



SEGUNDO INFORME - FINAL

Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014

Proyecto 2.12: Investigación del estatus y posibilidades de explotación sustentables biológicamente en Langostino amarillo, regiones III a IV y V a VIII, año 2014:

Langostino amarillo, 2014

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA / Septiembre 2013



SEGUNDO INFORME - FINAL

Convenio II: Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2014

Proyecto 2.12: Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en langostino amarillo, regiones III a IV y V a VIII, año 2014:

Langostino amarillo, 2014

SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA / Septiembre 2013

REQUIRENTE

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

Subsecretario de Economía y
Empresas de Menor Tamaño:
Tomás Flores Jaña

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera
Jorge Castillo Pizarro

Director Ejecutivo
José Luis Blanco García

JEFE DE PROYECTO

Doris Bucarey Sepúlveda

AUTORES

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



RESUMEN EJECUTIVO

En el marco del estudio “Investigación del estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables en langostino amarillo, regiones III a IV y V a VIII, año 2014”, se presenta el Segundo Informe que contiene los resultados de los indicadores del stock, estatus y CBA 2014.

Se ajustó un modelo de evaluación para cada una de las unidades de stock consideradas en el estudio, a saber área norte ($26^{\circ}03' - 30^{\circ}30'$ L.S) y área sur ($30^{\circ}30' - 38^{\circ}48'$ L.S), según el análisis realizado por Montenegro (2008). Las recomendaciones para cada área luego son extrapoladas a las unidades de pesquería respectivas, según un arreglo consistente con las estimaciones de abundancia por foco propuesta por la evaluación directa del último año. El modelo utilizado es edad estructurado con datos en tallas. La información de entrada consiste en desembarques, captura por unidad de esfuerzo y biomasa estimada por los cruceros de evaluación directa disponibles para el período 1985-2012. Además, se utilizó información proveniente de la pesquería tales como la estructura de tallas, pesos medios a la talla e información proveniente de otros estudios tales como los parámetros de crecimiento, ojivas de madurez y mortalidad natural.

Se define el RMS objetivo como el nivel de reducción del 40% de la biomasa desovante respecto de la condición sin pesca, la que se alcanza con una remoción equivalente a la mortalidad por pesca $F_{rms}=0.3$ año⁻¹; para el langostino amarillo del área norte y un $F_{rms}=0.7$ año⁻¹ para el langostino amarillo del área sur. El límite de sub-explotación se define para una reducción del 45% BD/BDo, mientras que la sobre-explotación ocurre para un nivel de reducción del 35% BD/BDo y el límite de colapso para una reducción del 20% BD/BDo.

Los resultados de la evaluación de stock para el langostino amarillo del área norte, muestran un adecuado ajuste del modelo para los desembarques, la CPUE y en menor medida a las biomásas de los cruceros. Las trayectorias de las biomásas muestran que desde el año 2009, los niveles poblacionales se encuentran relativamente estables. Para inicios del año 2014, se proyecta una biomasa total de 16 mil toneladas (t) y una biomasa desovante de 5 mil toneladas. El langostino amarillo del área norte estaría en una condición de sub-explotación, con niveles de tasa de explotación del 6% y $F_{actual}=0.11$ año⁻¹, sin riesgo de estar en sobre-explotación y sobrepesca. Bajo los escenarios de evaluación directa 2013, se sugiere que la tasa de explotación de langostino amarillo del área norte no exceda la tasa objetivo (urms), lo que bajo un nivel del riesgo del 10% (de exceder dicha tasa) equivale a un valor esperado de captura biológicamente aceptable de 1900 toneladas.

Por su parte, la evaluación del stock en el área sur muestra que a partir del año 2009, se estaría registrando una disminución de los niveles poblacionales. Para inicios del año 2014, se proyecta una biomasa total de 35 mil toneladas y una biomasa desovante de 10 mil toneladas. Sin embargo, el langostino amarillo del área sur estaría en una condición de sub-explotación, con niveles de tasa de



explotación del 6% ($F=0.2 \text{ año}^{-1}$). Bajo los escenarios de evaluación directa 2013, se sugiere que la tasa de explotación no exceda el $urms=14\%$, lo que bajo un nivel del riesgo del 10% (de exceder dicha tasa) equivale a un valor esperado de captura máxima de 4.6 mil t para el langostino amarillo de ésta área.

Finalmente, la CBA recomendada para el año 2014 para toda el área de distribución del recurso alcanza un valor esperado de 6400 toneladas, de las cuales y basados en la distribución del recurso según la última evaluación directa (Acuña *et al.*, 2013), en la que un 25% de la biomasa estimada al sur de los $30^{\circ}30' \text{ LS}$ procede del área sur de la IV Región, la CBA_{2014} para la unidad de pesquería norte (III y IV Regiones) se estima en un máximo de 3000 t, mientras que para la unidad de pesquería sur (V-VIII Regiones) la CBA_{2014} es de 3400 toneladas.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos	2
3. ANTECEDENTES	3
3.1 Sobre el recurso y la pesquería	3
3.2 Área de estudio.....	3
3.3 Representatividad de la información	4
3.4 Información biológico-pesquera	5
3.5 Biología e historia de vida	12
3.6 Estimaciones de Biomasa.....	15
4. DATOS E INFORMACIÓN.....	18
4.1 Clasificación del estándar de la pesquería a partir del “Checklist” (NRC, 1998).....	19
4.2 Datos empleados en la evaluación de stock	21
5. MODELO DE EVALUACIÓN	22
5.1 Sobre el Modelo de evaluación de stock	22
5.2 Modelo de dinámica poblacional.....	23
5.3 Modelo de las observaciones.....	25
5.4 Funciones de verosimilitud.....	27
5.5 Distribuciones a priori	29
5.6 Estimación de parámetros	30
5.7 Incertidumbre	31
5.8 Marco biológico de referencia	31
5.9 Análisis estrategias de explotación y CTP	33
6. RESULTADOS.....	34
6.1 Área Norte (26°03’-30°30’ L.S.).....	34
6.2 Área Sur (30°30’01”-38°28’ L.S.)	53
6.3 Recomendación de CBA por Unidad de Pesquería	73
7. CONCLUSIONES	74
8. DISCUSIÓN	76
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

ANEXOS:

- Anexo I:** Sobre la definición de PBR en el contexto de la LGPA.
Anexo II: Reportes de reuniones de coordinación bilaterales IFOP-SUBPESCA.
Anexo III: Código MATLAB utilizado en el modelo de evaluación de stock.
Anexo IV: Datos langostino amarillo



1. INTRODUCCIÓN

La actividad pesquera de langostino amarillo (*Cervimunida johni*) se desarrolla principalmente en el área marítima comprendida entre la III y VIII Regiones, por una flota de carácter multiespecífico dado que opera sobre cuatro especies objetivos, a saber: 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 por concepto de exportación de productos, especialmente en el rubro congelados. Durante el año 2012, el valor de las exportaciones de langostino amarillo alcanzó los 9 millones de dólares correspondientes a 989 toneladas de producto congelado y harina (IFOP/ADUANAS).

En términos administrativos, el langostino amarillo se compone en dos unidades de pesquería: unidad de pesquería norte (III y IV Regiones), declarada en régimen de Plena Explotación (D.S. N° 377/1995, MINECOM); y unidad de pesquería sur (V a VIII Regiones), 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, tendientes a proteger los procesos de reproducción, reclutamiento y crecimiento; y la aplicación de cuotas de captura, las que permiten regular la mortalidad por pesca sobre el recurso.

Las cuotas de captura consisten en restricciones a los niveles de extracción que permiten regular la mortalidad por pesca y de esta forma, propender a la conservación de los recursos y por lo tanto a la sustentabilidad de la pesquería. Dichas cuotas deben estar espacial y temporalmente definidas y se sustentan en la estimación de la captura biológicamente aceptable (CBA), que responde a criterios biológicos y pesqueros relativos a la dinámica de los excedentes productivos en base a estrategias de explotación definidas. Para la determinación de dichas cuotas, se requiere estudiar la dinámica del recurso, de forma tal de conocer el impacto que tiene la actividad extractiva sobre los niveles de abundancia y biomasa de la población. Por lo anterior, surge la necesidad de realizar estudios de evaluación de stock y de estimación de CBA.



2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Actualizar el estatus del recurso Langostino Amarillo y analizar sus posibilidades de explotación biológicamente sustentables en horizontes de corto y mediano plazo, considerando su incertidumbre asociada.

2.2 Objetivos específicos

1. Implementar procedimientos de evaluación basados en protocolos científicos para la determinación del estatus del recurso Langostino Amarillo con arreglo al nivel de conocimiento, información e incertidumbre correspondiente, conforme a estándares definidos por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura al efecto (DAP, 2013).
2. Calcular los Puntos Biológicos de Referencia para el recurso Langostino Amarillo con la mejor información científica disponible, conforme a lo establecido por la Ley General de Pesca y Acuicultura, informando su incertidumbre asociada.
3. Establecer el estatus actualizado del recurso Langostino Amarillo, 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.
4. Calcular los niveles de Captura Biológicamente Aceptable para el recurso Langostino Amarillo, al año 2014, con su análisis de incertidumbre y riesgo asociado, debidamente informado en tablas de decisión, considerando las directrices de explotación establecidas por la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (DAP, 2013) o el Plan de Manejo o de Recuperación respectivo, según corresponda. Analizar estocásticamente las posibilidades de explotación de estos recursos en el mediano plazo y el riesgo 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 (DAP, 2013), o 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.



3. ANTECEDENTES

3.1 Sobre el recurso y la pesquería

El langostino amarillo es una especie endémica cuya distribución ha sido descrita desde los 23°00'S y hasta los 37°00'S (Esc. Cs. del Mar, 2000) a profundidades entre 200 y 400 m (Bahamonde, 1965; Bahamonde *et al.*, 1986). La pesquería de este recurso se inicia hace más de 50 años, siendo en ese entonces, Coquimbo, Valparaíso y San Antonio los puertos más importantes.

Administrativamente, a partir del año 1995, el langostino amarillo es separado en dos unidades de pesquería. La primera abarca las regiones III y IV (unidad de pesquería norte) y es declarada en régimen de Plena Explotación; mientras que la segunda, se enmarca dentro de las regiones V a VIII (unidad de pesquería sur) y está declarada en régimen de Pesquería en Recuperación. Bajo ambos regímenes, el langostino amarillo ha estado sujeto a medidas de conservación, tales como vedas biológicas y cuotas de captura.

En efecto, actualmente 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). Además, en la unidad de pesquería sur, 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 biológicas anuales por medio de decretos exentos renovados sucesivamente desde el año 2001 y hasta el año 2007 (D.Ex N° 1686/2006).

Para el año 2013, se estableció una cuota global de captura de 2100 toneladas (t) para la pesquería de langostino amarillo en la III y IV Región (D.Ex. N° 1336/2012), siendo ésta inferior en 1000 t a la cuota establecida el año anterior (D.Ex. N° 1251/2011). Por su parte, la unidad de pesquería sur estuvo sometida a moratorias extractivas por un largo período, sin embargo, desde el año 2003 se comenzó a registrar 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 estas regiones, asignando una cuota de captura de 800 t, la que fue incrementada en el año 2007 a 1200 t. Para el 2013, la cuota fue fijada en 1200 t para ser extraídas en la V y VI Regiones (D.Ex. N° 1189/2012), cifra inferior en un 37% a la cuota fijada en el año 2012 (D.Ex. N° 1058/2011).

3.2 Área de estudio

Consecuentemente con las evaluaciones realizadas en los últimos años, en este estudio se ajustaron dos modelos de evaluación de stock: el primero para el **área norte** comprendido entre la III Región y parte de la IV Región (26°03' – 30°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°30' – 38°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 primer semestre del año 2013 de langostino amarillo fue revisada y analizada teniendo en consideración dichas áreas de distribución.

No obstante, la falta de mayor conocimiento sobre la estructura poblacional de langostino amarillo ha llevado a la discusión sobre cuál es la estructura espacial más adecuada para el modelo de evaluación. En el estudio anterior, se avanzó en la construcción de indicadores biológico-pesqueros por unidad de pesquería (Norte: III y IV Región, Sur: V-VIII Regiones) con miras a estudiar dicha estructura espacial (Bucarey *et al.*, 2013) en el mediano plazo.

3.3 Representatividad de la información

En la década de los noventa se experimentó un incremento en el número de individuos muestreados hasta llegar cerca de 35 mil ejemplares en 1997 (**Figura 1**). Dicho aumento estuvo asociado fundamentalmente al incremento de los desembarques, en conjunto con un aumento de la cobertura espacial y temporal del sistema de levantamiento de datos del Proyecto Investigación Situación Pesquerías Crustáceos. Posteriormente y hasta el año 2001, el número total de ejemplares muestreados disminuyó, consecuentemente con la disminución en los desembarques especialmente en el área sur. En los años siguientes y hasta el año 2010, se observa un período de fluctuaciones en el total de individuos muestreados. Se debe tener en cuenta que en los años 2003 y 2005, el aumento se debe principalmente al muestreo realizado en el área norte, en tanto el área sur se encontraba con restricciones extractivas. A partir del año 2006 y luego de la moratoria extractiva, el número de ejemplares muestreados se incrementó en el área sur, mientras que disminuye en el área norte. En efecto, durante el 2012 el 77% de ejemplares muestreados provienen del área sur, mientras que el 2013 (parcial), se han registrado sobre 9 mil individuos muestreados de los cuales el 100% corresponden al área sur.

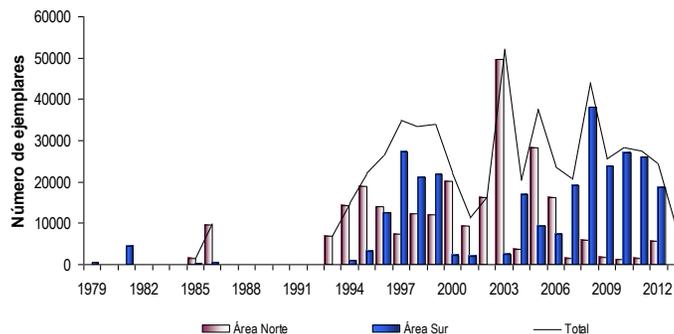


Figura 1. Número de ejemplares muestreados para la estimación de la estructura de tallas de las capturas de langostino amarillo, por área y total entre 1993 y 2013 (parcial).



En cuanto a la representatividad de los datos pesqueros, los cuales son utilizados para obtener el 3ndice de abundancia relativa (cpue), se estim3 la raz3n entre la captura reportada en las bit3coras de pesca recopiladas por IFOP y el desembarque reportado por SERNAPESCA. Entre 1983 y 1997, se experiment3 un incremento en la representatividad de los datos, partiendo desde un 4% en el 3rea norte y un 9% en el 3rea sur, hasta alcanzar un 91% y 97%, respectivamente. Posteriormente, la representatividad de la data pesquera presenta una tendencia decreciente, llegando en el a3o 2010 a un 3% del total desembarcado en el 3rea norte y un 19% en el 3rea sur (**Figura 2**). Tras un incremento de la cobertura durante el a3o 2012, la raz3n captura/desembarque alcanz3 un nivel del 12% en el 3rea norte y de un 24% para el 3rea sur. Durante el primer semestre del a3o en curso, no existen registros para el 3rea norte, debido en parte a la baja actividad ocurrida en dicha 3rea, la que es llevada a cabo principalmente por la flota artesanal y por tanto, no cuenta con observadores a bordo. En tanto, en el 3rea sur, la representatividad de la data pesquera alcanza el 20%.

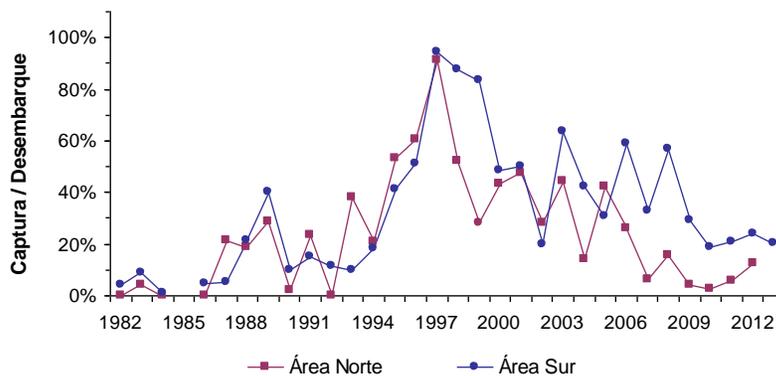


Figura 2. Raz3n captura/desembarque de langostino amarillo, 3rea norte y 3rea sur, entre 1982 y 2013 (parcial).

3.4 Informaci3n biol3gico-pesquera

3.4.1 Desembarques

En los 3ltimos 30 a3os, los niveles de desembarque de langostino amarillo han presentado importantes variaciones. En 1979 se registr3 un desembarque cercano a las 500 toneladas (t), el que r3pidamente se increment3 hasta alcanzar las 9 mil t en s3lo un par de a3os. Las fluctuaciones se mantienen hasta el a3o 1996, con un promedio en torno a las 5 mil t anuales. La captura m3s alta en la historia de la pesquer3a se registr3 en el a3o 1997, cuando super3 las 10 mil t. Posteriormente, los desembarques disminuyen sostenidamente hasta las 900 t en el a3o 2002, siendo 3ste el registro



más bajo desde el primer año de la serie analizada. Luego, en el período 2003-2008, los desembarques de langostino amarillo presentan 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 de langostino amarillo cercano a las 4 mil toneladas en el 2012, cifra equivalente a un 80% de la cuota asignada para esta especie. Durante la primera mitad del año 2013, se han capturado 2.6 mil toneladas lo que equivale también a un 80% de la cuota total asignada para este año (3300 t, **Figura 3**).

En los primeros 5 años de la serie analizada, las capturas realizadas en el área norte no superaban las 500 t. Entre 1985 y 1999, fueron fluctuantes pero con una tendencia creciente desde 1995, alcanzando un máximo cercano a las 4 mil t en el año 1999, 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 y los desembarques de los últimos 6 años se han mantenido en torno a las 1000 t promedio. Durante lo que va del año 2013, en el área norte se han capturado cerca de 400 t, equivalentes a un 20% del desembarque total de esta especie.

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 3**, 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 2012, se desembarcaron 2822 t en esta área equivalentes a un 71% del total de la captura de langostino amarillo. Durante el 2013 se han capturado 1.6 mil t en el área sur, equivalentes al 80% del total desembarcado a nivel nacional.

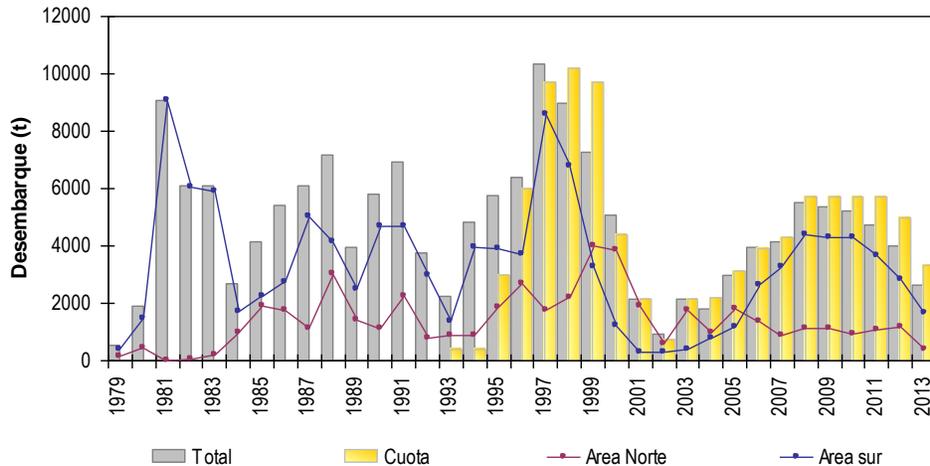


Figura 3. Cuota de captura, desembarque total y por área norte y sur de langostino amarillo, entre 1979 y 2013 (parcial). Fuente: IFOP-SUBPESCA.

3.4.2 Rendimiento y Esfuerzo de Pesca

En la **Figura 4** 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.

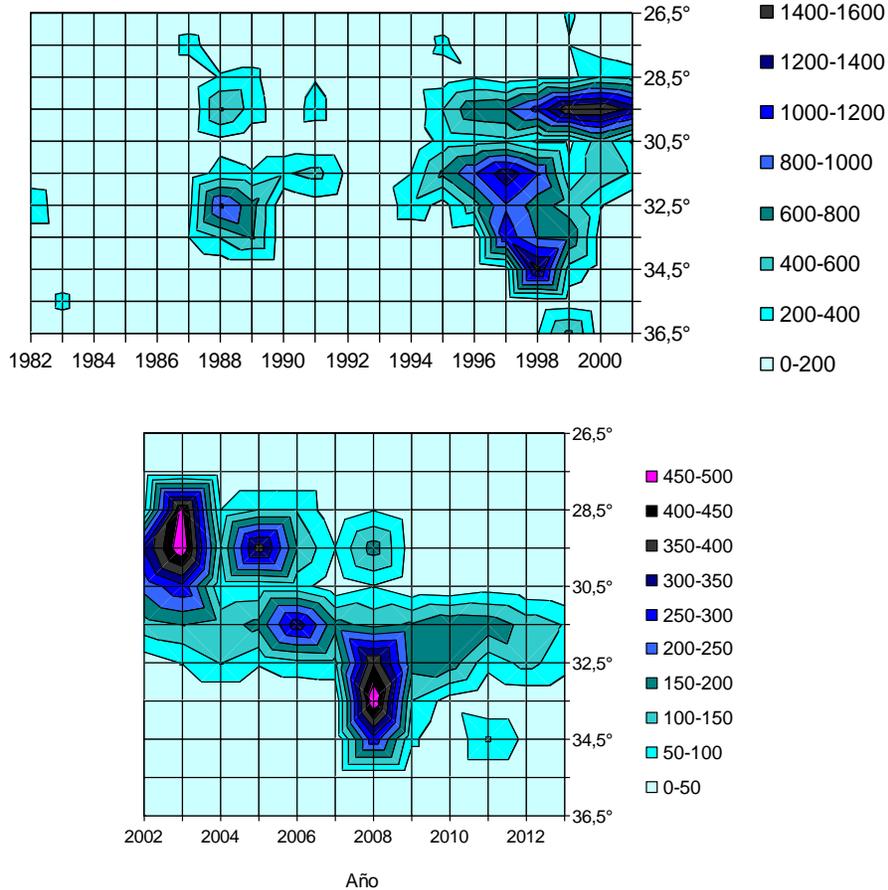


Figura 4. Distribuci3n espacio temporal del esfuerzo de pesca (número de lances), pesquería de langostino amarillo; arriba: periodo 1982-2001, abajo: periodo 2002 -2013 (parcial). Fuente: Bitácoras IFOP.

La distribuci3n 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 ($27,5^{\circ}$ LS) y en el área sur ($34,5^{\circ}$ y $35,5^{\circ}$ LS). A partir del ańo 2002, se observ3 la presencia de dos sectores de medianos niveles de rendimiento delimitados por la latitud $31,5^{\circ}$ L.S. (**Figura 5**). Desde el ańo 2007, se observ3 un leve incremento de los rendimientos en torno a los $28,5^{\circ}$ L.S., y una mayor extensi3n de rendimientos medios en los focos de distribuci3n. En los últimos tres ańos, el rendimiento aument3 hacia el sur, con valores mayores al sur de la IV y en la V Regiones.

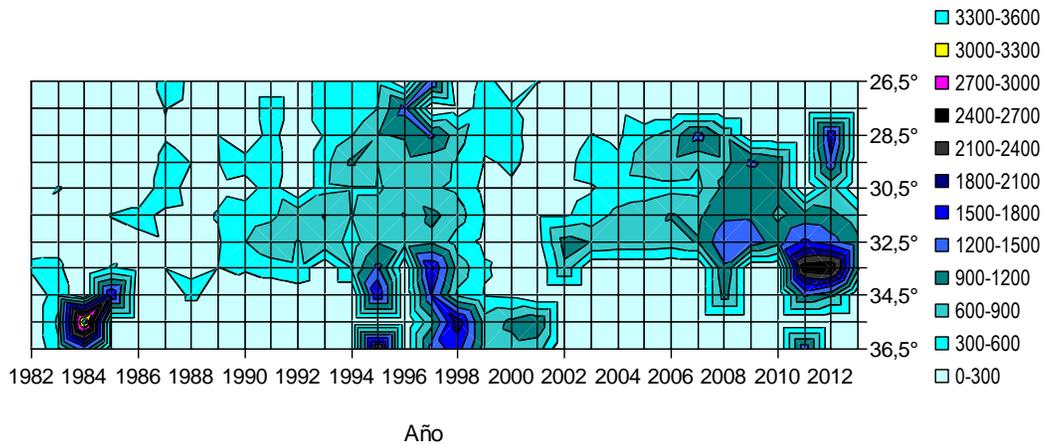


Figura 5. Distribución espacio-temporal del rendimiento de pesca (kg/h.a.), pesquería de langostino amarillo, periodo 1982-2013 (parcial). Fuente: Bitácoras IFOP.

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 6). A la fecha de elaborado este informe, no se cuenta con información del rendimiento de pesca en esta área.

