación directa. Además, el aumento de las tallas medias en las capturas y los bajos niveles de remoción del recurso permiten estimaciones más optimistas de los niveles poblacionales.

Para el diagnóstico del recurso se analizó la razón entre los niveles de biomasa desovante con y sin pesca (RPR dinámico) y la relación con la biomasa desovante virginal (RPR en equilibrio). Ambos criterios son útiles en cuanto el primero permite distinguir el impacto de la actividad extractiva sobre el potencial reproductivo del stock, mientras que el segundo permite observar cambios en la población independientes de la pesca. De acuerdo con el mandato de la LGPA se avanzó en la elaboración del marco biológico de referencia del recurso, a través de la estimación de PBRs referidos al rendimiento máximo sostenido y específico para esta especie. En esta aproximación se consideró un nivel de $F_{45\%}$ como objetivo que permite alcanzar el RMS (proxy) y mantener un nivel de escape en torno al 40% de la biomasa desovante virginal bajo distintos valores del parámetro de escarpamiento de la relación stock-recluta (h). Este valor es reconocido en la literatura como un valor objetivo para asegurar la sustentabilidad para un amplio grupo de especies (Clark, 1993; Mace and Sissenwine, 1993).

En la presente evaluación, los resultados muestran un período de crecimiento del recurso hasta alcanzar máximos en el período 2008-2010 en el área norte y en el año 2006 en el área sur. Lo anterior se explica por el ingreso de fuertes clases anuales y por la baja presión extractiva a la que ha estado sometido el recurso en la última década. Posteriormente, la tendencia es decreciente debido al ingreso de clases anuales débiles, lo que explicaría el aumento de las tallas medias en las capturas. Sin embargo, los bajos niveles de mortalidad por pesca (inferiores al F objetivo) junto con el patrón de vulnerabilidad de las hembras, permiten mantener niveles importantes de biomasa desovante en el mar, e indican que el langostino amarillo del área norte se encuentre en estado de sub-explotación y el langostino amarillo del área sur en estado de plena explotación.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, E., H. Arancibia, A. Mujica, L. Cid & R. Roa. 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., M. Thiel, M. Andrade, A. Cortes, N. Espinoza e I. Hinojosa. 2008. "Dinámica reproductiva del langostino amarillo y langostino colorado en la III y IV Región". Informes Técnicos FIP. FIP/IT N° 2006-43, 156 pp.
- Acuña, E., R. Alarcón, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cid, y L. Cubillos. 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 & M. Berrios. 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 & 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 & 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, N., G. Henríquez, A. Zuleta, H. Bustos, y R. Bahamonde. 1986. Population dynamics and fisheries of squat lobsters, Family Galatheidæ, in Chile. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 92: 254-268.

- Bahamonde, R., C. Canales, M.A. Barbieri, B. Leiva, P. Arana, A. Guerrero, M. Ahumada, T. Melo, D. Queirolo, C. Hurtado & 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 & 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 and 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.
- 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.
- 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.
- Carmichael & Fenske (2010) Rep 3rd Nat Meet RFMC-SSC_Workshop ABC Implem and Peer Review Procs. SAFMC. Charleston, USA. 102 p.
- CCT-CD, Acta-02/2013. Acta Comité científico Técnico Pesquero de Crustáceos Demersales – Sesión N°2 – 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 & 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.
- FAO (2003) La ordenación pesquera. 2. El enfoque de ecosistemas en la pesca. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable.No. 4, Supl. 2. Roma, FAO. 2003. 133p.
- 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.
- Gamerman D. y H. F. Lopes. 2006. Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference. 2nd Edition. Chapman and Hall.
- 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.
- Hilborn, R., E.K. Pikitch y M.K. McAllister. 1994. A Bayesian estimation y decision analysis for an age-structured model using biomass survey data. Fish. Res. 19, 17-30.
- McAllister, M.K., Pikitch, E.K., Punt, A.E. and Hilborn, R. 1994. A Bayesian approach to stock assessment and harvest decisions using the sampling / importance resampling algorithm. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51, 2673-2687.