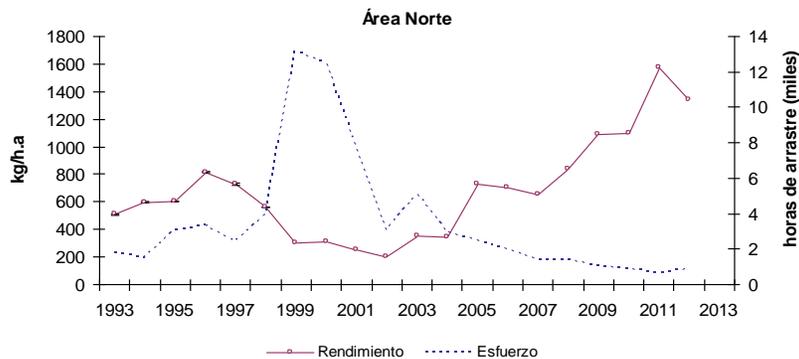


Figura 6. Rendimiento (estimador de razón en kg/h.a.) y esfuerzo (miles de horas de arrastre) de pesca estimado. Área norte. Periodo 1993-2013 (parcial).



La serie hist3rica de los rendimientos de pesca en el 1rea sur, muestra una dr1stica disminuci3n desde 1997 al a1o 2000, desde 1156 kg/h.a hasta 251 kg/h.a. lo que llev3 a establecer una veda extractiva por 5 a1os. Posterior a la veda, en los a1os 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 a1o 2012, el rendimiento estimado fue de 1117 kg/h.a. para un esfuerzo superior a las 2 mil horas de arrastre (**Figura 7**), mientras que para el 2013 (parcial) se observa un rendimiento disminuido respecto del a1o anterior.

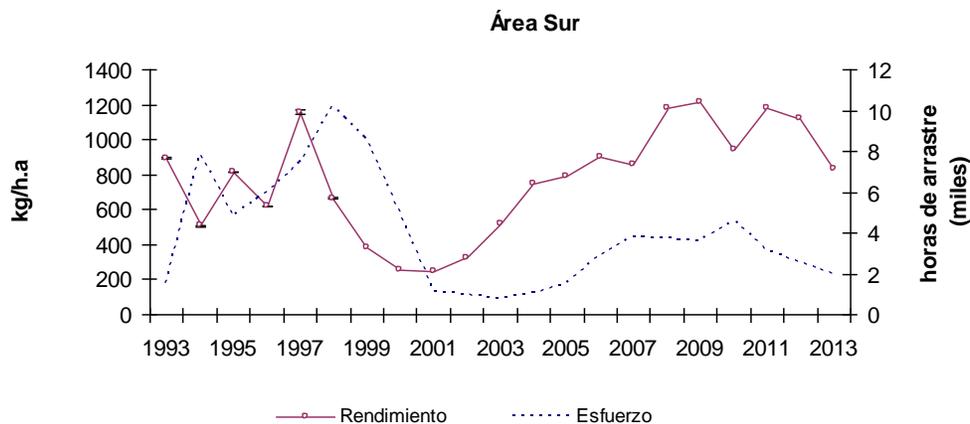


Figura 7. Rendimiento (estimador de raz3n en kg/h.a.) y esfuerzo (miles de horas de arrastre) de pesca estimado. 1rea Sur, per3odo 1993-2013 (parcial). La informaci3n de los a1os 2001-2005 corresponden al sur de la IV Regi3n.

3.4.3 Composici3n de tallas en las capturas

En las **Figura 8** y **Figura 9** se presenta la informaci3n de distribuci3n 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 1rea de distribuci3n de la pesquer1a y adem1s, las capturas en el 1rea sur est1n compuestas por ejemplares de mayor tama1o que en el 1rea norte. En el 1rea norte la estructura de tallas presenta una importante variabilidad interanual, especialmente en los machos. Tambi3n se destaca que en el per3odo 2003-2012, las modas se han desplazado hacia tallas mayores, tanto en machos como en hembras, cuyas tallas medias est1n centradas en 36.9 y 31.3 mm de longitud cefalotor1cica (LC), respectivamente en el 1ltimo a1o con registros disponibles (2012).

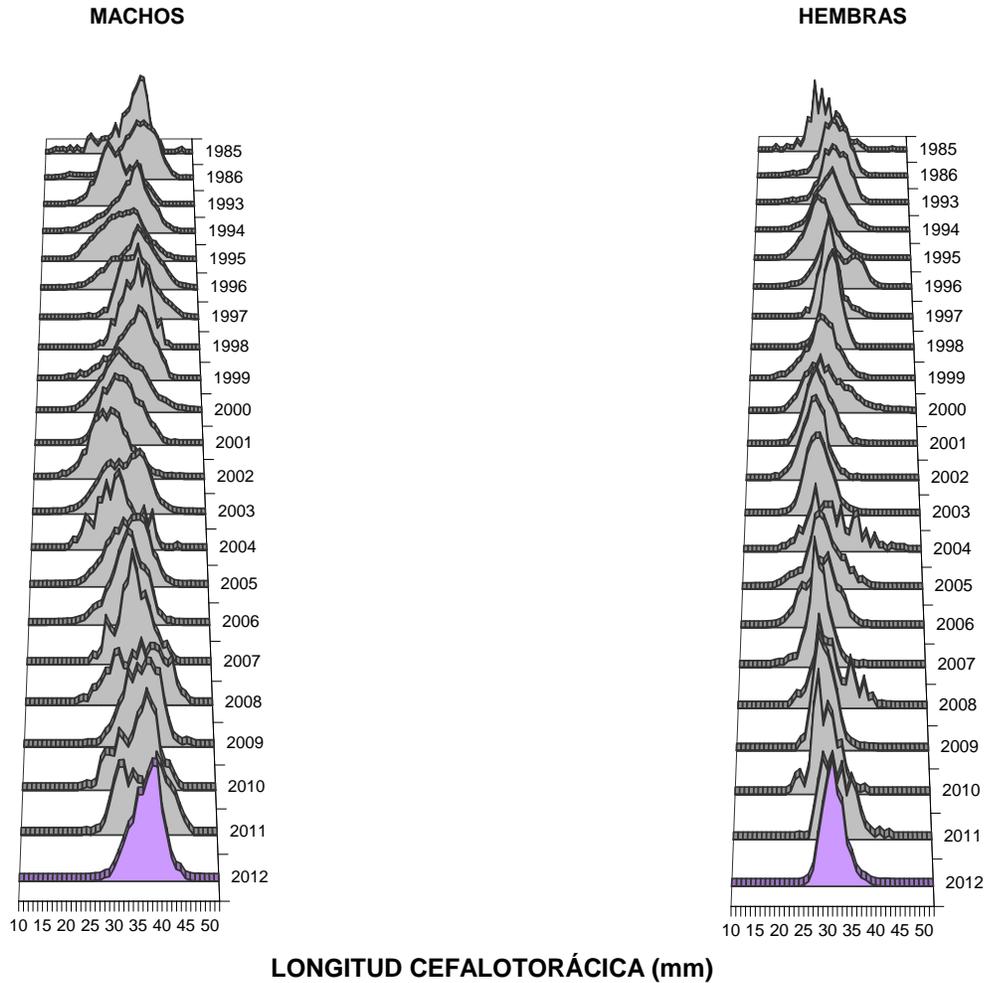


Figura 8. Distribución de frecuencia de tallas en las capturas de langostino amarillo. Área norte.

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 en curso disminuye levemente a 33 mm de LC. Por su parte, en los machos la talla media del año 2012 alcanzó los 39 mm de LC y en lo que va del año, la media es de 39.4 mm de LC.

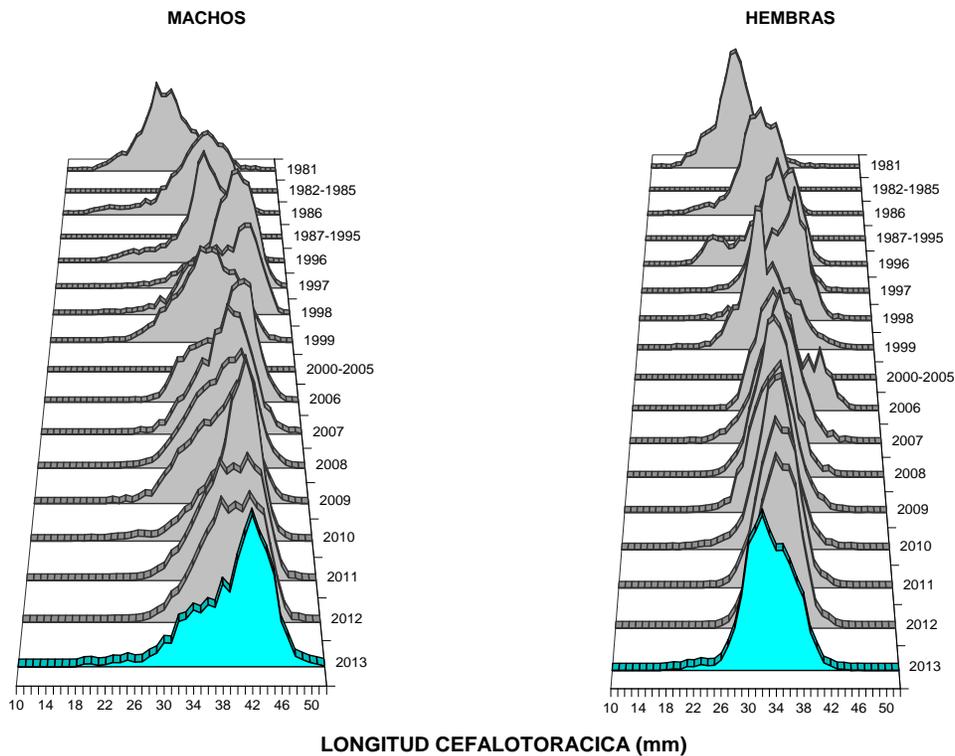


Figura 9. Distribuci3n de frecuencia de tallas en las capturas de langostino amarillo periodo (1981-2013 parcial). 1rea sur.

3.5 Biolog1a e historia de vida

3.5.1 Par1metros de crecimiento

La literatura relacionada con las estimaciones de los par1metros de crecimiento realizadas para langostino amarillo por diversos autores es detallada en la **Tabla 1**. Los estudios m1s recientes (1996 – 2005) utilizan un mismo enfoque metodol3gico, abarcando la misma cobertura temporal y espacial, y por lo tanto, sus resultados son similares. El m1todo utilizado en el m1s reciente de ellos es MULTIFAN, para el an1lisis de una serie de tiempo de distribuciones de frecuencia de tama1os (Fournier *et al.*, 1990), el cual permite una estimaci3n robusta de los par1metros de crecimiento mediante el m1todo de m1xima verosimilitud, as1 como tambi3n, el c1lculo de desviaciones est1ndar y correlaciones de todos los par1metros estimados. Los autores Arancibia *et al.* (2005) estimaron una m1xima longitud asint3tica (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 par1metros han sido utilizados en evaluaciones anteriores debido a que L_{∞} es similar a la longitud m1xima observada en la estructura de tallas de las capturas (machos 51 mm y hembras 46 mm) y adem1s, es el trabajo m1s actualizado en esta materia. Si bien es la fuente de informaci3n m1s



adecuada para seguir siendo utilizada en las evaluaciones indirectas del stock de langostino amarillo, se consideraría adecuado una revisi3n de dichos parámetros que incluya un análisis de posibles diferencias espaciales.

Tabla 1.
Parámetros de crecimiento estimados para *Cervimunida johni* según diversos autores.

Sexo	L _∞	k	t ₀	Fuente
Hembras	54.60	0.177		Alegría 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 Falc3n, 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		

3.5.2 Mortalidad Natural

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 teorí a ecológica (Vetter, 1988). Sin embargo, estas estimaciones están sujetas a una alta incertidumbre. Un aspecto a considerar es lo expuesto por Beverton y Holt (1959), quienes relacionan la constante de crecimiento (k) con la longevidad de la especie (una valor alto de k estarí a asociado un valor alto de M y viceversa), y estiman que la raz3n entre M/k se sitúa generalmente en un rango entre 1,5 y 2,5. Por lo anterior, y al igual que en evaluaciones anteriores, la presente evaluaci3n consideró el trabajo realizado por Acuña *et al.*, (1996), el que estimó un valor de M en 0,3 ańo⁻¹ (**Tabla 2**).



Tabla 2.
Mortalidad natural estimada para *Cervimunida johni* por diversas metodologías y autores.

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

3.5.3 Madurez sexual

En la $\text{¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.}$ se presenta la curva logística de madurez sexual para los individuos del área norte de Chile centra, propuesta por Espejo et al. (2001). La longitud media a la cual el 50% de los individuos son sexualmente maduros ó $L_{50\%}$ fue estimada en 26,1 mm para los ejemplares del área norte. Para el área sur, Zilleruelo y Montenegro (2007) estimaron la talla media $L_{50\%} = 32,7$ 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 de primera madurez, por lo tanto y de acuerdo con las recomendaciones del taller de revisión de datos 2011, en dicha área se utilizó la misma ojiva de madurez de la zona norte, mientras no se reestimen los parámetros de madurez con datos actualizados.

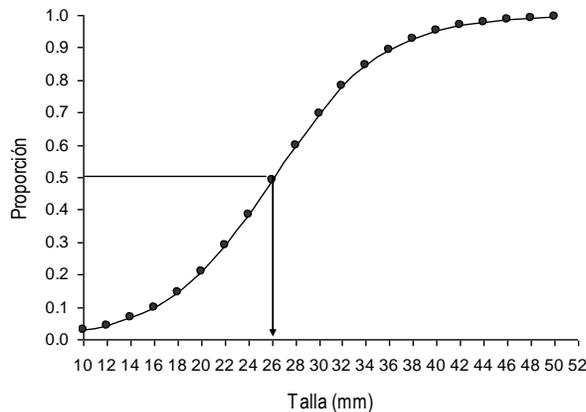


Figura 10. Curva logística de madurez sexual de *Cervimunida johni*, área norte. (Espejo et al., 2001).



3.6 Estimaciones de Biomasa

3.6.1 Evaluaciones Directas

Una fuente de informaci3n auxiliar corresponde a las estimaciones de biomasa por 1rea de barrida. Dichas evaluaciones son financiadas por el Fondo de Investigaci3n Pesquera (FIP) y han sido ejecutadas por diversas instituciones permitiendo obtener actualizaciones de la abundancia y biomasa, entre otros aspectos relevantes. Desde el a1o 2004 la evaluaci3n directa de langostino es ejecutada por la Universidad Cat3lica del Norte en conjunto con el Departamento de Oceanograf1a de la Universidad de Concepci3n.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la biomasa estimada de langostino amarillo ha presentado fluctuaciones durante el per1odo de estudio, con una clara tendencia creciente entre 1999 y 2006 para posteriormente disminuir considerablemente, especialmente en los dos 1ltimos a1os. Para el 2012, la biomasa vulnerable super3 las 15 mil toneladas, valor que equivale a un 50% de la estimada en la evaluaci3n anterior (a1o 2011). Esta disminuci3n fue observada para las dos 1reas evaluadas en este estudio. En el 1rea norte, la biomasa para el a1o 2012 se estim3 en torno a las 10 mil toneladas (31% inferior), en tanto que para el 1rea sur, la biomasa de langostino amarillo se estim3 en torno a las 6 mil toneladas lo que signific3 una importante disminuci3n (66%) respecto de la evaluaci3n anterior (Acu1a *et al.*, 2013; **Figura 11**).

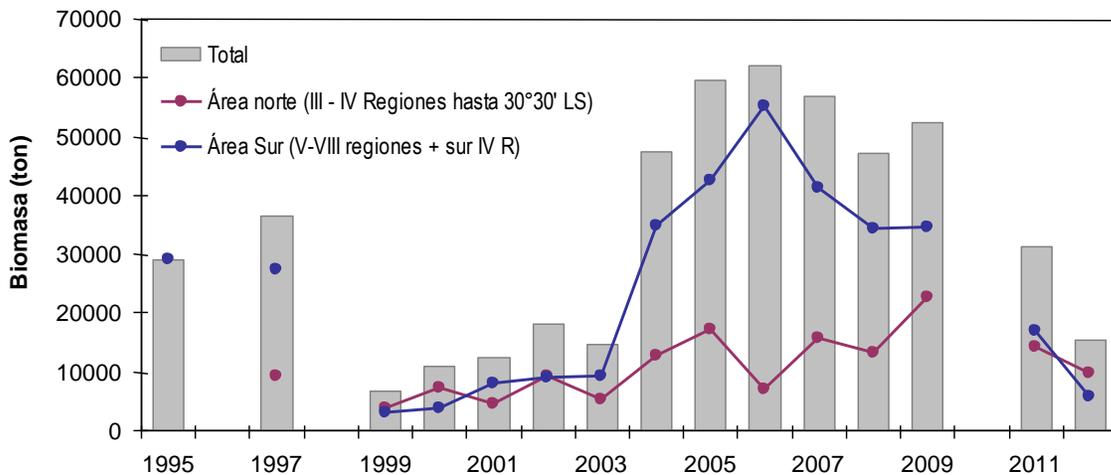


Figura 11. Biomasa de langostino amarillo en el 1rea norte y sur, estimadas a trav1s de cruceros de evaluaci3n directa entre 1995 y 2012.



3.6.2 Evaluaciones Indirectas

Los resultados de la 3ltima evaluaci3n indirecta (Bucarey *et al.*, 2013) indicaron que los niveles poblacionales del stock del 3rea norte ($26^{\circ}03'-30^{\circ}30'$ L.S), mantienen una recuperaci3n respecto de su condici3n deteriorada del a3o 2000, y por lo tanto, no se encuentra en sobrepesca. Sin embargo, los desembarques levemente superiores a los excedentes productivos, recomiendan mantener bajos niveles de remoci3n por pesca. Para el a3o 2013 la biomasa total del stock de langostino amarillo en el 3rea norte, se estim3 entre 14 y 19 mil toneladas y la biomasa vulnerable entre 9 y 13 mil toneladas. El stock del 3rea sur ($30^{\circ}30'01''-38^{\circ}28'$ L.S.) presenta una recuperaci3n desde los bajos niveles poblacionales registrados hacia fines del 2000. Dicha recuperaci3n est3 asociada a la suspensi3n de la presi3n de pesca sobre el recurso durante la moratoria extractiva y los bajos niveles de mortalidad por pesca de los a3os siguientes. No obstante, las biomasas se encuentran en un proceso de declinaci3n, luego del incremento observado entre los a3os 2000 y 2006. Para el a3o 2013 la biomasa total del stock de langostino amarillo del 3rea sur, se estim3 entre 32 y 39 mil toneladas, en tanto que la biomasa vulnerable se encontrar3 entre 15 y 19 mil toneladas. (**Figura 12** y **Figura 13**).

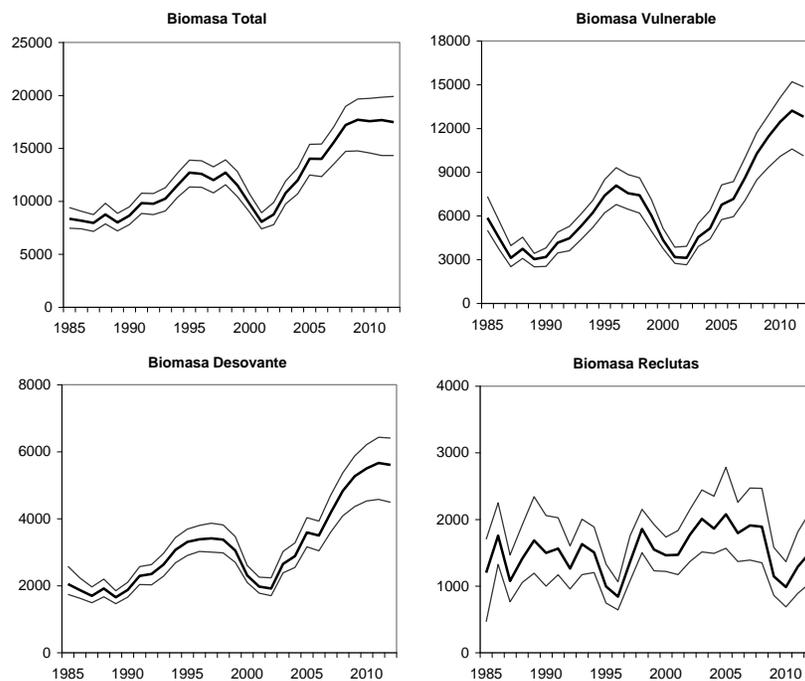


Figura 12. Biomosas (t) total, vulnerable, desovante y de reclutas estimadas por el modelo, 3rea norte.

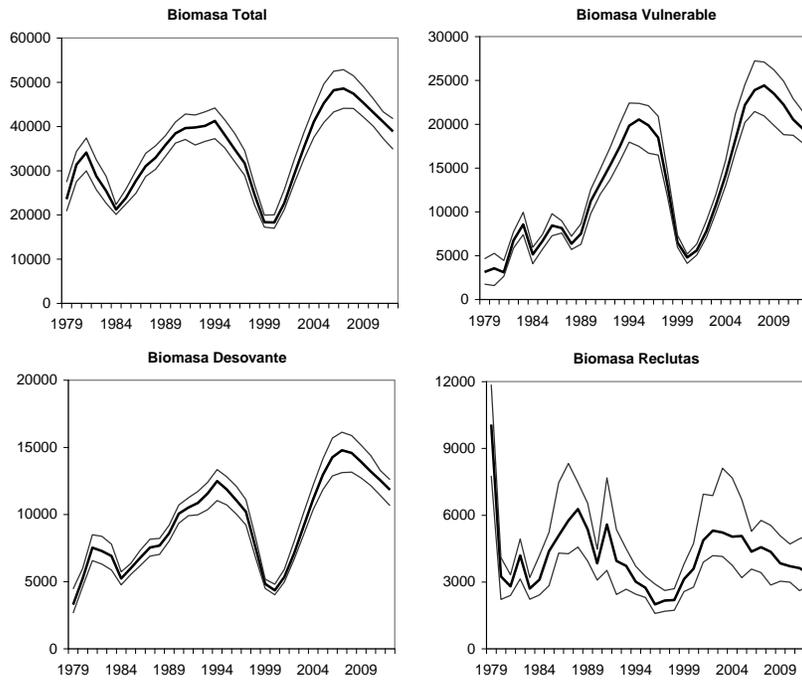


Figura 13. Biomazas (toneladas) total, vulnerable, desovante y de reclutas estimadas por el modelo, 1rea sur. Percentiles del 2.5, 50 y 97.5% de la distribuci3n posterior (Bucarey *et al.*, 2013).



4. DATOS E INFORMACIÓN

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

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

De esta forma, el presente proyecto tiene un rol de integración del conocimiento, utilizando los productos de todos los programas y proyectos de investigación que permiten modelar la dinámica del recurso (**Figura 14**).

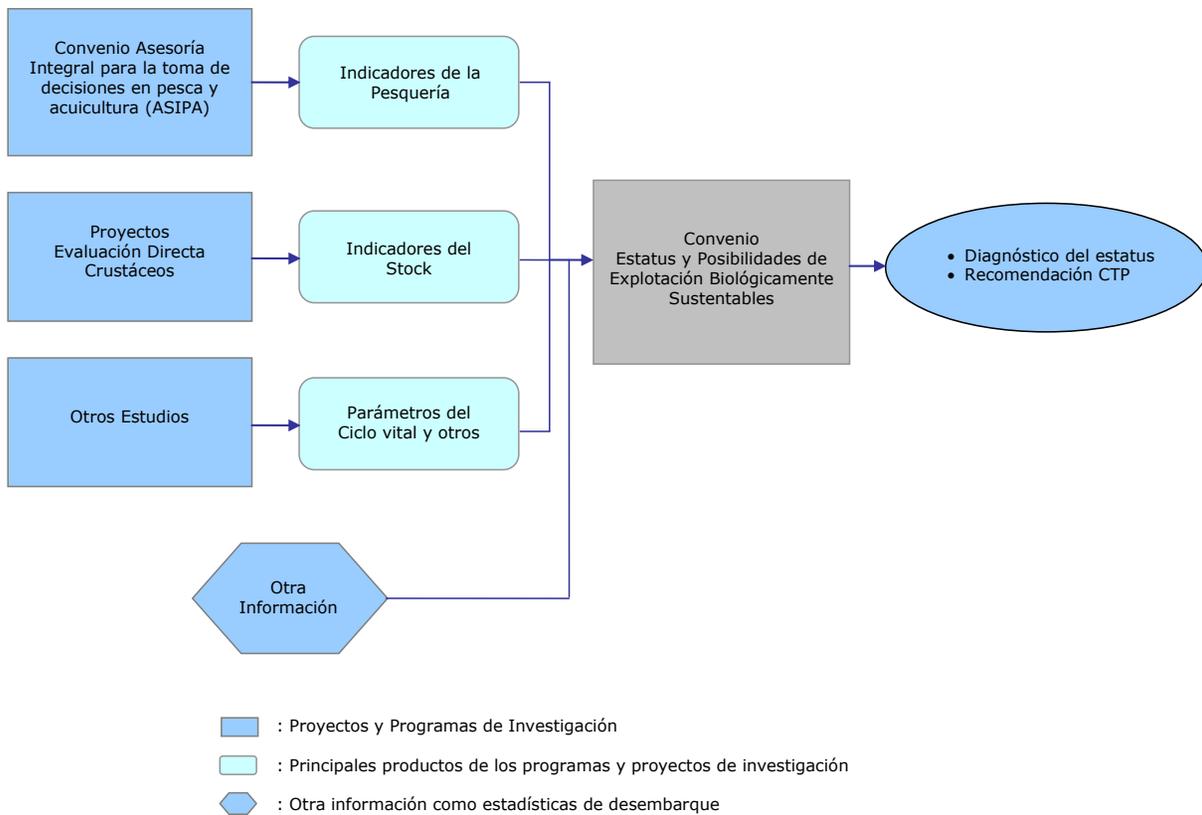


Figura 14. Diagrama de integraci3n de la informaci3n, utilizado por el presente proyecto de evaluaci3n de estrategias de explotaci3n sustentables.

4.1 Clasificaci3n del est3ndar de la pesquería a partir del "Checklist" (NRC, 1998)

Una de las tareas fundamentales en el proceso de evaluaci3n stock consiste en dimensionar el nivel de conocimiento del stock en estudio. Determinar el nivel de calidad de datos e informaci3n 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 c3lculo de PBR. De acuerdo con Restrepo *et al* (1998), la calidad de la informaci3n permite clasificar el est3ndar de una pesquería en tres categorías seg3n los siguientes criterios:

Est3ndar completo ("Data-Rich"): Se pueden realizar estimaciones confiables del rendimiento m3ximo sostenido (RMS) y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock. La evaluaci3n 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”.

Las principales brechas de información en la pesquería de langostino amarillo están relacionadas con el nivel de conocimiento de la dinámica poblacional que aporten antecedentes hacia la definición de un modelo conceptual apropiado. Además, si bien existen esfuerzos en la estimación del crecimiento en langostino amarillo a partir de la identificación de grupos modales en la distribución de frecuencia de tallas, la incertidumbre respecto a la longevidad de la especie es persistente en especies de crustáceos. Otro aspecto se relaciona con avanzar en la estimación del stepness orientado a la definición de una relación stock-recluta y por consiguiente a la estimación de PBR específicos para la especie. En relación con los datos usados en la modelación se sugiere incorporar las estructuras de tallas de la evaluación directa. Actualmente, se trabaja en la colecta de dicha información, así como en su incorporación en el modelo, la que si bien aún no está disponible en esta etapa del proyecto, se esperan resultados en el corto plazo.



4.2 Datos empleados en la evaluación de stock

Conforme a la calidad y suficiencia de los datos a la fecha de ejecución del proyecto, el modelo de evaluación implementado se basa en la información disponible para el período 1985-2012 para el área norte, mientras que en el área sur se incorpora información la información disponible de estructura de tallas de la flota y cpue nominal para el año 2013. A partir de los datos disponibles en la base de datos de IFOP, se obtienen los siguientes indicadores:

- Estructura de tallas de la captura (anual, por sexo y área. Área norte: serie 1985-1986, 1993-2012; área sur: serie 1981,1986,1996-1999, 2006-2013)
- Peso medio a la talla (anual, por área y por sexo)
- Proporción sexual (anual, por área)
- Índice de abundancia relativa cpue (anual y por área. Área norte: serie 1987-1991, 1993-2009 y 2012; área sur: 1982-1983, 1985-2013)

Además, a partir de otras fuentes se consideraron las siguientes piezas de información:

- Biomasa vulnerable a los cruceros (anual y área; área norte: serie 1997, 1999-2009 y 2011-2012; área sur: 1995, 1997, 1999-2009 y 2011-2012)
- Desembarque (anual, por área. Área norte: período 1985-2012, área sur: período 1979-2012)
- Parámetros de crecimiento (por sexo)
- Mortalidad natural
- Proporción de hembras maduras a la talla

La biomasa vulnerable a los cruceros se obtuvo a partir de los estudios de evaluación directa encargados por el FIP, en tanto que los desembarques provienen de los anuarios estadísticos de pesca de SERNAPESCA. Por su parte, los parámetros de crecimiento, mortalidad natural y proporción de hembras maduras a la talla, fueron obtenidos a partir de estudios publicados por diversos autores cuya fuente fue detallada en el capítulo anterior.



5. MODELO DE EVALUACIÓN

5.1 Sobre el Modelo de evaluación de stock

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). De acuerdo con las sugerencias y recomendaciones emanadas tanto de las reuniones bipartitas IFOP-SUBPESCA y del Grupo de Evaluación de stock del Comité Científico de Crustáceos, realizados durante el 2011 y 2012, se han ido incorporado algunos cambios en el modelo base. Estos consistieron en:

- Extensión de la estructura temporal del modelo
- Incorporación del grupo plus a la dinámica de la población explotada
- Incorporación de un cambio en el coeficiente de capturabilidad de los cruceros de evaluación directa a partir del año 2004, siendo éstos estimados en el modelo.
- Incorporación de un factor de corrección a los desvíos del reclutamiento, de forma tal que R sea igual al reclutamiento medio y no a la mediana (Mauder y Deriso, 2003).
- A partir del análisis de sensibilidad, se analizó el desempeño respecto de los valores de las desviaciones estándar de las verosimilitudes lognormales y de los desvíos de los reclutamientos, así como también de los tamaños de muestra efectivo para las multinomiales.

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
- La proporción sexual de reclutas es 50% de machos y 50% de hembras
- Los desembarques están sujetos a error de observación



5.2 Modelo de dinámica poblacional

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

$$N_{t+1,a+1,s} = N_{t,a,s} e^{-(F_{t,a,s} + M)} \quad (1)$$

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 periodo modelado el ingreso de reclutas. Para la fase explotada se estimaron los reclutas de la forma:

$$R_t = \bar{R} e^{\eta_t - 0.5\sigma_R^2} \quad (2)$$

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), la cual es corregida por sesgo de forma tal de asegurar que \bar{R} es igual al reclutamiento medio (Maunder y Deriso, 2003), σ_R^2 corresponde a la varianza del logaritmo de las perturbaciones del reclutamiento, las cuales se asumen que provienen de una distribución log-normal.

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

$$BD_t = \sum_a N_{t,a,s} e^{-\Delta' Z_{a,t}} \bar{w}_{a,t} O_a \quad (3)$$

donde Δ' 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 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:

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

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 ($L_{\infty,s}$ 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.



5.3 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.

a) Abundancias y biomásas medias

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

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

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

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

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:

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

$$BV_t = \sum_{s=1}^2 \sum_{l=1}^L \bar{N}V_{t,l,s} \bar{w}_{l,s} \quad (12)$$

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.

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

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:

$$NVc_{t,l,s} = NVc_{t,a,s} p(l|a,s) \quad (14)$$

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

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

$$\hat{q}_c = \exp \left[\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \ln(BVC_t) - \ln(\hat{B}_t) \right] \quad (16)$$

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

$$I_t = q_f B V_t \quad (21)$$

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.

e) **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 .

5.4 Funciones de verosimilitud

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 (75 y 50, áreas norte y sur, respectivamente).

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 biomásas 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.



Los valores de coeficiente de variación (cv) usados en las funciones de verosimilitud se resumen en el siguiente cuadro:

	área norte	área sur
	cv	
Desembarque	0.1	0.1
CPUE	0.15	0.1
Biomasa cruceros	0.2	0.2
Proporción de machos	0.1	0.1
	nm flota	nm flota
Tamaño de muestra	75	50
composición de tallas		

5.5 Distribuciones *a priori*

En la **Tabla 3** se presentan las distribuciones *a priori*, utilizadas en la evaluación de stock de Langostino amarillo. Se incorporan distribuciones informativas para los parámetros asociados al patrón de vulnerabilidad, el coeficiente de capturabilidad de los cruceros y los parámetros asociados al reclutamiento. Para los restantes parámetros, se incorporan distribuciones *a priori* no informativas.

Tabla 3.

Parámetros del modelo edad-estructurado utilizado para modelar la dinámica temporal de langostino amarillo. Se presentan las distribuciones *a priori* consideradas.

N°	Parámetro	Notación	Norte	Sur
			Prior	Prior
1	Edad al 50% de vulnerabilidad a la pesquería hembras	A50fh	~N(4,0.16)	~N(5,0.25)
2	Δ entre la edad al 95% y 50% de vulnerabilidad a la pesquería hembras	rankfh	~N(1,0.01)	~N(1,0.01)
3	Edad al 50% de vulnerabilidad a la pesquería machos	A50fm	~N(5,0.25)	~N(5,0.25)
4	Δ entre la edad al 95% y 50% de vulnerabilidad a la pesquería machos	rankfm	~N(1,0.01)	~N(1,0.01)
5	Edad al 50% de vulnerabilidad a los cruceros, hembras	A50ch	~N(4,0.16)	~N(5,0.25)
6	Δ entre la edad al 95% y 50% de vulnerabilidad a los cruceros, hembras	rankch	~N(1,0.01)	~N(1,0.01)
7	Edad al 50% de vulnerabilidad a los cruceros, machos	A50cm	~N(4,0.16)	~N(5,0.25)
8	Δ entre la talla al 95% y 50% de vulnerabilidad a los cruceros machos	rankcm	~N(1,0.01)	~N(1,0.01)
9-19	Abundancia primer año, machos (11 edades)	No _m	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
20-30	Abundancia primer año, hembras (11 edades)	No _h	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
31-64	Desvios de reclutamiento anual	η_{τ}	~N(0,sr)	~N(0,sr)
65-99	Tasa de mortalidad por pesca anual	F _t	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
100	CV de la talla media a la edad machos	CV _m	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
101	CV de la talla media a la edad hembras	CV _h	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
102	Reclutamiento medio	R _{mean}	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
103	Coefficiente de capturabilidad de la flota	qf	~ln U(-∞, ∞)	~ln U(-∞, ∞)
104	Coefficiente de capturabilidad de los cruceros	qc	~N(1,0.01)	~N(1,0.01)



5.6 Estimaci3n de par3metros

La estimaci3n de los par3metros de los modelos, se realiz3 utilizando un acercamiento Bayesiano, el cual ha sido ampliamente documentado y 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 estimaci3n de los par3metros de los modelos se realiza en 2 etapas: (1) primero se estima el m3ximo de la distribuci3n a *posteriori* (MAP) a trav3s 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 par3metros p -dimensional, $p(\theta|x)$ es la probabilidad a *posteriori*, $p(\theta)$ es la distribuci3n a *priori* conjunta para los p par3metros y $l(x|\theta)$ son las funciones de verosimilitud de los datos. Esto es equivalente a minimizar la siguiente expresi3n:

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

donde $p(\theta/x)$ es la distribuci3n de probabilidad conjunta a *posteriori* de los par3metros, dados los datos $p(\theta_p)$ es la distribuci3n a *priori* del p -3simo par3metro, y $\ln(L(x/\theta))_d$ son las funciones de log-verosimilitud de las piezas de informaci3n (probabilidad conjunta de los datos, dados los par3metros).

La segunda etapa consiste en la estimaci3n de la distribuci3n a *posteriori* conjunta de los par3metros, la cual es aproximada a trav3s de MCMC (Markov Chain Monte Carlo), utilizando el algoritmo Metropolis-Hastings y una funci3n de salto normal multivariada con media y matriz de varianzas-covarianzas estimadas en la etapa anterior (MAP).

Se incorporaron distribuciones a *priori* informativas para los par3metros de los patrones de selectividad a la edad de la flota comercial y los cruceros de evaluaci3n directa. Adem3s, se incorporaron distribuciones a *priori* informativas para los desv3os del reclutamiento y el coeficiente de capturabilidad de los cruceros. Los restantes par3metros tienen distribuciones a *priori* no-informativas.



5.7 Incertidumbre

En el modelamiento del stock de langostino amarillo se consideró formalmente la incertidumbre de observación, la que da cuenta del error de medición y de muestreo y fue incorporada a través de las funciones de verosimilitud de cada una de las series de datos utilizadas en los modelos de evaluación de stock. Esta incertidumbre es abordada con el enfoque Bayesiano, el cual permite obtener intervalos de credibilidad para todos los parámetros estimados en el modelo, en conjunto con las variables poblacionales del stock.

5.8 Marco biológico de referencia

Para determinar el diagnóstico y estatus de los principales recursos pesqueros nacionales en el contexto de la nueva Ley de Pesca se ha solicitado la revisión de los PBR y marco biológico de referencia que serán empleados en el año 2013. En este sentido la legislación demanda la estimación del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS) para lo cual 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 Chile, si bien se han desarrollado algunos avances, aún no se ha definido formalmente un sistema de niveles o “tiers” de calidad de datos e información. En este sentido, el IFOP está desarrollando paralelamente un estudio sobre PBR y marco biológico de referencia específicos para cada recurso (**Anexo I**). De acuerdo con la clasificación del estándar de información de langostino amarillo, se definen los PBR o “proxy”, que serán usados para definir el estatus de langostino amarillo 2014, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 4.
Puntos de Referencia objetivo y límites por recurso para definir su estado y criterio de explotación (Canales et al., 2013; Anexo I).

	BDo (*)	Proporción de BDo				Mortalidad por pesca (F)	
		Límite sub-explotación	Objetivo	Límite sobre-explotación	Límite colapso	Objetivo	RMS
Langostino amarillo	1	45%	40%	35%	20%	F40%BDo	3
Langostino colorado	1	45%	40%	35%	20%	F40%BDo	3
Camarón nailon	1	45%	40%	35%	20%	F40%BDo	3

(*) BDo:biomasa desovante virginal (1) Dinámico: razón potencial reproductivo para cada año; (2) De equilibrio: puede considerar relación S/R,h y R0;

(**) RMS: (3) proxy; (4) calculado



De este modo y a partir de un an3lisis de rendimiento y biomasa por recluta, dado el patr3n de selectividad de la flota y pesos medios a la edad, se estim3 el nivel de mortalidad por pesca (Frms) y tasa de explotaci3n (urms), asociado a la proporci3n de la Biomasa desovante virginal (BDo) considerada como objetivo (40%). Cabe se1alar que la biomasa desovante se calcula al 1º de de septiembre y considera el efecto edad espec3fica de la mortalidad y madurez sexual. Los resultados son presentados en la **Tabla 5**.

Tabla 5.
Puntos de referencia relacionados al RMS en el an3lisis de langostino amarillo.

Área	PBR		
	BD/BDo	Frms (a1o ⁻¹)	urms
Norte	40%	0.3	13%
Sur		0.7	14%

En la **Figura 15** y **Figura 16** muestra la raz3n entre la biomasa desovante por recluta (BD) y la biomasa desovante en ausencia de pesca (BDo) en relacion a la mortalidad por pesca.

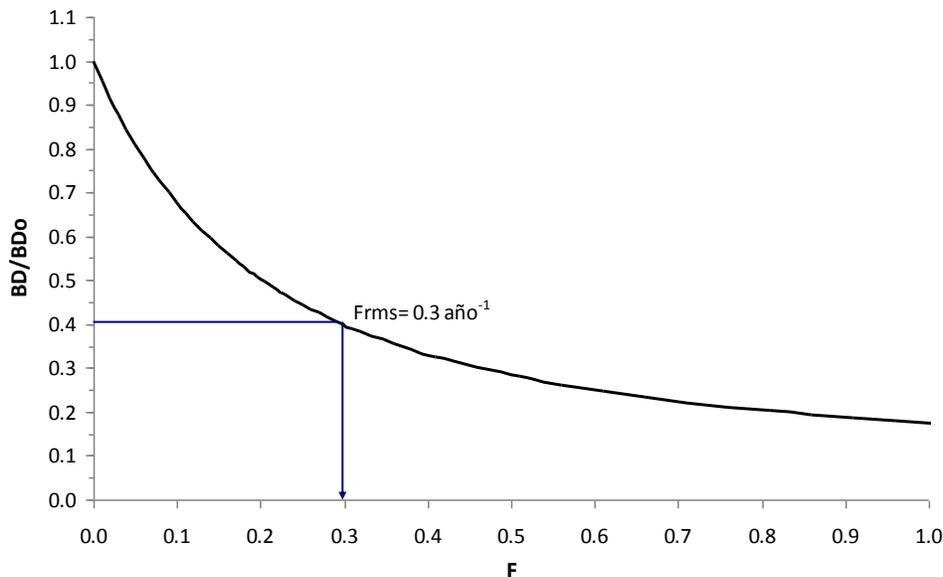


Figura 15. Curva de reducci3n de la biomasa desovante por recluta para langostino amarillo del 3rea norte.

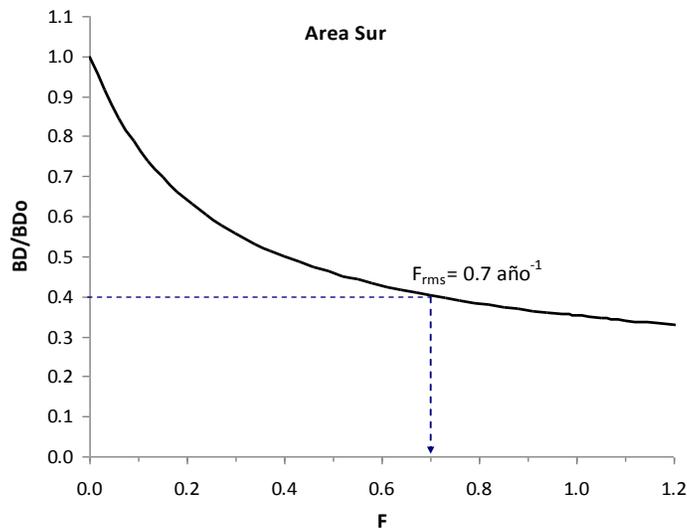


Figura 16. Curva de reducción de la biomasa desovante por recluta para langostino amarillo del área sur. Se definen los límites en función de la mortalidad por pesca

5.9 Análisis estrategias de explotación y CTP

Con objeto de proporcionar los antecedentes técnicos para evaluar y estimar posibles valores de CBA, se realizó una proyección de 10 años (**Anexo II**, Reporte Reunión 2). 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).

Las estrategias evaluadas corresponden a tasas de explotación constante (sobre la biomasa total). La mortalidad por pesca para cada año de proyección es obtenida minimizando la diferencia cuadrática entre la captura asociada a cada tasa de explotación y la captura que se obtiene al aplicar las tasas de mortalidad por pesca.

Se consideraron tasas de explotación adecuadas a 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 2013. Un ejemplo de este enfoque se puede encontrar en McAllister y Kirkwood (1998).



6. RESULTADOS

6.1 Área Norte (26°03'-30°30' L.S.)

6.1.1 Ajuste del modelo a los datos

Se presentan los resultados de la evaluación de stock de langostino amarillo para el área norte, considerando la separación espacial basada en el análisis realizado por Montenegro (2008), y que abarca el área comprendida entre los 26°03' y 30°30' L.S. Se analizó un modelo de dinámica poblacional para el período 1985 – 2013. Los datos consideran hasta el año 2012, mientras que el desembarque para el año 2013, se estimó igual al promedio de los últimos tres años.

El modelo se ajusta satisfactoriamente a los niveles de desembarques y a la captura por unidad de esfuerzo estandarizada (cpue), con excepción de los años 1998-1999 y 2010, donde el modelo sobreestima levemente la observación de la cpue. Para el último año, el ajuste de la cpue si bien es un poco menor a la observada se encuentra dentro del intervalo de confianza. Por su parte, el ajuste del modelo a la biomasa estimada por área barrida es menos satisfactorio, lo que se entiende por la alta variabilidad interanual que presentan las observaciones, en particular para el último año, donde el modelo no recoge la drástica caída en la estimación de biomasa (**Figura 17**). 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 de los cruceros de evaluación. Los resultados indican para el primer período una capturabilidad $q=1.03$ lo que indicaría una sobre-estimación de un 3% de la abundancia, en tanto que para el segundo período el $q=1,07$ lo que equivale a una sobre-estimación del orden del 7%.

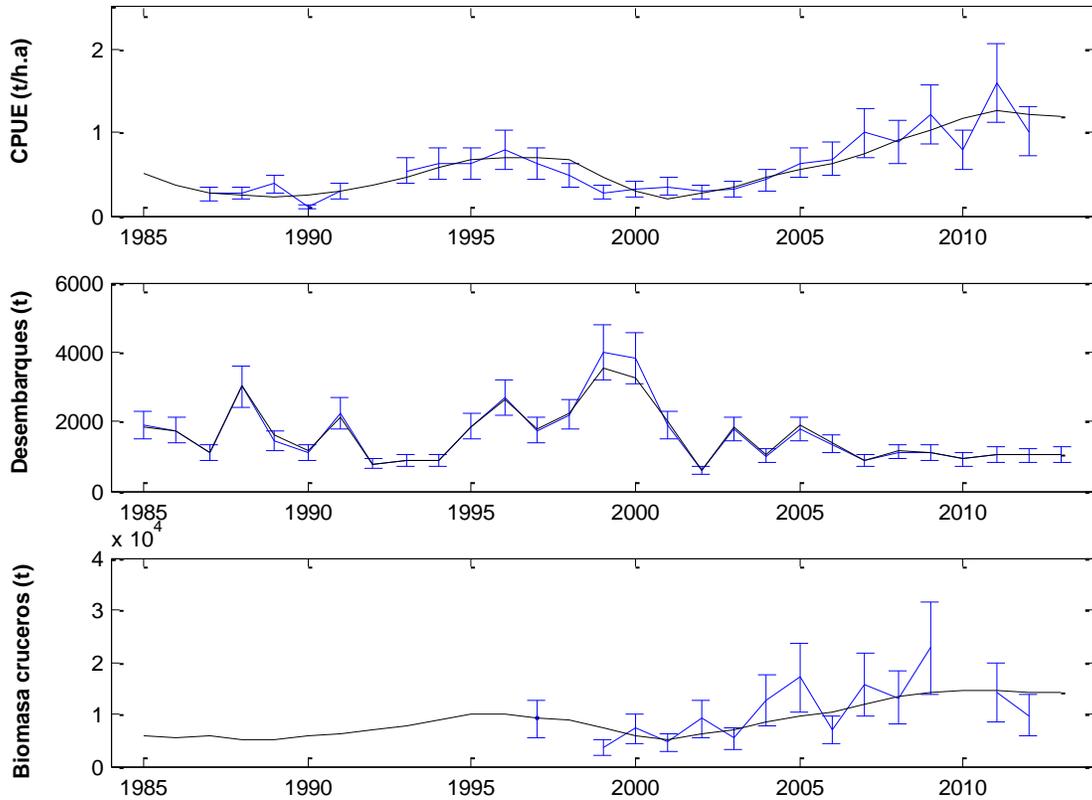


Figura 17. Ajuste del modelo a la informaci3n de cpue, desembarques y biomasa directa. Lnea azul: informaci3n de entrada al modelo y niveles de incertidumbre (lneas verticales), Lnea negra: valor estimado por el modelo. Langostino amarillo, 3rea norte, 1985 – 2013.

En los machos (**Figura 18**), las composiciones de tamao de las capturas comerciales son reproducidas en forma adecuada, sin embargo, el modelo estima una estructura de tallas con una moda levemente desplazada hacia individuos de menor tamao para algunos aros. En las hembras (**Figura 19**), el modelo se ajusta adecuadamente con excepci3n del aro 1996, en que presenta dificultades para reproducir una composici3n bimodal. El nivel de ajuste del modelo a las tallas medias de la flota comercial es adecuado para las hembras y machos, recogiendo las tendencias para el perodo analizado. Se observ3 una reducci3n de los tamaos corporales en el aro 1993 en 1995 y 2002 para ambos sexos. A partir del aro 2006 se observa una recuperaci3n de las estructuras de tamaos para machos y una tendencia similar para las hembras. En el transcurso del aro 2012 la talla media estimada por el modelo en fue de 35,8 mm de LC para machos y 32,5 mm de LC para las hembras, en tanto que para el 2013 la talla media se estim3 en 36 mm y 32,6 mm de LC, respectivamente (**Figura 20**).