- McAllister, M. y J. Ianelli. 1997. Bayesian stock assessment using catch-age data y the sampling-importance resampling algorithm. *Can. L. 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. and 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 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. and 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.
- MINECOM. 2012. Decreto Exento N° 1336/2012. Establece cuotas globales anuales de captura para las unidades de pesquería sometidas a límite máximo de captura, año 2013. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción - Subsecretaría de Pesca.
- MINECOM. 2013. Decreto Exento N° 1408/2013. Establece cuotas anuales de captura para unidades de pesquería de crustáceos demersales sometidas a licencias transables de pesca, año 2014. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción - Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- MINECOM. 2012. Decreto Exento N° 1189/2012. Establece Cuota Global Anual de Captura para la unidad de pesquería sur de langostino amarillo, año 2013. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – Subsecretaría de Pesca.

- MINECOM. 2013. Decreto Exento N° 1243/2013. Establece cuota anual de captura de la especie langostino amarillo, en área de pesca que indica, año 2014. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.
- 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 en la zona centro-norte de Chile: una aproximación a través de remuestreo. Lat. Am. J. Aquat. Res., 37(2):161-180.
- NRC. 1998. Improving Fish Stock Assessments. Committee on Fish Stock Assessment Methods, Ocean Studies Board, Commission on Geosciences, Environment, and Resources, National Research Council, USA. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ntzoufras, I. 2009. Bayesian Modeling Using WinBUGS. Wiley Series in Computational Statistics.
- Pavez, P., T. Peñailillo, M. Palma, N. Silva, H. Miranda & 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, F. Espíndola, E. Leal, C. Montenegro, J. Quiroz, R. Tascheri, M.J. Zúñiga. 2014. Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenible) en las pesquerías nacionales." Primer Taller internacional. Informe de Avance 1. Subsecretaría de Economía - IFOP. 32 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. y R.B. Kennedy. 1997. Population modelling of Tasmanian rock lobster, *Jasus edwardsii*, resources. Mar. Freshw. Res. 48, 967-980.
- Quiroz J. C., C. Canales & C. Montenegro. 2004. Investigación y Evaluación Captura Total Permisible Langostino amarillo 2004. Informe Final, 65p. Instituto de Fomento Pesquero.
- Quiroz J. C. & 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, & 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 saquat 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. & 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.
- Zilleruelo, M., D. Párraga, C. Bravo. 2014. Proyecto 1.12: Programa de Seguimiento de las Pesquerías de Crustáceos Demersales, 2013. Informe Final. Convenio I: Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013. 127 pp + Anexos.

A N E X O S

A N E X O I

Reporte de reunión de coordinación bilateral
IFOP-SUBPESCA.

Reporte N°1

Primera Reunión de Coordinación SUBPESCA/IFOP

Sala de Reuniones 2° piso - IFOP

Valparaíso 16 de mayo 2014

1. Contexto

En el marco del proyecto “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2015”, se reunieron los equipos técnicos de crustáceos demersales del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) de IFOP y de la Subsecretaría de Pesca, con el objeto de revisar el estado actual de los proyectos y líneas de trabajo a desarrollar en el transcurso del año 2014.

2. Lista de Participantes

A la reunión asistieron los siguientes participantes:

Nombre	Institución
Alejandro Karstegl	SUBPESCA
Verónica Madrid	SUBPESCA
Cristian Canales	IFOP
Doris Bucarey	IFOP
Alejandro Yáñez	IFOP
Diana Párraga	IFOP
Maximiliano Zilleruelo	IFOP

3. Contenido y Acuerdos

Se plantea la necesidad de revisión de los Términos Técnicos de Referencia (TTR) para los proyectos de evaluación indirecta de crustáceos demersales. Para este efecto, en reunión realizada en marzo de 2014, se solicitó consulta al Comité Científico Técnico de Crustáceos Demersales (CCT-CD), y se espera desarrollar este ítem en reunión programada para el mes de septiembre de 2014.

Por otra parte, se solicita al IFOP la presentación al CCT-CD de los principales resultados obtenidos a la fecha del proyecto (en ejecución) “Review and estimation of biological reference points (maximum sustainable yield) or chilean fisheries” en la reunión planificada para julio del 2014.