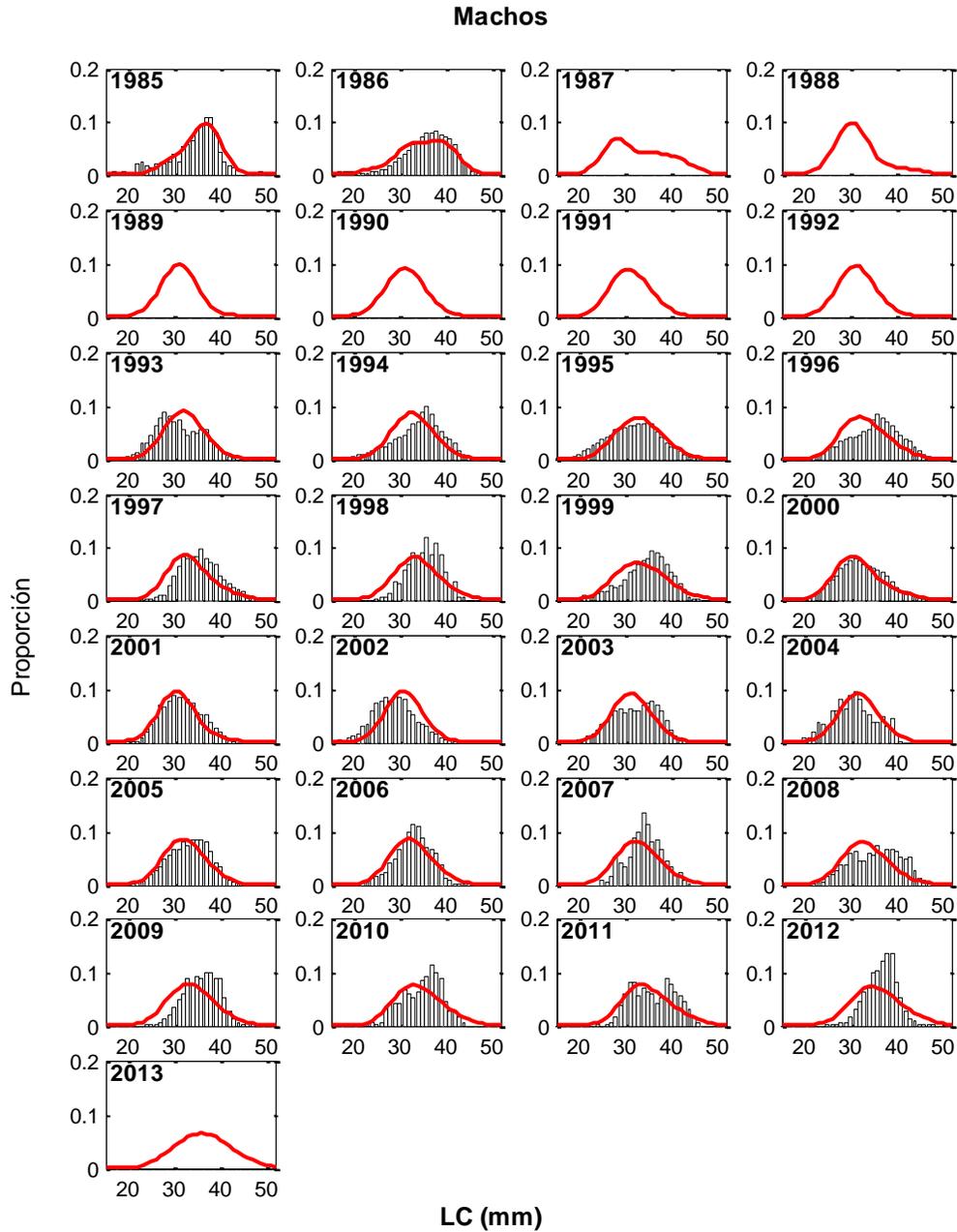


Figura 18. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de machos de langostino amarillo, 3rea norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y la l3nea el ajuste.

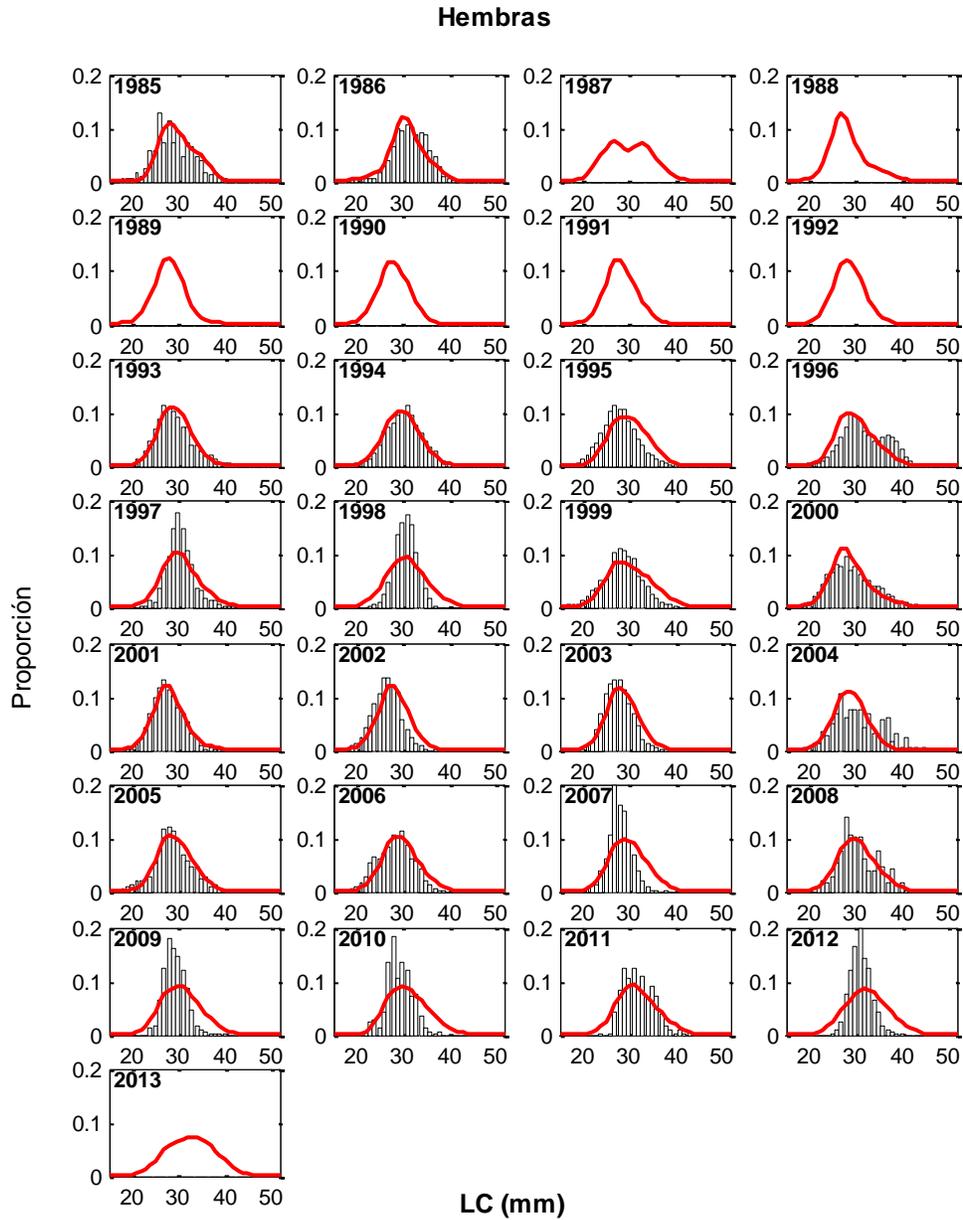


Figura 19. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de hembras de langostino amarillo, 3rea norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y la lnea el ajuste.

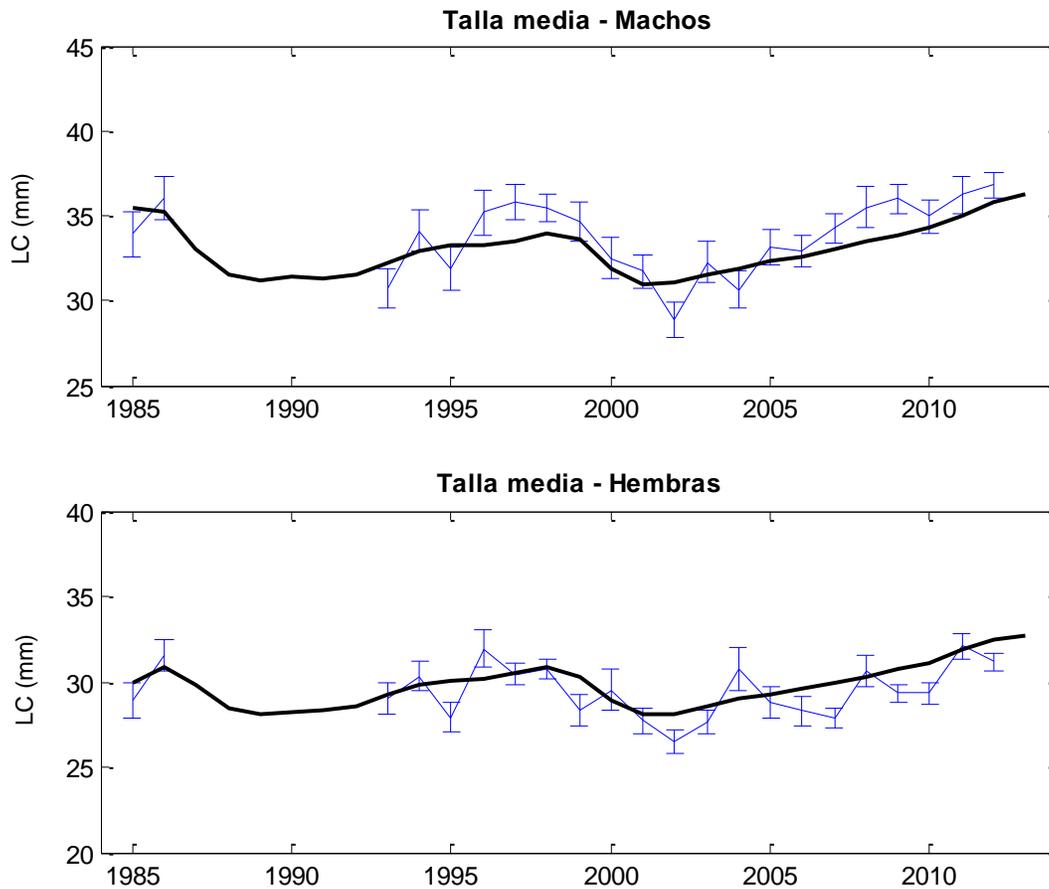


Figura 20. Tallas medias estimadas de langostino amarillo, a partir del monitoreo de la pesquería (línea azul) y las estimadas por el modelo para el área norte, período 1985-2013. Las líneas verticales muestran la incertidumbre asociada con el tamaño de muestra efectivo utilizado para el ajuste del modelo.

Dado que no han existido cambios en la selectividad de los artes de pesca durante el período de análisis, se estimaron ojivas de vulnerabilidad para la flota comercial constantes en el tiempo, pero separadas por género (**Figura 21**). El patrón de explotación a la edad, da cuenta de una edad media de vulnerabilidad de 5 años tanto para las hembras como para los machos. Además, los ejemplares de los grupos de edad 7 y superiores tienen probabilidad 1 de ser retenidos por la red de arrastre utilizada para la extracción de este recurso.

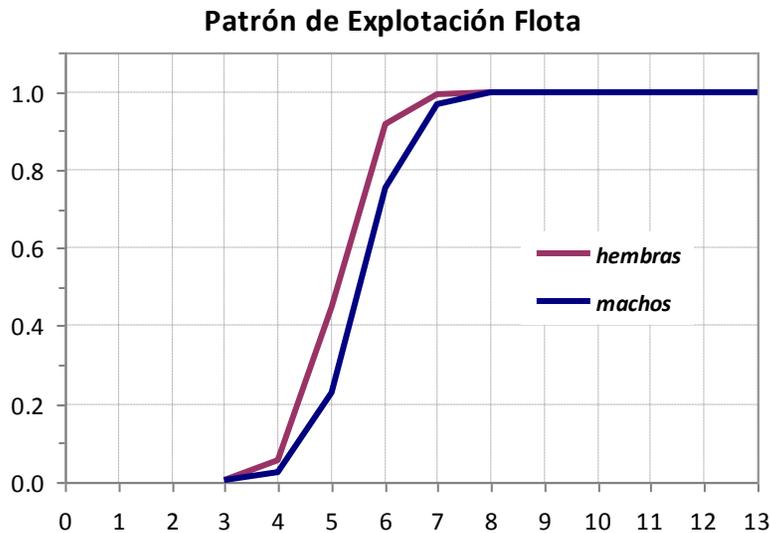


Figura 21. Ojivas de selectividad a la edad sexo-espec3ficas de la pesquer3a de langostino amarillo en el 3rea norte.

El modelo utilizado considera la din3mica en edades del recurso con 11 grupos de edad en las capturas. Las tallas medias a la edad son estimadas a partir de los par3metros de crecimiento reportados por Arancibia *et al.*, (2005) y el coeficiente de variaci3n de la talla media a la edad es estimado en el modelo. Se elabor3 una clave edad-talla, a partir de la cual se estimaron las estructuras de tama3os. En la **Figura 22** se presentan los grupos de edad considerados, con sus respectivas densidades de probabilidad, en la que se puede observar que el primer grupo de edad tanto en machos como en hembras, tendr3a una talla media en torno a los 19 mm de LC, en tanto que el 3ltimo grupo de edad tendr3a una talla media de 45 mm de LC en los machos y de 41 mm de LC para las hembras.

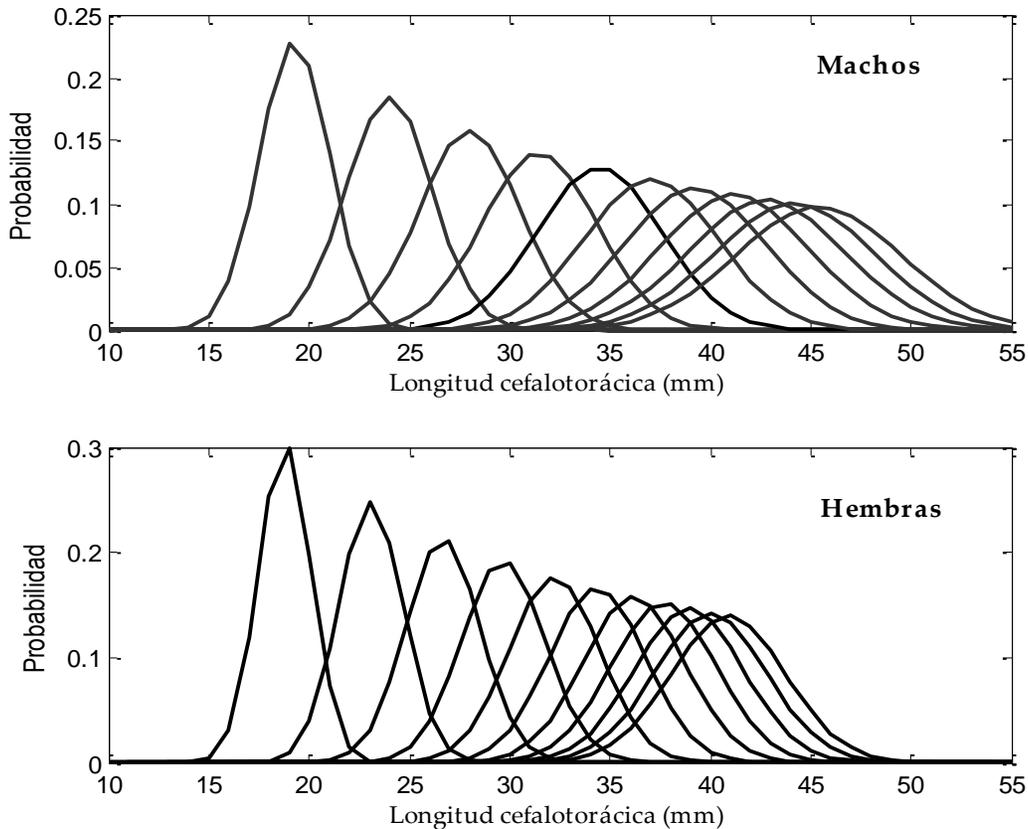


Figura 22. Densidad de probabilidad de la talla, según edad, estimadas a partir de los parámetros de crecimiento de langostino amarillo, sexo-específicos, área norte. La desviación estándar de la talla a la edad se estimada a partir de $\sigma_{a,s} = cv_s \bar{l}_{a,s}$, donde el cv (coeficiente de variación) es estimado en el modelo (ver metodología).

La abundancia total por grupo de edad estimada para el langostino amarillo del área norte, muestra un decaimiento exponencial para los años posteriores a 1989. Se debe tener en cuenta las dificultades que presenta el modelo para estimar la estructura del primer año de modelación (1985), en el que se observan grupos de edades con reducida abundancia. Lo anterior se debe a la ausencia de una condición de equilibrio inicial producto de la explotación previa del recurso, lo que implica la estimación de dicha estructura como parámetros de entrada al modelo. No obstante, las estimaciones de reclutamiento permiten que el stock se reconstituya en corto período para todos los grupos etarios. En los años 1993-1994 y 2003-2008 se habrían registrado altos reclutamientos, los que serían responsables de los niveles de abundancia vulnerable que se registraron en los años siguientes. Posteriormente, no se han observado el ingreso de clases anuales importantes, sin embargo, para el 2012 y 2013 hay un leve aumento respecto de los años anteriores (**Figura 23**).



Abundancia Total por Grupo de Edad

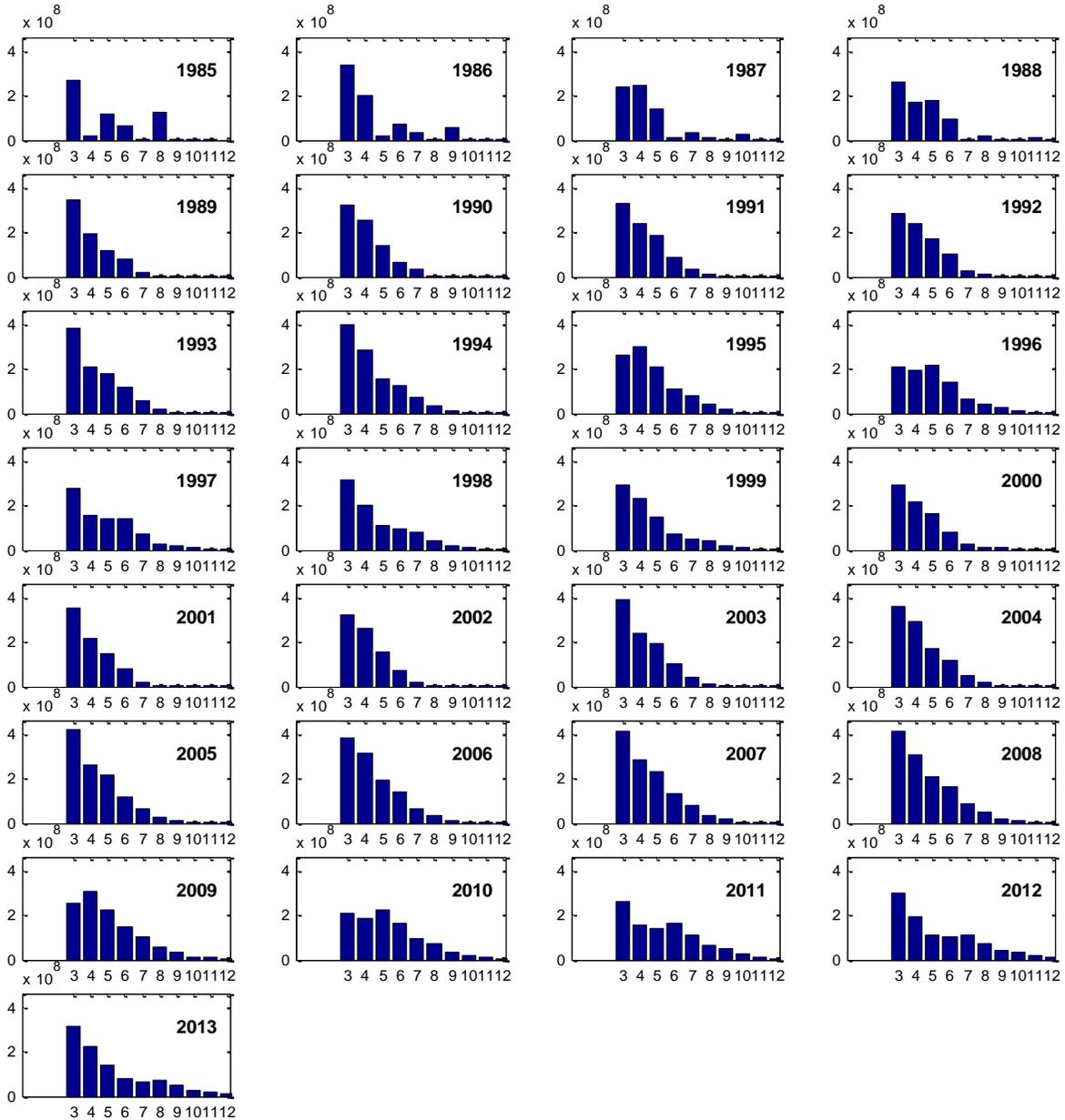


Figura 23. Abundancia total de langostino amarillo estimada por el modelo, 3rea norte, 1985 – 2013.



La **Figura 24** muestra la magnitud y tendencia de las biomazas estimadas por el modelo para los años 1985-2013, en conjunto con la incertidumbre asociada a las estimaciones, a partir de MCMC (Markov Chain Monte Carlo, Gelman *et al.*, 1995). En éstas se observa un incremento en los niveles de biomasa a mediados de los noventa para luego disminuir rápidamente hasta el año 2001. Posteriormente, dichos niveles se recuperan sostenidamente hasta el año 2009, para luego mantenerse relativamente estables, con excepción de la biomasa vulnerable que presenta una leve disminución. Los reclutamientos han sido fluctuantes, destacándose los bajos niveles estimados en los años 1995-1996 y 2009-2010. Para el año 2013 se estimaron entre 14 y 19 mil toneladas de biomasa total, entre 4 y 6 mil toneladas de biomasa desovante (**Tabla 6**). Para inicios del año 2014, se proyecta una biomasa total cercana a las 16 mil toneladas y una biomasa desovante de 5 mil toneladas (Ver Capítulo Análisis de Estrategias de Explotación).

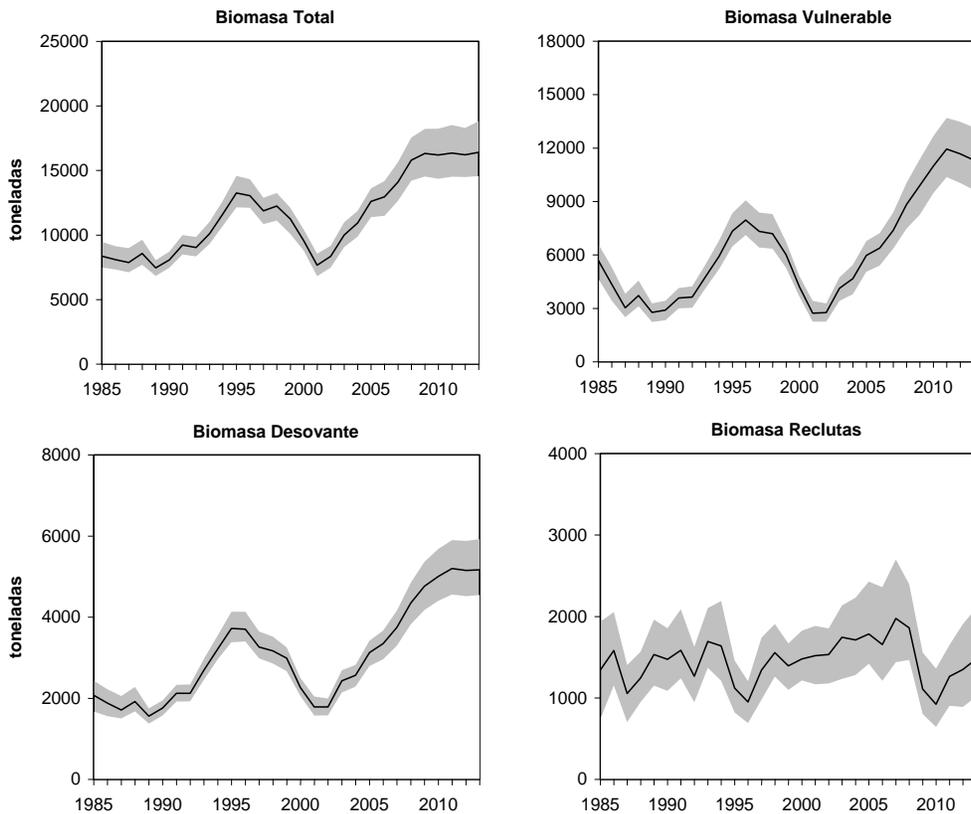


Figura 24. Biomasa total, biomasa vulnerable, biomasa desovante y biomasa de reclutas (toneladas) de langostino amarillo para el área norte. La línea negra representa la moda de la distribución posterior estimada por el modelo y la banda gris los intervalos de credibilidad del 95%.

**Tabla 6.**

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

Año	Biomasa total (ton)	Li	Ls	Biomasa desovante (ton)	Li	Ls	Biomasa reclutas (ton)	Li	Ls
1985	8523	7516	9591	2051	1721	2490	1347	772	2035
1986	8127	7365	9006	1861	1594	2220	1433	1022	2101
1987	7946	7142	8909	1725	1486	2021	1126	797	1561
1988	8511	7673	9569	1921	1652	2229	1139	817	1452
1989	7329	6655	8178	1548	1324	1742	1552	1055	2028
1990	7982	7197	8849	1719	1500	1944	1555	989	2019
1991	9087	8290	10040	2090	1874	2338	1508	1114	1876
1992	8966	8080	9875	2086	1838	2337	1353	1075	1748
1993	10005	9045	10982	2643	2368	2931	1628	1249	2164
1994	11608	10404	12721	3185	2810	3530	1685	1319	2175
1995	13331	11951	14385	3703	3265	4053	1187	944	1559
1996	13216	11881	14335	3724	3288	4095	991	735	1287
1997	12035	10816	13242	3316	2908	3687	1301	979	1694
1998	12425	11335	13681	3212	2866	3616	1651	1279	2018
1999	11464	10310	12639	3033	2699	3432	1390	1053	1765
2000	9608	8751	10679	2270	2018	2573	1497	1208	1863
2001	7649	6930	8445	1783	1568	2056	1444	1224	1901
2002	8322	7333	9117	1784	1532	2010	1532	1150	1910
2003	10044	8768	10961	2430	2073	2676	1743	1234	2328
2004	11009	9544	12248	2579	2193	2893	1770	1345	2269
2005	12831	10890	14465	3163	2659	3571	1899	1451	2617
2006	13142	11012	15026	3367	2781	3850	1700	1224	2262
2007	14289	12052	16364	3770	3099	4389	1946	1419	2481
2008	15962	13668	18471	4397	3659	5137	1899	1312	2865
2009	16504	14021	19410	4817	4017	5710	1171	849	1587
2010	16405	14005	19614	5069	4226	6111	942	651	1268
2011	16473	14146	19766	5233	4398	6360	1237	820	1764
2012	16364	14145	19667	5202	4416	6398	1424	979	2285
2013	16605	13808	20061	5203	4325	6382	1537	1010	2149



6.1.2 Diagnóstico y estatus del recurso

Los niveles de mortalidad por pesca estimados señalan dos períodos de altos niveles de explotación en el área norte, el primero a fines de la década de los 80 e inicios de los 90 y el segundo a fines de los 90 y principios del 2000, los que afectaron los niveles poblacionales en los años consecutivos. En los últimos seis años, los niveles de mortalidad producto de la pesca se han mantenido bajos y estables, con tasas de explotación promedio de 6% de la biomasa total. Para el año 2013, el valor de mortalidad por pesca se estimó en $F=0.11 \text{ año}^{-1}$ (**Figura 25**).

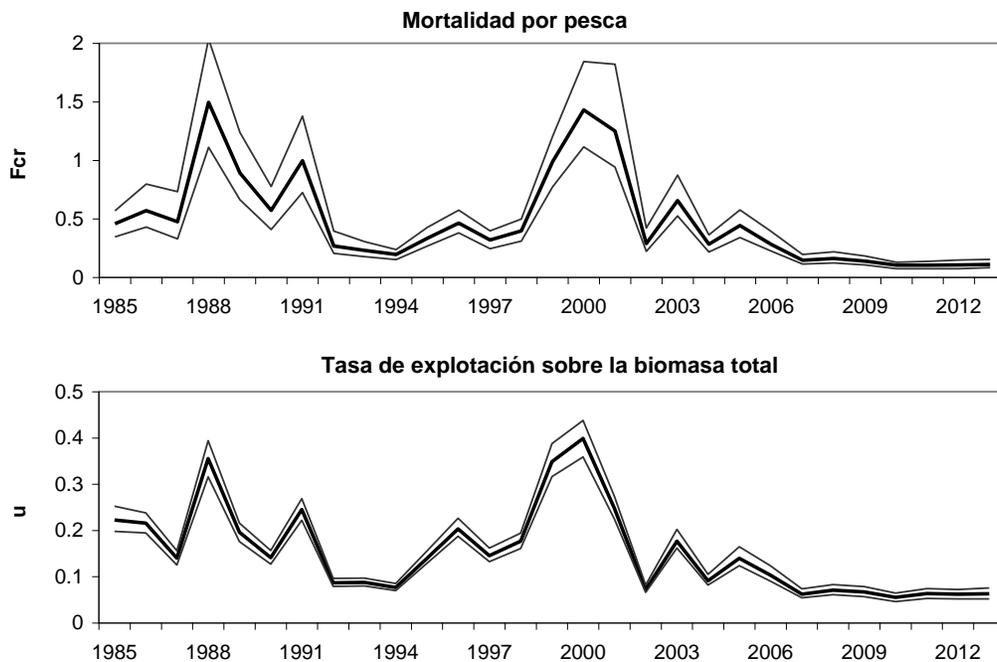


Figura 25. Mortalidad por pesca y tasa de explotación (en peso sobre la biomasa total) para los años 1985-2013 estimada por el modelo, pesquería langostino amarillo área norte.

Se midió el impacto de la actividad extractiva a partir de la reducción del potencial reproductivo (RPR), es decir, el cociente entre la biomasa desovante estimada considerando los niveles de captura registrados y la biomasa desovante sin remociones por pesca. En concordancia con las tasas de explotación, el potencial reproductivo del stock llegó a sus niveles más bajos en los años 2001 y 2002 (28%). 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, presentando para el año 2013, una reducción del 60% (**Figura 26**).

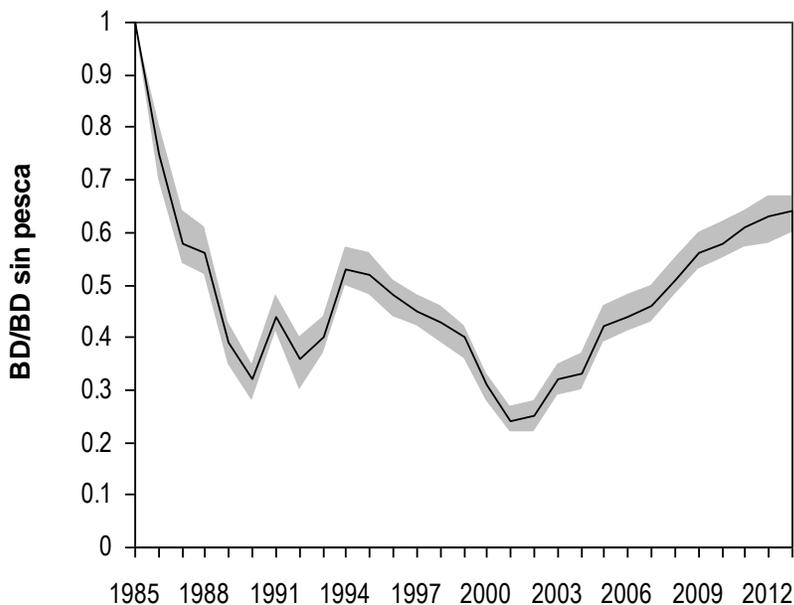


Figura 26. Raz3n entre la biomasa desovante del stock con y sin pesca, pesquería langostino amarillo 3rea norte (intervalos de credibilidad del 95%).

El an3lisis hist3rico de la producci3n del stock del langostino amarillo del 3rea norte ha fluctuado entre las 3 mil y 6 mil toneladas anuales, mientras que la producci3n neta ha sido negativa pero cercana a cero en los a3os 1985, 1986, 1991, 1995, 2009 y 2011, adem3s de dos per3odos de producci3n neta negativa significativos en los a3os 1988, 1996 y el per3odo 1998-2000. Consecuentemente, los niveles de desembarque se encuentran por sobre los excedentes productivos en los mismos periodos. Durante el a3o 2012, en el 3rea norte el desembarque de langostino amarillo se ajust3 a los niveles de excedentes productivos del stock (**Figura 27**).

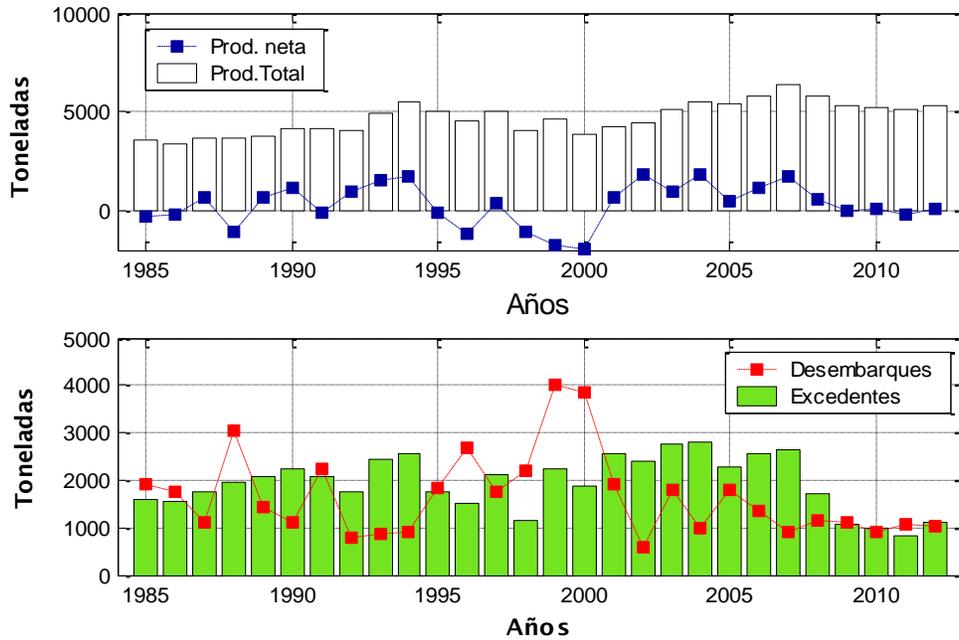


Figura 27. Panel superior: producci3n neta y total. Panel inferior: desembarques y excedentes de producci3n en la pesquería de langostino amarillo en el área norte.

En la **Figura 28** y **Figura 29** se presentan los diagramas de fase para langostino amarillo del área norte que definen el estatus del recurso. Se debe tener en cuenta que el rendimiento máximo sostenido (rms) es aquel en que la biomasa desovante es reducida al 40% de la biomasa virginal (proxy), y el estado de plena explotaci3n se define por el área comprendida entre $\pm 5\%$ del rms. Por lo tanto, la sobreexplotaci3n se define para un nivel de reducci3n de la biomasa desovante del 35% y la sub-explotaci3n para una reducci3n del 45%. El límite de colapso ocurre cuando la biomasa desovante es reducida a niveles del 20% de la condici3n virginal (**Anexo I**). Para definir el nivel de remoci3n asociado al nivel de reducci3n de la biomasa desovante objetivo (40%BD/BDo) se realizó un análisis de rendimiento por recluta (ver **Tabla 5**). De este modo, se delimita la estrategia de explotaci3n que permite alcanzar el objetivo como valor de referencia máximo, correspondiente al Frms o su equivalente tasa de explotaci3n, urms (Ver **Anexo II**, Reporte 2da Reuni3n). El valor estimado para langostino amarillo del área norte corresponde al Frms= 0.3 año⁻¹, o tasa de explotaci3n, urms= 13% (ver **Figura 15**).

La relaci3n de reducci3n de la biomasa desovante y la mortalidad por pesca indica que el langostino amarillo del área norte se encuentra, en una condici3n de sub-explotaci3n, debido a que ésta se encuentra por sobre la biomasa que genera el RMS ($BD/BDo_{2013} = 60\%$), sin riesgo de que $BD < Brms$ (sobre-explotaci3n). Además, la mortalidad por pesca ($F_{2013} = 0.11$ año⁻¹) como la tasa de explotaci3n ($u_{2013} = 6\%$) son inferiores al objetivo, sin riesgo de sobrepesca (**Figura 28** y **Figura 29**).

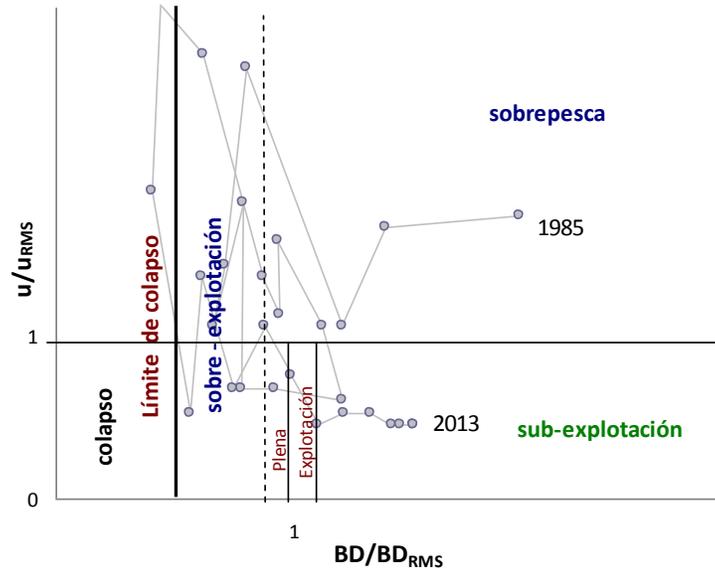


Figura 28. Diagrama de fase de explotaci3n en equilibrio del langostino amarillo en el 3rea norte considerando la tasa de explotaci3n.

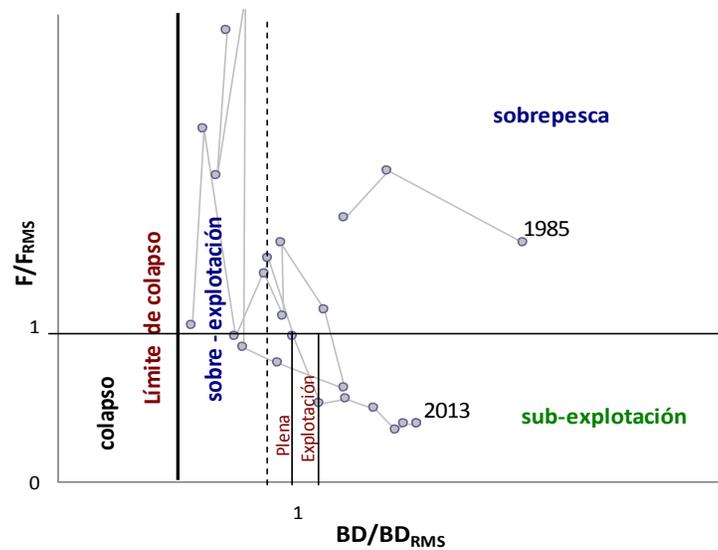


Figura 29. Diagrama de fase de explotaci3n en equilibrio del langostino amarillo en el 3rea norte considerando los niveles de mortalidad por pesca. El valor para el a1o 1988 que se encuentra en el 3rea de la sobre-explotaci3n ($F > 1.5 \text{ a1o}^{-1}$), fue eliminado de la serie para efectos de presentaci3n del gr3fico



6.1.3 Análisis de Estrategias de Explotación, riesgo y recomendación de CBA

Para el análisis de estrategias de explotación de langostino amarillo comúnmente se han simulado tasas de explotación (Bucarey *et al.*, 2013; Bucarey *et al.*, 2012; Montenegro *et al.*, 2011, entre otros). Como estrategia de explotación se simularon tasas de explotación 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 ($u=0$), el actual nivel de explotación o ($u=usq$) y el valor objetivo ($u=urms$). Los reclutamientos son incorporados en la proyección como un promedio de los reclutamientos del periodo de modelación (**Anexo II**).

6.1.3.1 Proyecciones

Se presentan los resultados preliminares para el langostino amarillo del área norte, en ésta se aprecia que un nivel de reducción considerado objetivo ($urms=13\%$) indica una leve disminución del nivel de la biomasa total y desovante en el mediano plazo (**Figura 30** y **Figura 31**).

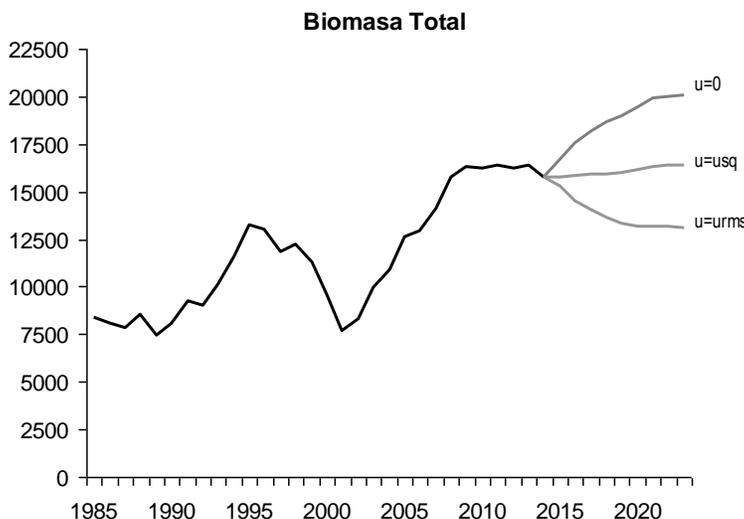


Figura 30. Trayectoria de la biomasa total (t) de langostino amarillo, área norte. Se evalúan tasas de explotación constantes para el período 2014-2023.

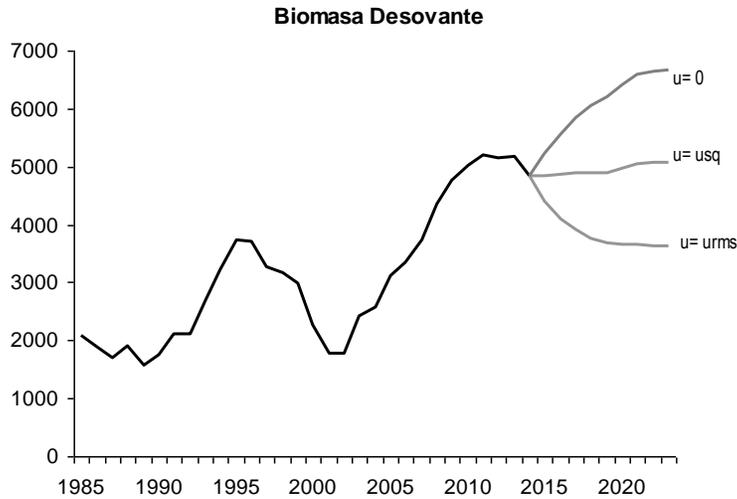


Figura 31. Trayectoria de la biomasa desovante (t) de langostino amarillo, 3rea norte. Se evalúan tasas de explotaci3n constantes para el per3odo 2014-2023.

Se presentan los diagramas de fase resultantes de la proyecci3n del stock de langostino amarillo del 3rea norte al a3o 2023, bajo las estrategias de proyecci3n sugeridas de acuerdo con lo expuesto en el Anexo II. En la **Figura 32** se presenta la proyecci3n bajo un escenario sin pesca, en la cual se observa que para el a3o 2014 el recurso incrementa la BD a un 64% de la condici3n virginal y 3sta continuar3a aumentando hasta el 3ltimo a3o de proyecci3n. Por su parte, la estrategia de tasa de explotaci3n equivalente a la estimada para el a3o 2013 ($usq=6\%$), genera un crecimiento de la biomasa desovante hasta el a3o 2020, para luego comenzar a disminuir y estabilizarse en torno a un nivel del 65% de reducci3n en el largo plazo (**Figura 33**). Bajo ambos escenarios, el recurso se mantiene en estado de sub-explotaci3n. La proyecci3n bajo el escenario de tasa de explotaci3n constante igual al objetivo ($urms=13\%$) permite llevar al recurso a la zona de plena explotaci3n en un plazo de 4 a3os y alcanzar el RMS en el a3o 2023 (**Figura 34**).

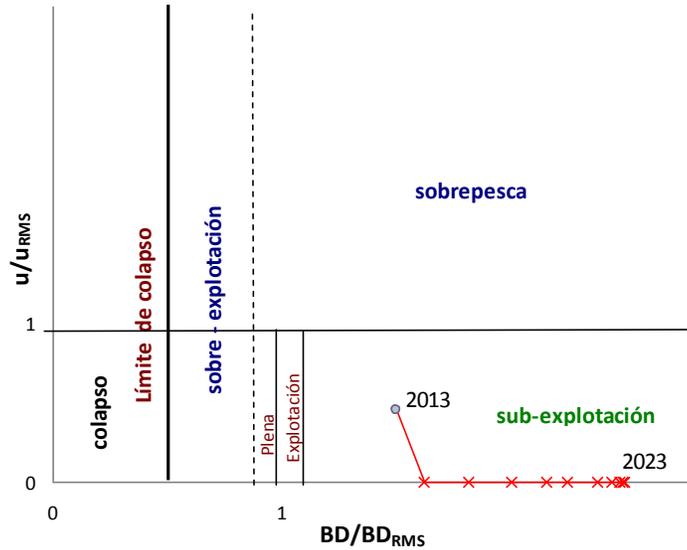


Figura 32. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo una condici3n sin pesca ($u=0\%$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_0 hasta el a3o 2023.

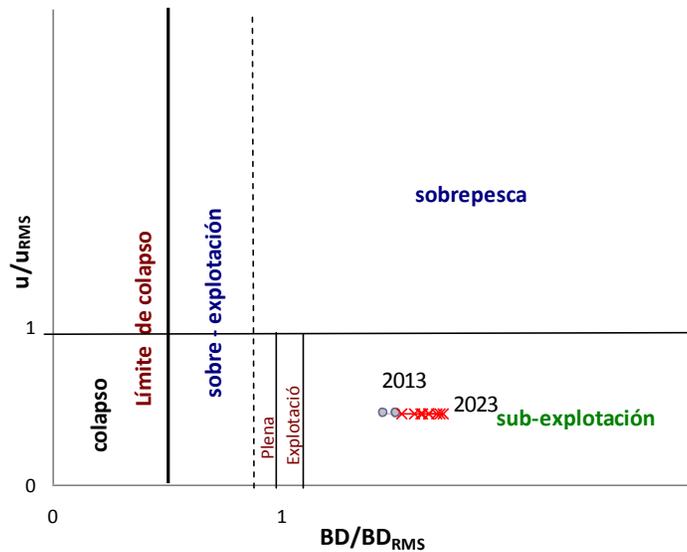


Figura 33. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo la tasa de explotaci3n actual ($u= usq$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_0 hasta el a3o 2023.

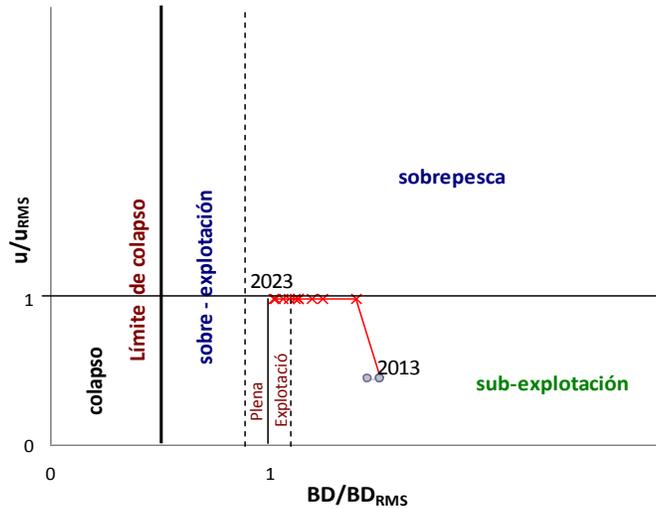


Figura 34. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo la tasa de explotaci3n objetivo ($u = urms$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_0 hasta el a3o 2023.

La **Figura 35** muestra la trayectoria de las proyecciones de las capturas para las tasas de explotaci3n analizadas. Bajo el escenario de proyecci3n igual al objetivo ($urms = 13\%$), la captura para el a3o 2014 alcanzar3a las 1.9 mil toneladas (10% riesgo, **Tabla 7**).

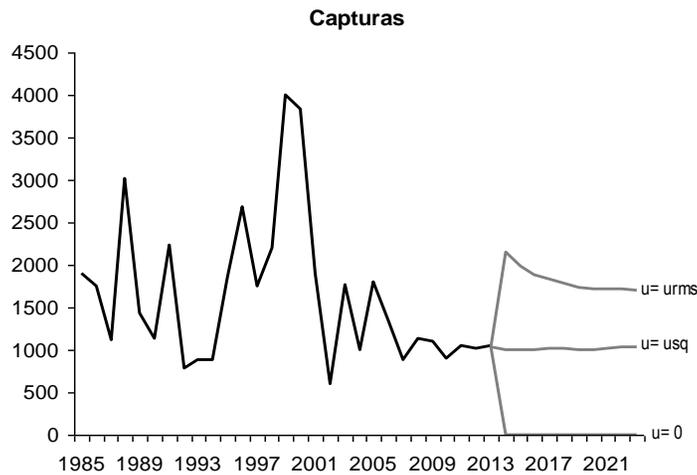


Figura 35. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas bajo la estrategia de tasa de explotaci3n constante igual a $u = usq$, $u = urms$ y sin pesca, periodo 2014-2023, langostino amarillo 3rea norte.



Tabla 7.

Capturas proyectadas (t) de langostino amarillo para el año 2014, según tasas de explotación: $u=usq$, $u=urms$ y los percentiles de riesgo de exceder dichas tasas, del 1% al 50%, área norte.

Regla	Criterio	B/Brms(t=1)	B/Brms(t=2)	CBA ($\alpha=0.1$)	CBA ($\alpha=0.5$)
	$u=0$	0.64	0.72	0	0
u cte	$u=usq$	0.60	0.61	895	993
	$u=urms$	0.55	0.49	1938	2152

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 2013, la que permite proyectar los niveles de captura total permisible ante distintos niveles de riesgo (10% y 50%) y tasas de explotación (**Tabla 8**). La biomasa del crucero de evaluación directa 2013 para el área norte fue estimada en 14 mil toneladas ($IC_{95\%} = [11-18]$ mil t).

Tabla 8.

Tabla de decisión para fijar la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año 2014 de langostino amarillo área norte, bajo diferentes tasas de explotación, considerando 4 hipótesis respecto de la Biomasa Directa del año 2013. El percentil corresponde a la CTP asumiendo un riesgo de 10% y 50%.