Las principales tareas a desarrollar en los proyectos de evaluación indirecta de crustáceos demersales en el año en curso, son parte del Programa de Mejoramiento Continuo de la Calidad de la Asesoría Científica (PMCCAC) cuyo estado de avance es presentado en los Informes Consolidados de los recursos camarón nailon, langostino amarillo y langostino colorado (Bucarey et al., 2014a; Bucarey et al., 2014b y Montenegro et al., 2014). Los equipos acordaron lo siguiente:

- Para el año 2014 se modificará la plataforma de trabajo para el langostino amarillo a ADMB (Automatic Differentiation Model Builder, Fournier et al., 2012), cumpliendo de esta forma con el proceso de estandarización y desarrollo de los modelos de evaluación implementados por IFOP para la evaluación de los recursos. Esta plataforma ha sido implementada para los recursos langostino colorado (2012) y camarón nailon (2013).
- Se incorporará la estructura de tallas de los cruceros de evaluación en el modelo de evaluación de langostino amarillo.
- Se continuará con la línea de investigación en desarrollo de la evaluación del stock del camarón nailon. Dadas las observaciones del CCT en el 2013, el modelo se encuentra en un proceso de revisión/modificación. Entre éstas: i) se corrige el valor de M, ii) la selectividad es doble normal en tallas y se convierte a edades a partir del modelo de crecimiento, iii) en la zona norte se considera que el incremento de la CPUE responde a cambios de eficiencia (efecto de concentración de la flota) iii) Se evaluaron algunos períodos con cambios en selectividad, iv) Los principales análisis recaen en la importancia del coeficiente de capturabilidad del crucero, v) Modificación de la plataforma de modelación (ADMB). Resta por integrar las composiciones de tallas (por sexos) de los cruceros, tarea cuya factibilidad será abordada durante el año 2014. Además, se destaca que la evaluación de stock de camarón nailon será sometida al proceso de revisión por pares a fines de este año.
- Se discute ampliamente acerca de la implementación de series corregidas para el desembarque en los modelos de evaluación de stock. Al respecto, se señala la transversalidad de esta problemática, la que ha sido tema de discusión sin resultados satisfactorios, en otras pesquerías de gran importancia para el país (demersales y pelágicas). Por este motivo, se propone presentar esta problemática como un tema de discusión en el CCT y buscar consensos sobre aquellos períodos en los que el subreporte pudo haber sido de mayor importancia, así como su magnitud. También, la administración propone presentar el tema dentro de los Comités de Manejo que serán formados durante el año en curso, con el fin de buscar transparentar la información histórica de desembarques. Respecto del descarte, se señala que este no es relevante en la captura de crustáceos cuando ésta es la especie objetivo, sino que ocurriría cuando se trata de fauna acompañante en la pesquería de otras especies (por ej.: merluza común). No obstante, estimaciones de dicha la magnitud podrían recién ser obtenidas en el mediano plazo a partir del proyecto de descarte desarrollado por IFOP y que se encuentra en ejecución. Por todo lo anterior, dentro

del presente proyecto no se considerará presentar como resultado un diagnóstico y recomendación de cuota a partir de series de desembarques distintas a las oficiales.

- Se presenta el diseño de investigación de los nuevos proyectos de investigación de los recursos jaiba y centolla. En este primer período se ha trabajado en la búsqueda de información bibliográfica de ambos recursos. Para la evaluación, en el caso del recurso jaiba, dada su distribución espacial y las características de la pesquería, se considera como sujeto de estudio a la jaiba marmola (*Cancer edwardsii*) en la X región y dentro de esta, particularmente las zonas de pesca ubicadas en torno al golfo de Ancud y Puerto Dalcahue. En cuanto a la centolla (*Lithodes santolla*), los esfuerzos de estudio será dirigidos a la XII región por la importancia de esta pesquería en esa zona en comparación con los desembarques de las otras regiones, sin realizar distinción de alguna zona en particular por considerar que las capturas poseen procedencias que representarían a toda la región. Se señala que durante el año 2015, el proyecto se orienta al diagnóstico de ambas pesquerías y en propuestas de estrategias de explotación. Además, se solicita que a partir de esta evaluación se realicen recomendaciones al monitoreo de la pesquería que realiza el seguimiento de estos crustáceos, necesarias para avanzar en la calidad y suficiencia de la información.

4. Referencias

Bucarey, D., C. Canales, C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga. 2014a. Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en langostino colorado, año 2014. Informe Consolidado. IFOP - Subsecretaría de Economía y EMT. 82 pp + anexos.

Bucarey, D., C. Canales, C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga. 2014b. Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en langostino amarillo, regiones III a IV y V a VIII, año 2014. Informe Consolidado. IFOP - Subsecretaría de Economía y EMT. 93 pp + anexos.