Biomasa (miles de t)		Hipótesis alternativas Biomasa Evaluación Directa 2013				Valor Esperado
		< 13	13 - 14.5	14.5 - 16	> 16	
	Probabilidad	0.12	0.44	0.38	0.07	
		Percentil 10% CTP				
u	$u=usq$	811	911	1009	1090	895
	$u=urms$	1757	1974	2187	2363	1938
		Percentil 50% CTP				
u	$u=usq$	902	983	1082	1167	993
	$u=urms$	1954	2130	2344	2527	2152

De esta forma, se puede señalar que si se utiliza una tasa explotación del $urms=13\%$, se asume un riesgo de un 10% de sobrepasar dicha tasa y además se considera el escenario más conservador respecto del nivel de biomasa estimada por el crucero 2013 (< 13 mil toneladas), la captura total permisible para el año 2014 sería no mayor de 1700 toneladas. Si consideramos la hipótesis más optimista respecto del valor de la biomasa directa 2013 (>16000 t) y se asume un riesgo del 10% de exceder dicha tasa, la captura alcanzaría las 2.3 mil toneladas. Si se integran todas las hipótesis, la CBA para langostino amarillo del área norte es no mayor a 1.9 mil toneladas.



6.2 Área Sur (30°30'01"-38°28' L.S.)

6.2.1 Ajuste del modelo a los datos

Se ajustó el modelo de dinámica poblacional para el área al sur de la latitud 30° 30' LS para el período 1979 – 2013 (parcial). Debido a la moratoria extractiva declarada entre la V y VIII Regiones a partir del año 2001, indicadores como las estructuras de tamaños no cuentan con estimaciones para el período 2001 al 2005. Se contó con información de desembarques para el período 1979 - 2012, mientras que el desembarque del año 2013, se estimó igual al porcentaje del desembarque del año anterior respecto de la cuota asignada.

El ajuste del modelo a la serie de desembarque es satisfactorio, en tanto que el ajuste a los niveles de CPUE es adecuado en cuanto se encuentra dentro de los intervalos de confianza de las observaciones y recoge satisfactoriamente las tendencias, con excepción de los años 1994 y 1996, cuando los datos sugieren una disminución drástica de dicho indicador. Además, se destaca que para los últimos años el modelo indica una leve sobre estimación de este indicador. En el caso de la biomasa estimada por área barrida, el modelo de evaluación indirecta estima valores inferiores en los años 1995 y 1997 y levemente superiores en los años 1999-2000. Para el período 2004 y 2007 el modelo estima valores inferiores a los reportados por los cruceros de evaluación directa, período en el que se produce un cambio de ejecutor del proyecto y los niveles de biomasa estimadas se incrementan sostenidamente hasta el año 2006. Además, el modelo no recoge la disminución de la biomasa estimada por el crucero para el año 2012 (**Figura 36**). La capturabilidad de los cruceros fue separada en dos bloques, el primero en el período 1979-2003 y el segundo a partir del año 2004. Los resultados indican una capturabilidad $q=0.9$ lo que indicaría una subestimación de la abundancia, en tanto que para el segundo período el $q=1,14$ indicando una sobre-estimación de la biomasa de un 14%.

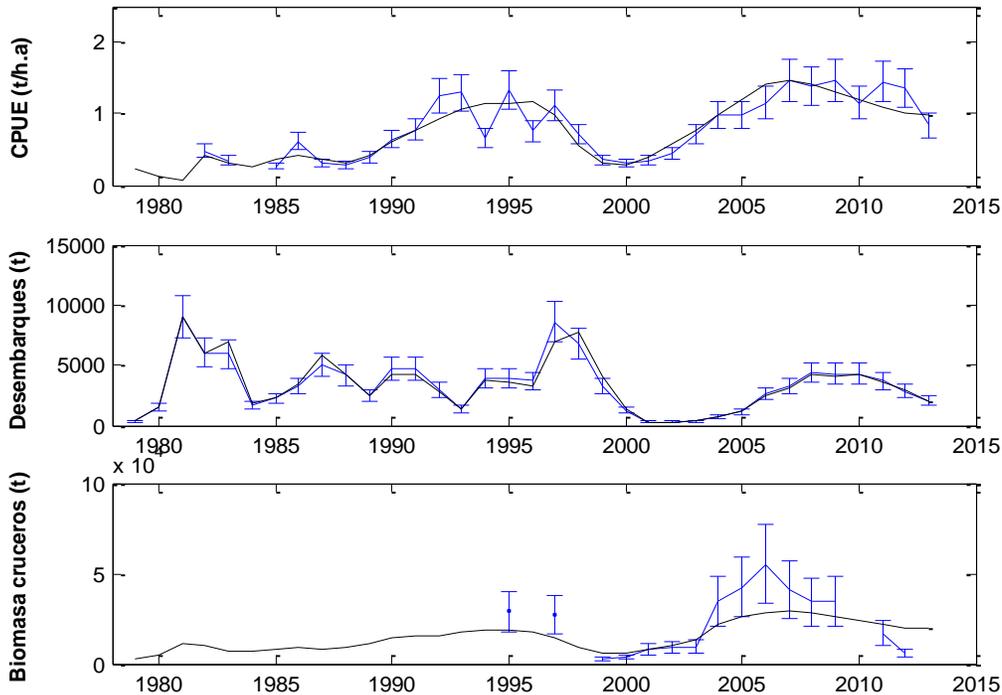


Figura 36. Ajuste del modelo a la informaci3n de cpue, desembarques y biomasa directa. La l3nea azul corresponde a la informaci3n de entrada al modelo, junto con sus niveles de incertidumbre (l3neas verticales), en tanto que la l3nea negra s3lida muestra el valor estimado por el modelo. Langostino amarillo, 3rea sur, 1979 – 2013.

En los machos, las composiciones de tama1o de las capturas comerciales observadas en los '80 1999 y 2006, son reproducidas adecuadamente, sin embargo, el modelo estima una estructura de tallas con una moda levemente desplazada hacia individuos de menor tama1o en los restantes a1os (**Figura 37**). En las hembras, el modelo se ajusta adecuadamente con excepci3n del a1o 1998 donde se observa una subestimaci3n de la talla media (**Figura 38**). Consecuentemente, el nivel de ajuste del modelo a las tallas medias de la flota comercial es adecuado para las hembras y en menor medida para los machos, en cuanto recoge las tendencias para el per3odo analizado. Se observ3 una reducci3n de los tama1os corporales en los a1os 1981 y 1999 para ambos sexos. Luego de 5 a1os de moratoria extractiva (2001-2005), a partir del a1o 2006 se observa una recuperaci3n de las estructuras de tama1os, tanto para machos como para hembras. Para el a1o 2013 la talla media fue estimada en 37 mm para machos, y en 32 mm para las hembras (**Figura 39**).



Stock Machos

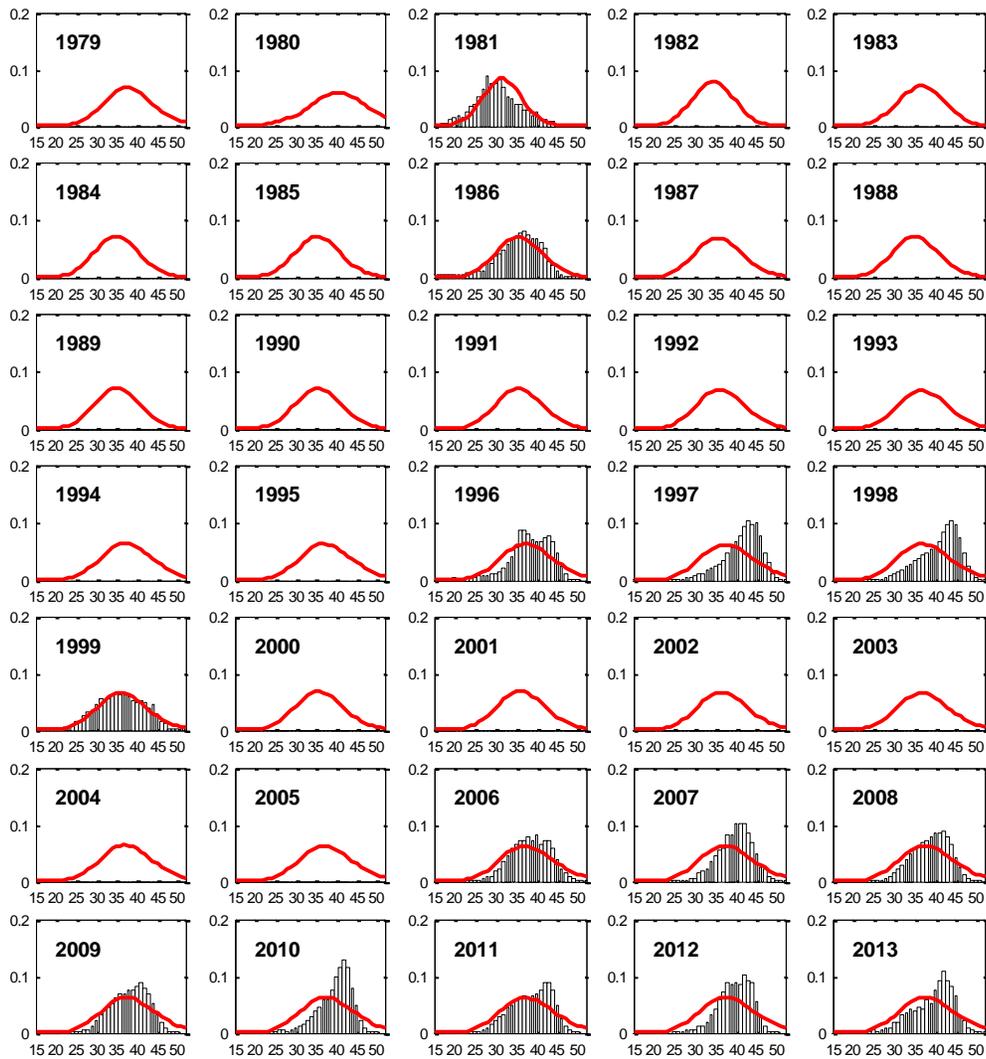


Figura 37. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de machos de langostino amarillo, 3rea sur. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y la lnea el ajuste.



Stock Hembras

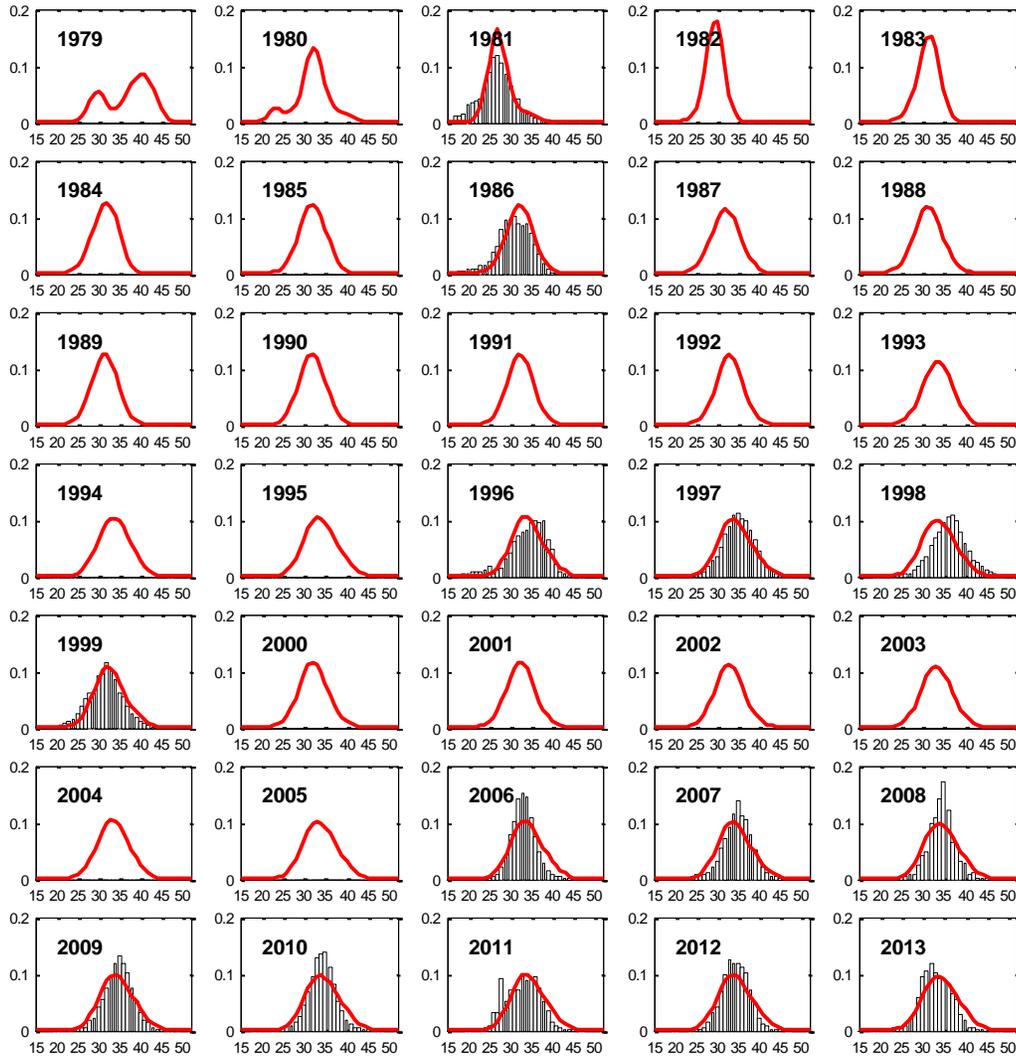


Figura 38. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de hembras de langostino amarillo, 3rea sur. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y la lnea el ajuste.

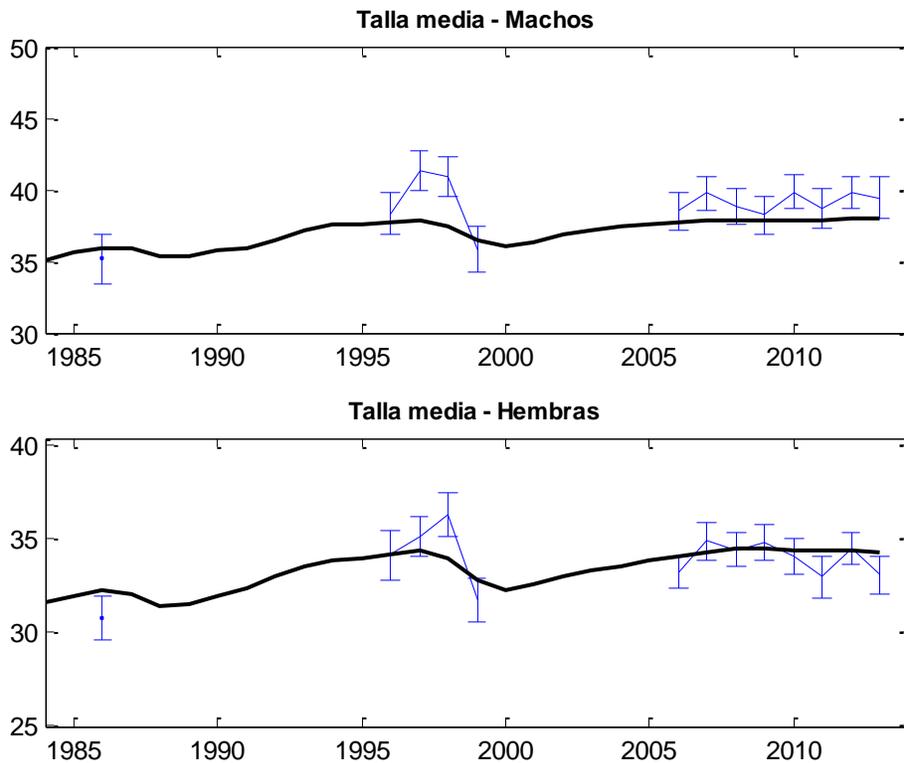


Figura 39. Tallas medias estimadas de langostino amarillo, a partir del monitoreo de la pesquería (línea azul) y las estimadas por el modelo para el área sur, período 1979-2013. Las líneas verticales muestran la incertidumbre asociada con el tamaño de muestra efectivo utilizado para el ajuste del modelo.

Dado que no han existido cambios en la selectividad de los artes de pesca durante el período de análisis, se estimó una ojiva de vulnerabilidad para la flota comercial constante en el tiempo para cada género. En la **Figura 40** se presentan las ojivas estimadas a la edad, dando cuenta de una edad media de vulnerabilidad de 6.5 años. Además, los ejemplares de los grupos de edad 8 y superiores tienen probabilidad 1 de ser seleccionados por el arte de pesca.

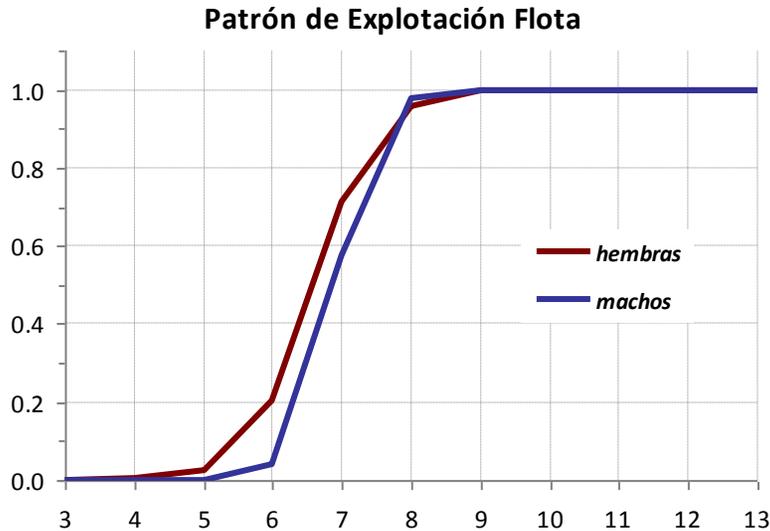


Figura 40. Ojivas de selectividad a la edad sexo-espec3ficas de la pesquer3a de langostino amarillo en el 3rea sur.

El modelo utilizado considera la din3mica en edades del recurso con 11 grupos de edad en las capturas y las tallas medias a la edad son estimadas a partir de los par3metros de crecimiento reportados por Arancibia *et al.*, (2005), siendo estimado en el modelo el coeficiente de variaci3n de la talla media a la edad. Con esta informaci3n se elabor3 una clave edad-talla, la cual permite llevar la din3mica en edades del stock, a tallas. En la **Figura 41** se presentan los grupos de edad considerados, con sus respectivas densidades de probabilidad, apreci3ndose que el primer grupo de edad tendr3a una talla media en torno a los 19 mm de LC en ambos sexos, en tanto que el 3ltimo grupo de edad, tendr3a una talla media de 41 mm en las hembras y de 45 mm en machos.

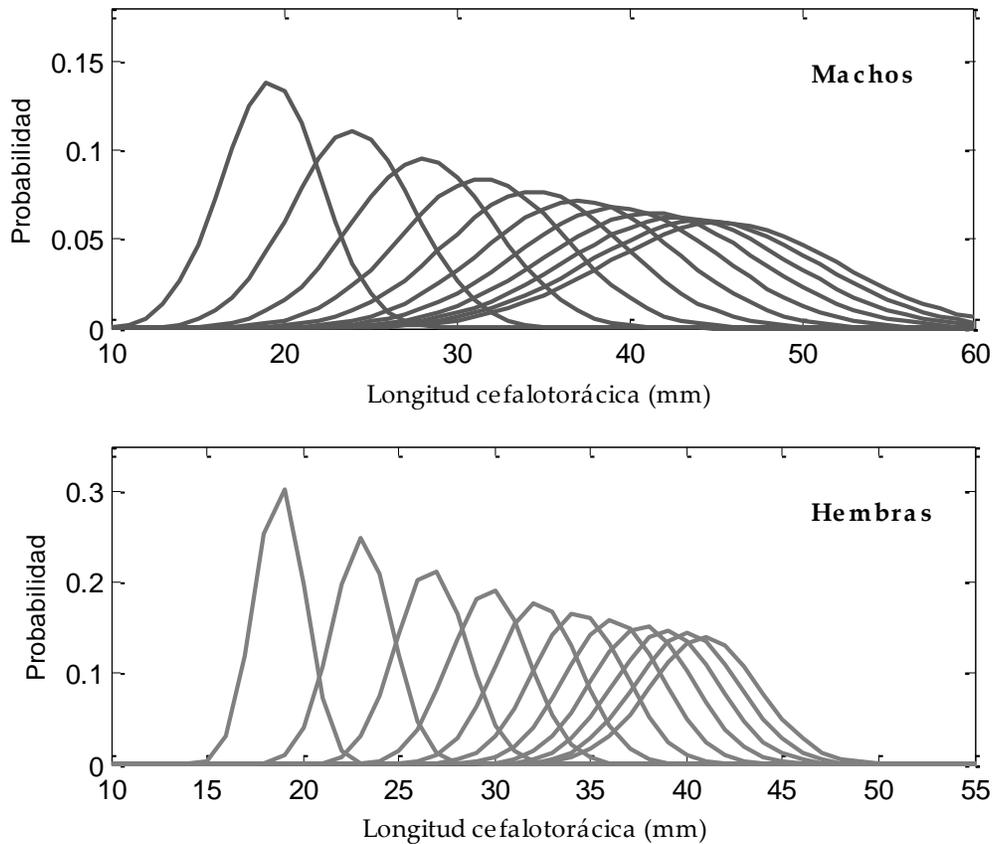


Figura 41. Densidad de probabilidad de la talla, según edad, estimadas a partir de los parámetros de crecimiento de langostino amarillo, sexo-específicos, área sur. La desviación estándar de la talla a la edad se estimada a partir de $\sigma_{a,s} = cv_s \bar{l}_{a,s}$, donde el cv (coeficiente de variación) es estimado en el modelo (ver metodología).

Para langostino amarillo en el área sur, la abundancia total por grupo de edad estimada muestra un decaimiento exponencial para los años posteriores a 1983. Si se considera que la abundancia estimada para el primer año (1979) presenta grupos de edades (5+) con reducida abundancia, las estimaciones de reclutamiento permiten que en un corto período de tiempo el stock se reconstituya para todos los grupos etarios sugiriendo una alta resiliencia de la población, principalmente por la vía de crecimiento por reclutamiento. En los años 1987-1988 y 2002-2003 se habrían registrado importantes niveles de reclutamiento, los que habrían permitido obtener los altos niveles de biomasa vulnerable que se registraron en los primeros años de los '90 y en la segunda mitad de los años 2000, respectivamente (Figura 42).



Abundancia Total por grupo de edad

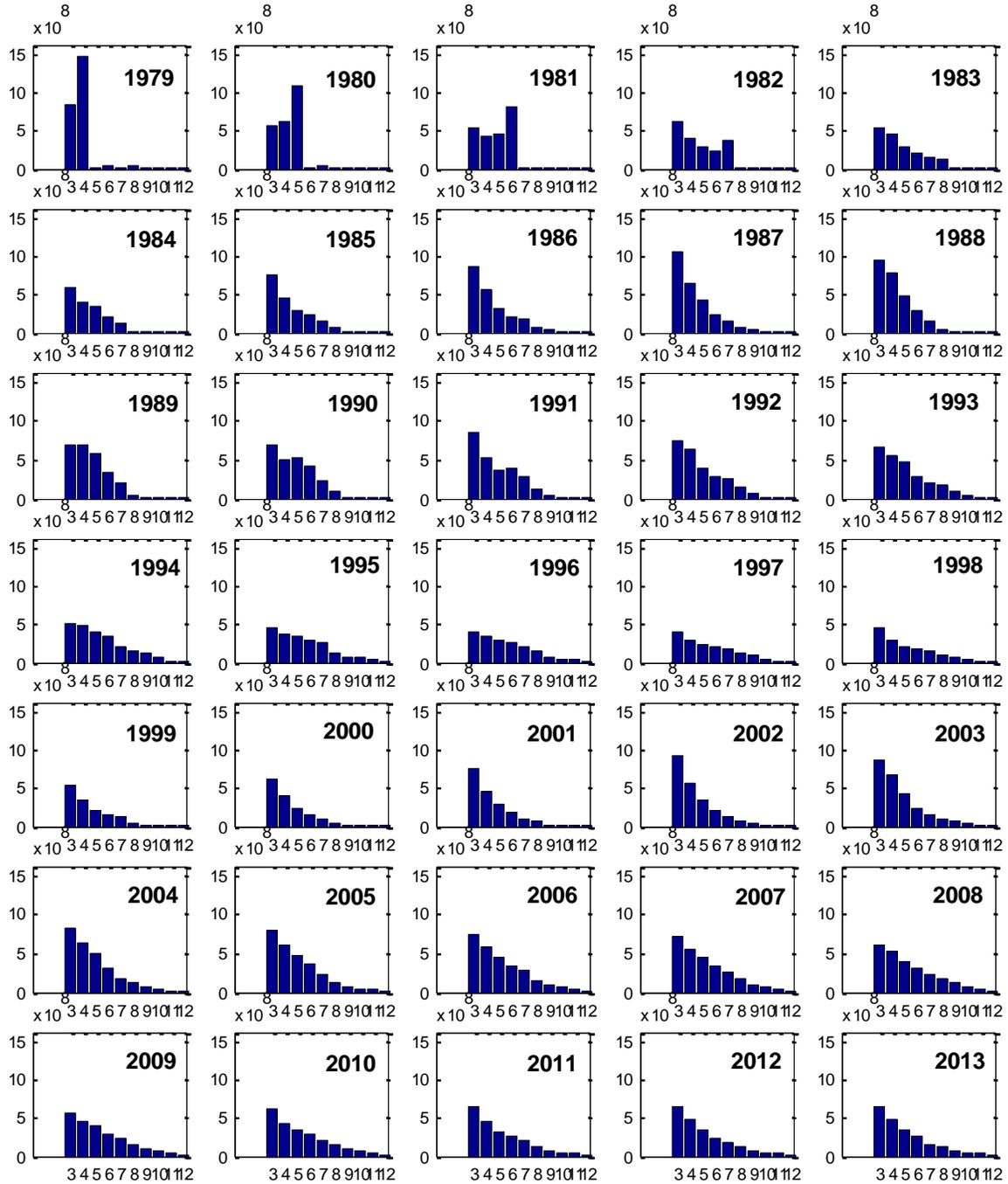


Figura 42. Abundancia total de langostino amarillo estimada por el modelo, 3rea sur, 1979 – 2013.



La **Figura 43** muestra la magnitud y tendencia de las biomazas estimadas por el modelo para los años 1979-2013, en conjunto con la incertidumbre asociada a las estimaciones. En ésta se observa un incremento de las biomazas total y vulnerable entre 1985 y 1994, para luego disminuir rápidamente hasta el año 2000. Posteriormente, se observa una recuperación hasta el año 2006, luego del período de moratoria extractiva. A partir del año 2009 nuevamente se observa un declive en los niveles de biomasa. Para el año 2013 se estimaron entre 31 y 38 mil toneladas de biomasa total, entre 9 y 11 mil toneladas de biomasa desovante y entre 3 mil y 5 mil toneladas de biomasa de reclutas (**Tabla 9**).

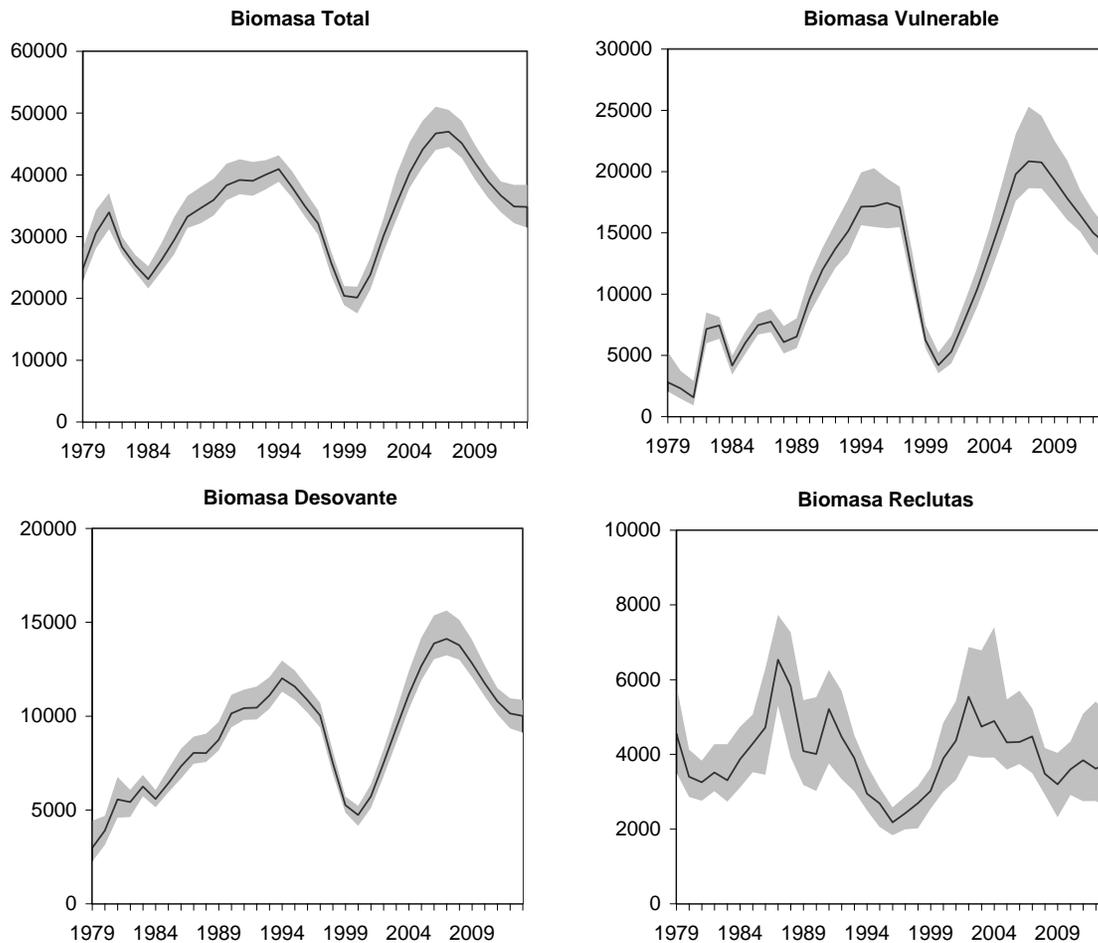


Figura 43. Biomasa total, biomasa vulnerable, biomasa desovante y biomasa de reclutas (toneladas) estimadas por el modelo para langostino amarillo, área sur. La línea negra representa la moda de la distribución posterior y la zona gris los intervalos de confianza del 95%.



Tabla 9.
Biomasa total, vulnerable y desovante (t) de langostino amarillo para el área sur.
Se presentan los intervalos de credibilidad del 95%.

Año	Biomasa total (ton)	Li	Ls	Biomasa desovante (ton)	Li	Ls	Biomasa reclutas (ton)	Li	Ls
1979	24786	22707	28018	2963	2235	4418	4550	3513	5850
1980	30592	28085	34240	3891	3126	4672	3399	2858	4125
1981	33934	31188	37043	5554	4584	6752	3247	2758	3827
1982	28305	27072	29983	5410	4620	6069	3512	3014	4268
1983	25373	24252	27043	6240	5723	6857	3304	2733	4269
1984	23130	21602	25216	5575	5143	6055	3865	3104	4737
1985	26152	24341	28880	6407	5919	7184	4282	3521	5060
1986	29476	27151	33186	7315	6660	8244	4719	3455	6290
1987	33214	31356	36555	8037	7457	8901	6530	5300	7736
1988	34579	32135	38019	8018	7552	9062	5827	3923	7262
1989	35920	33392	39356	8741	8161	9685	4086	3181	5449
1990	38280	35893	41774	10131	9405	11129	4006	3015	5529
1991	39151	36843	42524	10422	9794	11403	5213	3756	6253
1992	39025	36615	42074	10444	9817	11569	4468	3331	5699
1993	40010	37657	42362	11093	10384	12066	3898	3004	4517
1994	40937	38861	43168	12014	11295	12944	2948	2501	3712
1995	38044	36337	40625	11574	10866	12431	2686	2051	3108
1996	34905	33223	37341	10853	10184	11577	2177	1830	2575
1997	32141	30326	34265	10032	9393	10707	2420	1990	2865
1998	25737	23647	27544	7507	6917	8143	2687	2017	3147
1999	20417	18883	21998	5241	4841	5707	3016	2539	3635
2000	20109	17576	21886	4725	4143	5208	3887	3002	4842
2001	23823	21407	26583	5714	5097	6356	4363	3308	5428
2002	30099	27519	32954	7489	6778	8214	5539	3963	6872
2003	35286	32734	39978	9341	8564	10265	4740	3911	6778
2004	40324	37862	45264	11154	10366	12386	4888	3914	7403
2005	44094	41253	48762	12669	11896	14172	4320	3588	5469
2006	46680	44040	51018	13858	13026	15359	4328	3736	5703
2007	46977	44481	50511	14111	13239	15619	4480	3493	5229
2008	45093	42711	48723	13763	12999	15117	3475	2914	4166
2009	41935	39233	44907	12813	12071	14068	3194	2312	4037
2010	38945	36278	41552	11751	11049	12702	3598	2908	4339
2011	36650	33922	38908	10793	10093	11487	3839	2742	5085
2012	34884	32150	38357	10133	9337	10946	3614	2746	5412
2013	34804	31457	38371	10011	9117	10862	3782	2555	5011



6.2.2 Diagn3stico y estatus del recurso

El langostino amarillo del 1rea sur estuvo sometido a elevadas tasas de mortalidad por pesca en el per3odo 1981-1983, las que significaron tasas de explotaci3n sobre la biomasa superiores al 20% (**Figura 44**) afectando los niveles poblacionales en el a1o 1984. Esta situaci3n se repite en la segunda mitad de los 90 provocando los niveles poblacionales m1s bajos del per3odo analizado (2000-2001). Posteriormente y gracias a la veda total decretada entre la V y VIII Regiones para el per3odo 2001 a 2005, los niveles de mortalidad por pesca y tasas de explotaci3n decrecieron a valores pr1cticamente nulos. Entre 2006 y 2011 se registr3 un incremento en la mortalidad por pesca y tasas de explotaci3n. Durante el 2012 estas comienzan a disminuir nuevamente y se estiman para el 2013 una tasa de explotaci3n en torno al 6% de la biomasa total y un $F=0.19 \text{ a1o}^{-1}$.

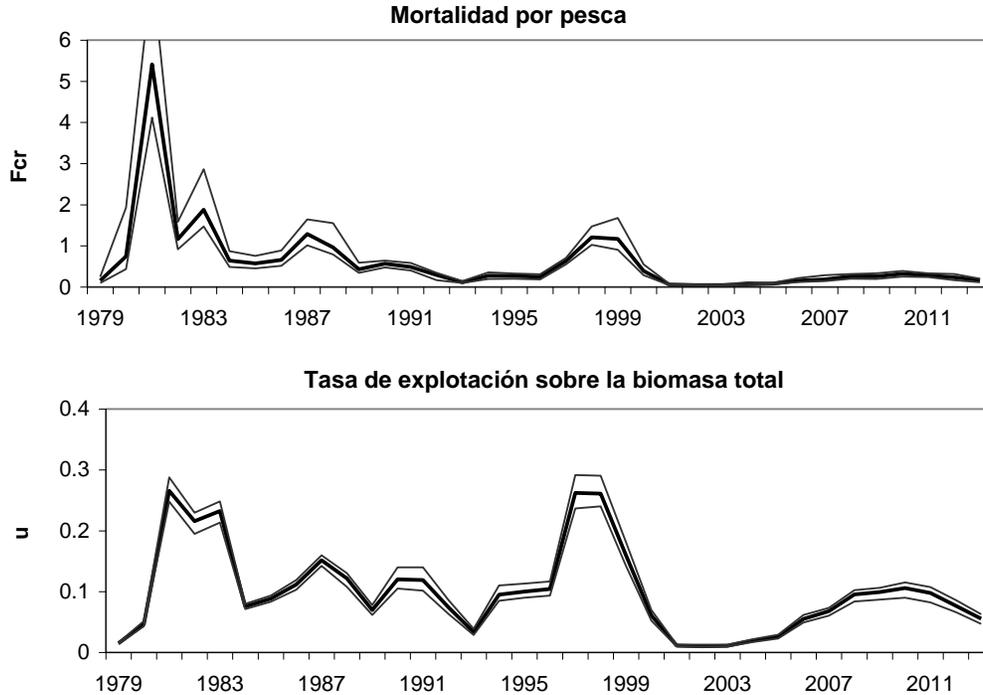


Figura 44. Mortalidad por pesca y tasa de explotaci3n (en peso sobre la biomasa total) para los a1os 1979-2013 estimada por el modelo, pesquer3a langostino amarillo, 1rea sur.

El potencial reproductivo del stock lleg3 a sus niveles m1s bajos en los a1os 1989 (40%) y 2000 (35%). El stock del 1rea sur, recuper3 su potencial reproductivo a una condici3n pr1cticamente virginal luego de la moratoria extractiva y el ingreso de buenas clases anuales. Tras una disminuci3n, el stock de langostino amarillo del 1rea sur presenta para el a1o 2013 una reducci3n del potencial reproductivo del 56% (**Figura 45**).

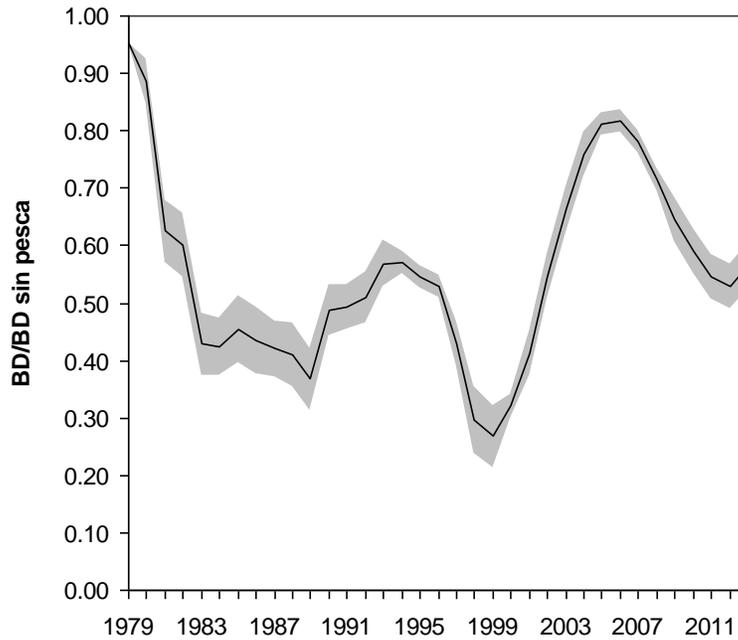


Figura 45. Raz3n entre la biomasa desovante del stock y la biomasa desovante sin explotaci3n, pesquería langostino amarillo, 3rea sur (intervalos de credibilidad del 95%).

El an3lisis hist3rico de la producci3n del stock muestra 3 per3odos de producci3n neta negativa entre los a3os 1981-1983, 1994-1998 y 2007-2011. Consecuentemente, los niveles de desembarque se encuentran por sobre los excedentes productivos, los que para el 3ltimo a3o se estimaron en 2600 t (**Figura 46**).

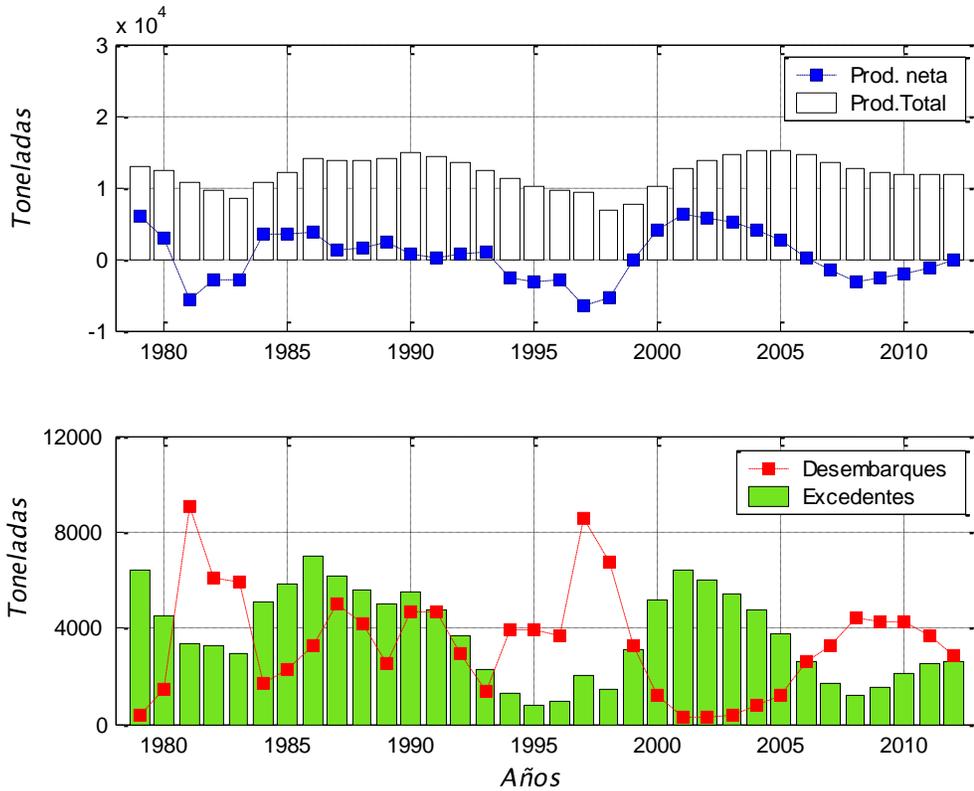


Figura 46. Panel superior: producci3n neta (lnea azul) y producci3n total (columnas). Panel inferior: desembarques (lnea roja) y excedentes de producci3n (columnas) en la pesquería de langostino amarillo en el área sur.



Se presenta el diagrama de fase para el langostino amarillo del 1rea sur el cual considera que el rendimiento m1ximo sostenido se obtiene cuando la biomasa es reducida al 40% (proxy) de la biomasa desovante virginal. La zona de plena explotaci3n est1 definida entre un $\pm 5\%$ del RMS, por lo tanto, el l1mite para la sub-explotaci3n corresponde a un nivel de reducci3n del 45% BD/BDo y el l1mite de sobre-explotaci3n a un 35% de la BD/BDo. El valor objetivo de conservaci3n permite alejarse del valor l1mite sin perder la productividad del recurso. A nivel de tasa de explotaci3n, se debe considerar una remoci3n m1xima del 14%, equivalente a un valor de $F_{rms} = 0.7 \text{ a}\tilde{n}o^{-1}$ (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

La relaci3n de reducci3n de la biomasa desovante actual respecto de la condici3n sin pesca (56%) y las tasas de explotaci3n y/o mortalidad por pesca ($F_{actual} = 0.17 \text{ a}\tilde{n}o^{-1}$, $u_{actual} = 6\%$), indican que el langostino amarillo del 1rea sur se encuentra en una condici3n de sub-explotaci3n, con $p(BD < BD_{rms}) = 0$ y de que $p(F > F_{rms}) = 0$; es decir, sin riesgo de sobre-explotaci3n y sin riesgo sobrepesca (**Figura 47** y **Figura 48**).

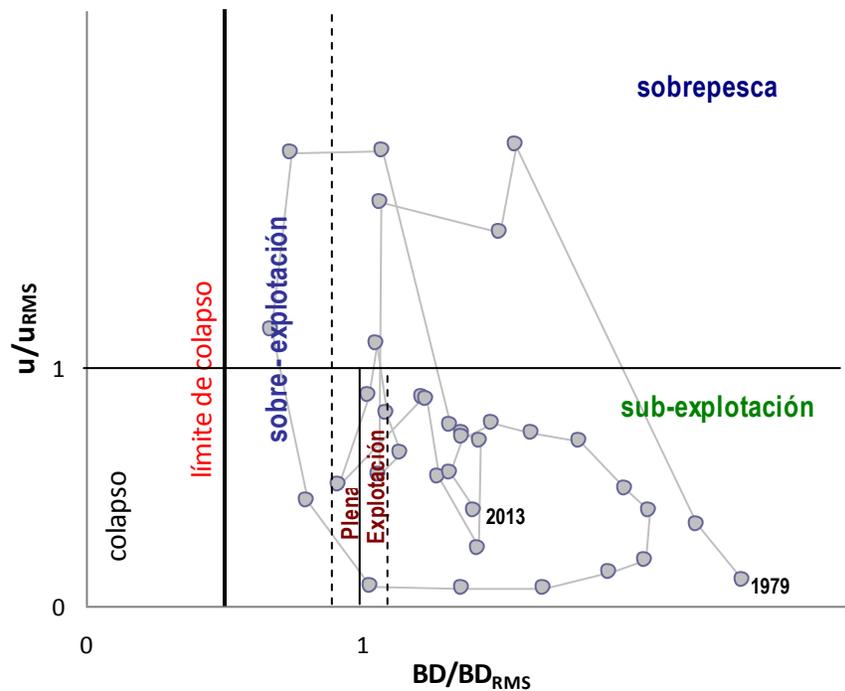


Figura 47. Diagrama de fases de explotaci3n en equilibrio del langostino amarillo en el 1rea sur. La l1nea segmentada representa l1mites de sobre-explotaci3n y sub-explotaci3n.

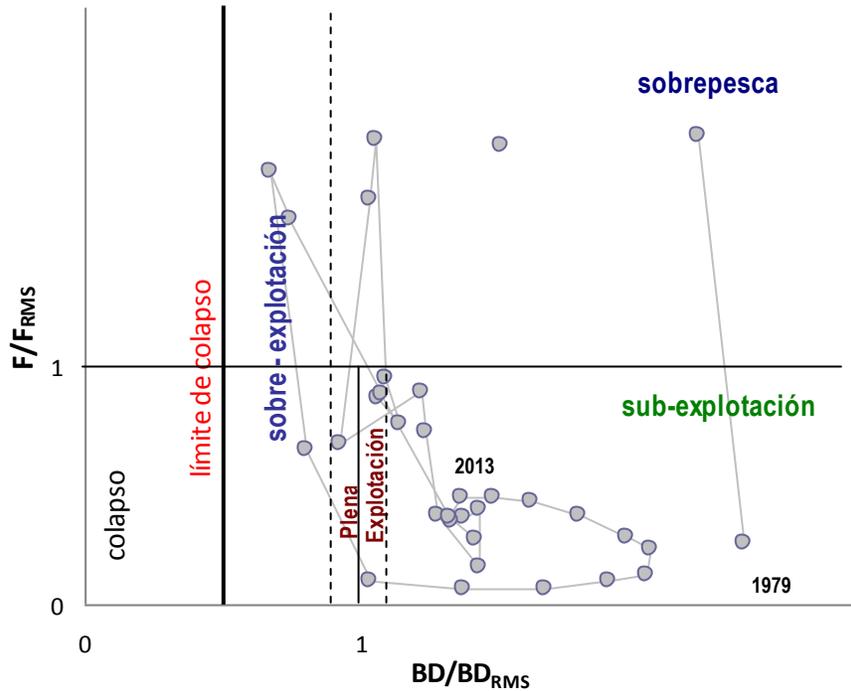


Figura 48. Diagrama de fases de explotación en equilibrio del langostino amarillo en el área sur. La línea segmentada representa límites de sobre-explotación y sub-explotación.

6.2.3 Análisis de Estrategias de Explotación y recomendación de CBA

Los resultados muestran que la tasa de explotación propuesta como objetivo (14%), genera un decaimiento en los niveles de biomasa total y desovante en el mediano plazo (**Figura 49** y **Figura 50**).

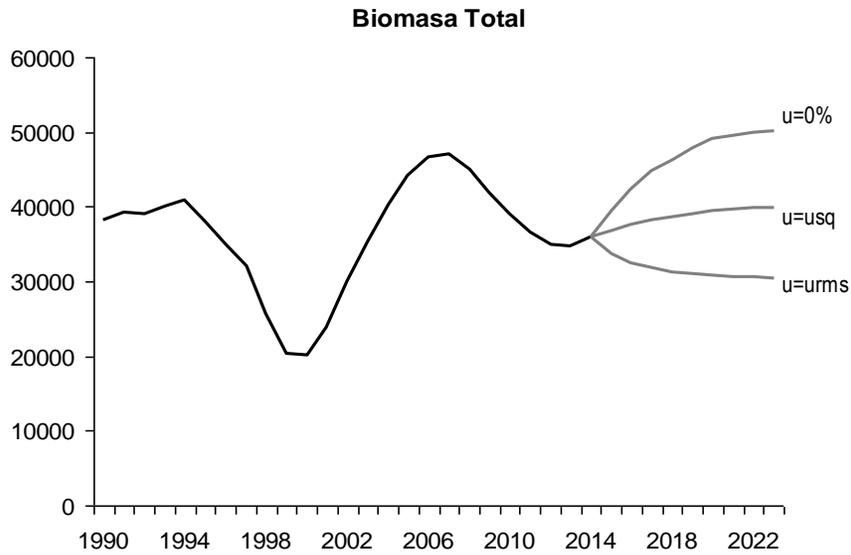


Figura 49. Trayectoria de la biomasa total (t) de langostino amarillo, área sur. Se evalúan tasas de explotación constantes (sobre la biomasa total) para el período 2014-2023.

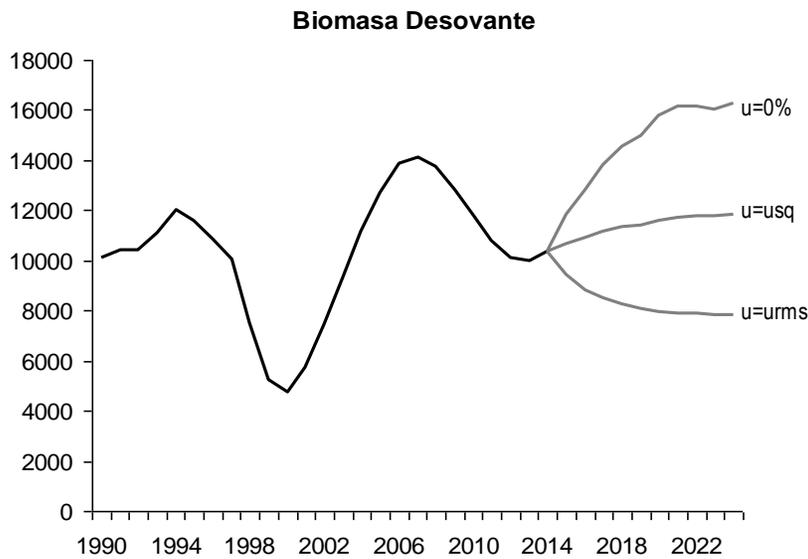


Figura 50. Trayectoria de la biomasa desovante (t) de langostino amarillo, área sur. Se evalúan tasas de explotación constantes para el período 2014-2023.