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.

Montenegro, C., C. Canales, D. Bucarey, M. Zilleruelo, D. Párraga. 2014. Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en camarón nailon regiones II a VIII, año 2014. Informe Consolidado. IFOP - Subsecretaría de Economía y EMT. 92 pp + anexos.

A N E X O I I

Datos Modelo



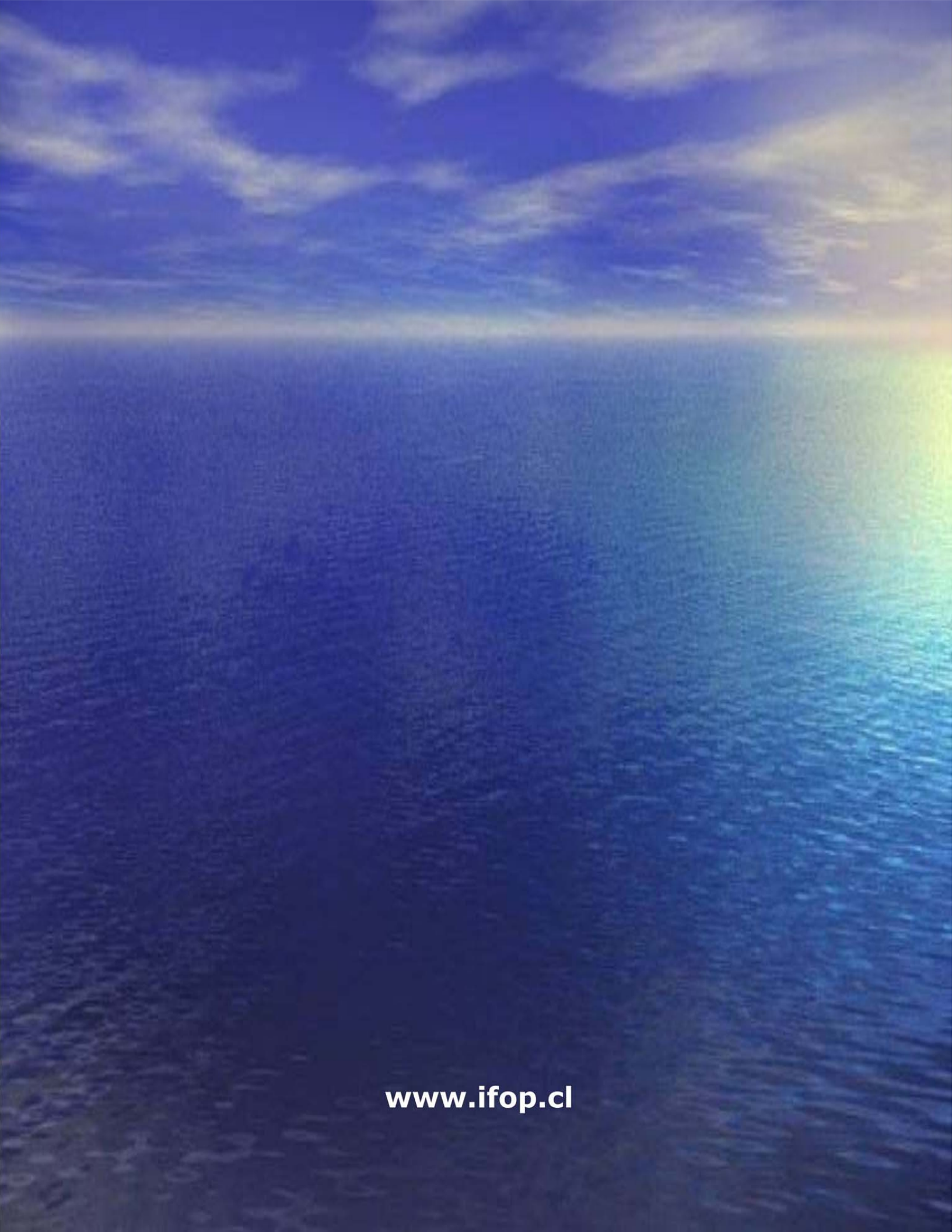
INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA





INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Sección Ediciones y Producción
Almte. Manuel Blanco Encalada 839,
Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl



www.ifop.cl