Al igual que en el 1rea norte, se presentan los diagramas de fase resultantes de la proyecci3n del stock de langostino amarillo del 1rea sur, bajo las estrategias de proyecci3n sugeridas (**Anexo II**). En la **Figura 51** se presenta la proyecci3n bajo un escenario sin pesca, en la cual se observa que para el a1o 2014 el recurso incrementa la Biomasa desovante a un 63% de la condici3n virginal y 1sta continuar1a aumentando hasta el 1ltimo a1o de proyecci3n. Por su parte, la estrategia de tasa de explotaci3n equivalente a la estimada para el a1o 2013 ($u_{sq}=6\%$), genera un crecimiento de la biomasa desovante hasta el a1o 2018, para luego comenzar a disminuir y estabilizarse en torno a un nivel del 68% de reducci3n en el largo plazo (**Figura 52**). Bajo ambos escenarios, el recurso se mantiene en estado de sub-explotaci3n. La proyecci3n bajo el escenario de tasa de explotaci3n constante igual al objetivo ($u_{rms}=14\%$) permite llevar al recurso a la zona de plena explotaci3n en un plazo de 6 a1os y alcanzar el RMS en el a1o 2020 (**Figura 53**).

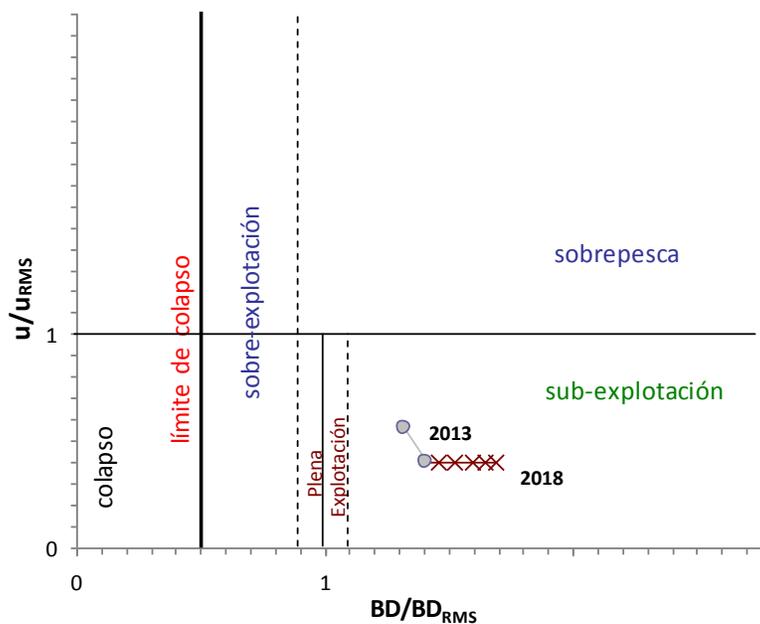


Figura 51. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo una condici3n sin pesca ($u=0\%$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_0 hasta el a1o 2023. Langostino amarillo, 1rea sur.

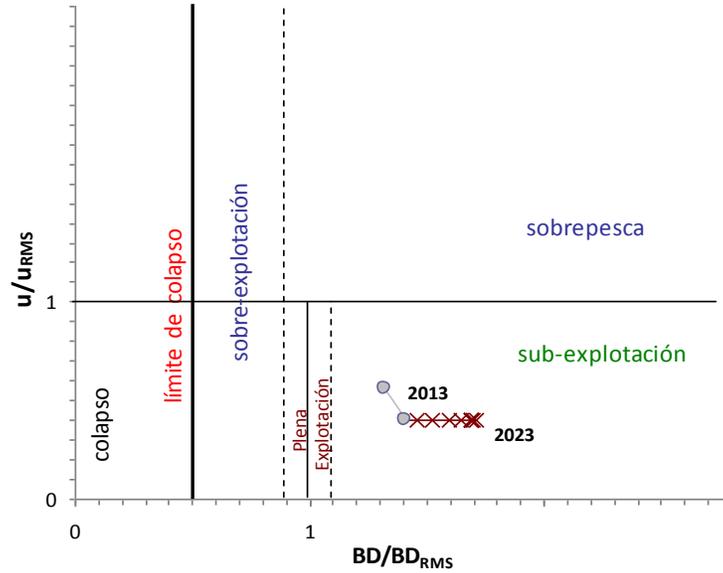


Figura 52. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo la tasa de explotaci3n actual ($u= usq$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_o hasta el a3o 2023, 3rea sur.

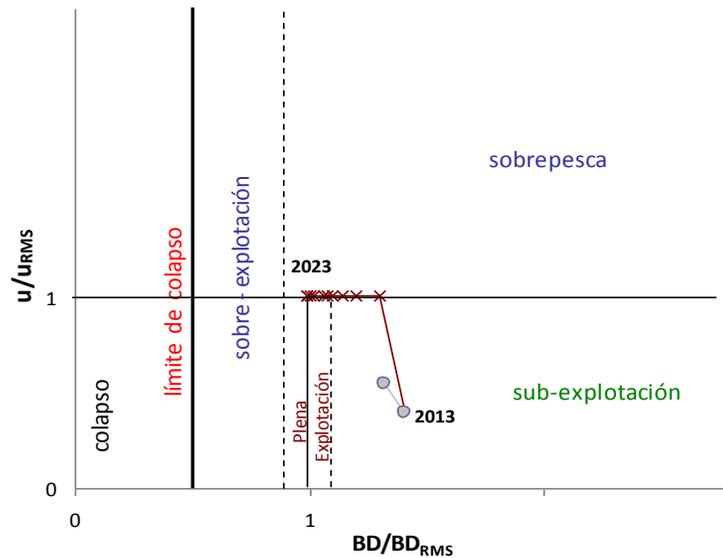


Figura 53. Diagrama de fase de explotaci3n proyectado bajo la tasa de explotaci3n objetivo ($u= urms$). Las cruces rojas muestran la progresi3n de la BD/BD_o hasta el a3o 2023, 3rea sur.



La **Figura 54** muestra la trayectoria de las proyecciones de las capturas para las tasas de explotaci3n analizadas. Bajo el escenario de proyecci3n propuesto como objetivo ($u_{rms}=14\%$), la captura para el 2014 alcanzaría las 5 mil toneladas (mediana) para disminuir en el mediano plazo y estabilizarse en torno a las 4 mil t (2019).

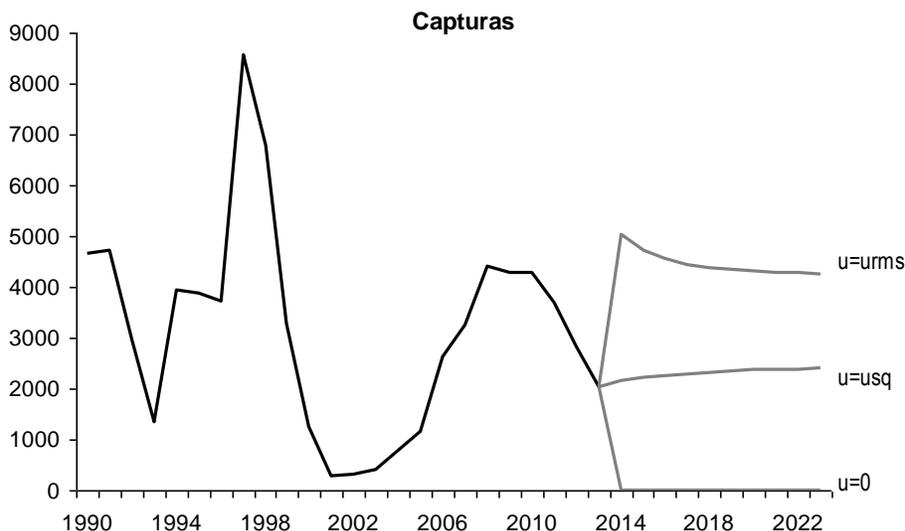


Figura 54. Trayectoria de las capturas (t) proyectadas bajo tasas de explotaci3n constantes, período 2014-2023, langostino amarillo área sur.

En la **Tabla 10** se presentan las capturas proyectadas de langostino amarillo al aplicar las tasas de explotaci3n sobre la biomasa total y para distintos riesgos de exceder dicha tasa. De acuerdo con los resultados observados en la secci3n anterior, si se aplica una tasa de explotaci3n del $u_{rms}=14\%$, bajo un nivel de riesgo del 10% de exceder dicha tasa, la captura total permisible recomendada para el a3o 2013, de langostino amarillo del área sur es no mayor a 4600 toneladas.

Tabla 10.

Capturas proyectadas (t) de langostino amarillo para el a3o 2013, según tasas de explotaci3n y los percentiles de riesgo de exceder dichas tasas, del 1% al 50%, área sur.

Regla	Criterio	B/Brms (t=1)	B/Brms (t=2)	CBA (a=0.1)	CBA (a=0.5)
	$u = 0$	0.63	0.73	0	0
$u = cte$	$u = usq$	0.58	0.61	1981	2135
	$u = urms$	0.52	0.48	4623	4982



6.2.3.2 Análisis de riesgo y recomendación de CBA

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 2013, la que permite proyectar los niveles de captura total permisible ante distintos niveles de riesgo (10% y 50%) y tasas de explotación ($u=usq$ y $u=urms$). La biomasa del crucero de evaluación directa 2013 fue estimada en 20 mil toneladas ($IC_{95\%} = [17 - 24]$ mil t)

De esta forma, se puede señalar que, si se utiliza una tasa explotación del 14% 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 2013 (< 19 mil toneladas), la captura total permisible para el año 2014 sería no mayor a 4.5 mil toneladas. Si consideramos la hipótesis más optimista respecto del valor de la biomasa directa 2013 (>23 mil toneladas) y se asume un riesgo del 10% de exceder dicha tasa, la captura máxima es de 5 mil toneladas. Si se integran todas las hipótesis la captura máxima es de 4600 toneladas para una $urms=14\%$ ($F_{rms}=0.7$ año⁻¹) y 10% de riesgo de sobrepasar dicha tasa (**Tabla 11**).

Tabla 11.

Tabla de decisión para fijar la Captura Biológicamente Aceptable (CBA) del año 2014 de langostino amarillo área sur, bajo diferentes tasas de explotación, considerando 4 hipótesis respecto de la Biomasa Directa del año 2013. El percentil corresponde a la CTP asumiendo un riesgo de 10% y 50%.

Biomasa (miles ton)		Hipótesis alternativas Biomasa crucero año 2013				Valor Esperado
		<19	19 -21	21-23	> 23	
Probabilidad		0.29	0.40	0.27	0.04	
Percentil 10% CTP						
u	usq	1958	1970	2113	2204	1981
	urms	4569	4596	4931	5143	4623
Percentil 50% CTP						
u	usq	2023	2126	2195	2260	2135
	urms	4720	4960	5121	5274	4982

La captura recomendada para el año 2014, de acuerdo con la nueva Ley de Pesca debe corresponder a los niveles de remoción objetivos ($F_{rms}=0.7$ año⁻¹), es decir, aquel que busca alcanzar el Rendimiento Máximo Sostenible. Bajo este criterio, la cuota asignada al langostino amarillo del área sur no debería superar la tasa de explotación del 14%, el permitiría propender a los niveles objetivos sin poner en riesgo la sustentabilidad de la pesquería. Se debe tener en cuenta que el actual punto biológico de referencia utilizado para definir el RMS corresponde a un



valor “proxy” para pesquerías de datos medios (**Anexo I**), mientras que los PBRs específicos para esta especie aún no han sido definidos.

Bajo este criterio, la recomendación de CBA_{2014} para el langostino amarillo del área sur, considerando las 4 hipótesis de biomasa estimada por los cruceros de evaluación directa, bajo un 10% de riesgo de sobrepasar la tasa de explotación $urms=14\%$, no debe superar las 4.6 mil toneladas.

6.3 Recomendación de CBA por Unidad de Pesquería

Dado que la evaluación de stock de langostino amarillo se realiza por área de estudio, se debe tener en cuenta que una parte de la biomasa estimada para langostino amarillo del área sur corresponde al sur de la IV Región del país, y por lo tanto, parte de la cuota sugerida para ésta área debe ser asignada a la unidad de pesquería norte (III-IV Regiones). En evaluaciones anteriores, la definición de esta porción de la captura se ha estimado considerando un promedio de la abundancia histórica por unidad de pesquería estimada por los cruceros de evaluación directa. Sin embargo, dado que en el último año ésta ha evidenciado cambios en la proporción de los niveles de efectivos poblacionales para cada unidad de pesquería, para este año se propone utilizar sólo la información correspondiente al último crucero realizado. De acuerdo con Acuna *et al* (2013), en los focos de distribución N° 18 al 51 que comprenden los límites latitudinales entre los 30°32' 48.6" L.S y 36°56'25.1" L.S se estimó una biomasa de 5688 toneladas de langostino amarillo, de las cuales, el 25% proviene de los focos 18 al 26, localizados en el sur de la IV Región.

De este modo, se sugiere que el 25% de la cuota máxima sugerida (4.6 mil t) para el langostino amarillo del área sur, sean asignadas a la unidad de pesquería norte. Este porcentaje equivale a 1155 toneladas, por lo tanto, la cuota máxima para la unidad de pesquería norte (III y IV Regiones) alcanza las $CBA_{2014} = 3000$ t, en tanto que la cuota máxima recomendada para la unidad de pesquería sur (V-VIII Regiones) es de $CBA_{2014} = 3400$ t.



7. CONCLUSIONES

Langostino amarillo área norte

- La evaluación de stock para langostino amarillo del área norte muestran que el stock se mantiene relativamente estable en sus niveles poblacionales durante los últimos 5 años con una leve recuperación de los reclutamientos en los años 2012 y 2013. Para inicios del año 2013, se estimó una biomasa total de 16 mil toneladas y una biomasa desovante de 5 mil toneladas.
- El stock de langostino amarillo del área norte presenta niveles de biomasa desovante en torno al 60% de la condición sin pesca, con tasas de explotación sobre la biomasa total del orden del 6% y una productividad neta en torno a cero.
- El nivel de mortalidad por pesca al que estuvo sometido el stock del área norte en el último año ($F_{\text{actual}}=0.11 \text{ año}^{-1}$) se encuentra por debajo del PBR objetivo $F_{\text{rms}} = 0.3 \text{ año}^{-1}$.
- Los límites de sub-explotación y sobre-explotación para el langostino amarillo del área norte se definen en un nivel de reducción de la biomasa desovante del 45% y 35% de la condición sin pesca, respectivamente. El RMS, considerado objetivo bajo la nueva Ley de Pesca equivale a un nivel de reducción de la biomasa desovante del 40%. Por lo tanto, y dado los antecedentes expuestos en los puntos anteriores, se puede señalar que el stock de langostino amarillo del área norte se encuentra sub-explotado y sin riesgo de sobrepesca.
- Para inicios del año 2014, se proyecta una biomasa total en torno a las 16 mil t y una biomasa desovante de 5 mil t (mediana de la distribución posterior).
- La estrategia de tasa de explotación constante del 13% anual equivalente al F_{rms} objetivo, con un nivel de riesgo del 10% e incorporando todas las hipótesis respecto de la estimación de biomasa por el crucero de evaluación directa 2013, estima una CBA máxima para el año 2014 de 1900 toneladas.

Langostino amarillo área sur

- Los resultados preliminares del estudio de evaluación de stock y análisis de estrategias de explotación para langostino amarillo del área sur muestran que el stock presenta una disminución de sus niveles poblacionales, y con niveles intermedios y estables de reclutamientos en los últimos 5 años. A inicios del año 2013, se estimó una biomasa total en torno a las 35 mil toneladas y una biomasa desovante de 10 mil toneladas



- El stock de langostino amarillo del área sur presentó niveles de biomasa desovante en torno al 56% de la condición sin pesca, con tasas de explotación sobre la biomasa total del 6%, con niveles de reclutamiento relativamente estables, y una productividad neta cercana a cero.
- El nivel de mortalidad por pesca al que estuvo sometido el stock del área sur en el último año ($F_{\text{actual}}=0.19 \text{ año}^{-1}$) se encuentra por debajo del PBR objetivo $F_{\text{rms}} = 0.7 \text{ año}^{-1}$.
- Al igual que en el área norte, los límites de sub-explotación y sobre-explotación para el langostino amarillo del área sur se definen para un nivel de reducción de la biomasa desovante del 45% y 35% respecto de la condición sin pesca, respectivamente; mientras que el RMS (objetivo) ocurre para una reducción de la biomasa desovante del 40%. De acuerdo con los antecedentes ya expuestos se puede señalar que el stock de langostino amarillo del área sur está sub-explotado, sin riesgo de sobrepesca.
- Para inicios del año 2014, se proyecta una biomasa total de 36 mil toneladas y una biomasa desovante de 10 mil toneladas (mediana de la distribución posterior).
- La estrategia de tasa de explotación constante del $U_{\text{rms}}=14\%$ anual, con un nivel de riesgo del 10% y considerando un conjunto de hipótesis respecto del valor de la biomasa de los cruceros para el año 2013, estima una CBA para el año 2014 no superior a 4.6 mil toneladas.
- Se debe tener en cuenta que parte de la cuota recomendada para el área sur corresponde a la unidad de pesquería norte (sur de la IV Región) y debe ser asignada a dicha unidad de pesquería.

Dada la necesidad de realizar la asignación de cuotas de captura permisibles por unidad de pesquería, y de acuerdo con la biomasa estimada por foco de distribución en la evaluación directa 2012, la cuota sugerida para el año 2014, siguiendo el criterio de alcanzar el RMS como objetivo, equivale a un valor máximo de 3000 toneladas para la unidad de pesquería norte (III y IV Regiones) y de 3400 toneladas para la unidad de pesquería sur (V-VIII Regiones).



8. DISCUSIÓN

En el presente reporte se informan los resultados preliminares del proyecto “Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales año 2014, Langostino Amarillo” solicitado por el Ministerio de Economía a IFOP. El análisis de la situación del recurso se llevó a cabo considerando la distribución espacial separada en dos áreas, a saber: área norte (26°03' - 30°30' L.S.) y área sur (30°30' 01" – 38°48' L.S.), para las cuales se ajustaron dos modelos de evaluación por separado. Se utilizaron 4 fuentes de información, tales como los proyectos de evaluación directa, literatura sobre parámetros e historia de vida, desembarques, y el 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, cumpliendo así un rol de integración del conocimiento.

El modelo utilizado para describir la dinámica del stock de langostino amarillo fue el 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 en general son satisfactorios en cuanto a los niveles de ajuste que presentan los valores estimados para los indicadores de desembarques y cpue tanto para el área norte como para el área sur.

Para ambas áreas, el ajuste del modelo a las biomásas estimadas por los cruceros de evaluación directa recoge favorablemente las observaciones en cuanto a las tendencias, pero no refleja la fuerte caída de los niveles poblacionales sugerida por los cruceros en la estimación del último año, especialmente para el área sur. El menor nivel de ajuste respecto de los otros indicadores se explica en parte por la alta variabilidad interanual que presentan las observaciones. Por otra parte, la señal de este indicador muestra una disminución más fuerte respecto de la señal de la cpue, el cual, si bien muestra una disminución de los rendimientos en lo que va del año 2013, se mantiene en niveles más estables. Lo anterior sugiere continuar revisando ambos indicadores por separado. Al respecto, se debe señalar que durante el transcurso de este proyecto se probó realizar un ajuste del modelo actual considerando sólo la señal de los cruceros, sin embargo, a la fecha no se lograron resultados a nivel de convergencia del modelo. En este sentido, se avanza en la construcción de un modelo que incorpora la estructura de tallas de los cruceros el que se espera pueda dar mayor respuesta a estas interrogantes.

Para el diagnóstico del recurso se evaluaron una serie de indicadores de estatus, tales como los niveles de mortalidad por pesca (F) y tasas de explotación sobre la biomasa total a las que se ha sometido el recurso, los cuales se han mantenido bajos y estables en los últimos. Así también, se analizó la razón entre los niveles de biomasa desovante con y sin pesca y los niveles de producción neta del stock. Además, de acuerdo con el mandato de la nueva Ley de Pesca se avanza en la elaboración de un 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 primera aproximación se utilizó un proxy del rms en un 40% de reducción de la biomasa desovante virginal (BDo), considerado el valor objetivo y en torno al cual ($\pm 5\%$) se define la zona en que el recurso se encuentra en estado de plena explotación. Como límite de sobre-explotación se asumió un 35% de reducción de la biomasa desovante sin pesca, en tanto que la sub-explotación ocurre para un nivel de reducción del 45% de la BDo. A partir de un análisis de rendimiento y biomasa por recluta, dado el patrón de explotación y ojiva de madurez a la edad del langostino amarillo se estimaron los niveles de mortalidad por pesca (F) y tasas de explotación (u) asociados al RMS, los que como valor objetivo se estimaron en $F_{rms} = 0.3 \text{ año}^{-1}$ ($urms = 13\%$) y $F_{rms} = 0.7 \text{ año}^{-1}$ ($urms = 14\%$) para el langostino del área norte y sur, respectivamente. Ambos PBR objetivo se encuentran por sobre los actuales niveles remoción, lo que junto a los demás indicadores analizados dan cuenta de una pesquería sub-explotada. No obstante, se debe tener en cuenta que la estimación de los PBR aún está en estado preliminar y debe ser revisada y discutida en el seno del comité científico, por lo que se sugiere propender a este valor objetivo de forma precautoria, especialmente en el área sur, donde la evaluación directa 2012 indica fuertes disminuciones de los niveles poblacionales, señal que, como ya fue mencionado, no es recogida en esta evaluación.

Para proyectar el stock, se utilizó la misma dinámica estructurada en edades usada para la evaluación, bajo un horizonte de proyección 10 años, lo que permite obtener una visión del impacto en las tendencias de la población frente a distintas tasas de explotación en el corto y mediano plazo. Las tasas de explotación son constantes en el período de simulación y consistentes con las estrategias de manejo propuestas para alcanzar el RMS (**ANEXO II**). Las tasas de explotación, son evaluadas bajo diferentes escenarios de riesgo respecto de la biomasa estimada por el crucero de evaluación directa 2013 y riesgo de reducción poblacional por reducción de la biomasa desovante. Dicho análisis aporta mayores antecedentes sobre la evolución de la población en el tiempo bajo distintos escenarios de presión extractiva.



9. 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, H. Arancibia, A. Cortés, L. Cid, y L. Cubillos. 2012. 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.
- Arana, P., M. Ahumada, A. Guerrero & M. Berríos. 2007. "Monitoreo del stock de langostino amarillo en la V y VI Región, año 2006". Informe final. Estud. Doc, Pont. Univ. Católica Valparaíso, 1/2007: 118 pp.
- Arana, P., A. Guerrero, C. Casanova, M. Ahumada & 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 Galatheidae, 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. Cortes, 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.
- Bucarey, D., C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga. 2012. Convenio "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2012". Langostino amarillo. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 104 pp + anexos.
- Bucarey, D., C. Montenegro, M. Zilleruelo, D. Párraga, C. Bravo. 2013. Convenio "Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013". Langostino amarillo. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 97 pp + anexos.
- Bull, B.; Francis, R.I.C.C.; Dunn, A.; McKenzie, A.; Gilbert, D.J.; Smith, M.H. (2005). CASAL (C++ algorithmic stock assessment laboratory): CASAL User Manual v2.07-2005/08/21. NIWA Technical Report 127. 274 p.
- 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 Especifico. Informe Final. Instituto de Fomento Pesquero. 23 pp.
- Canales C, I Payá, R Tascheri, C Contreras, MJ Zúñiga, M Canales, JC Quiroz, E Leal, F Espíndola, C Montenegro & D. Bucarey. 2013. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2014. PBR y Marco Biológico de Referencia 2014. Informe de Avance. Convenio II. pp 17.
- 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.
- 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.
- Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern, and D. B. Rubin. 1995. Bayesian data analysis. Chapman and Hall, London.
- 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 y example application using the logistic model. ICES Journal of Marine Science, 55: 1031-1060.
- 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 Bulltein, 22: 433-582.
- Maunder, M. R. Deriso. 2003. Estimation of recruitment in catch-at-age models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 60: 1204–1216 (2003).
- 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. 2011. Decreto Exento N° 1251/2011. Establece cuotas globales anuales de captura para las unidades de pesquería sometidas a límite máximo de captura, año 2012. 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. 2011. Decreto Exento N° 1058/2011. Establece Cuota Global Anual de Captura para la unidad de pesquería sur de langostino amarillo, año 2012. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción – Subsecretaría de Pesca.
- 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.
- 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., D. Bucarey, M. Zilleruelo, D. Párraga. 2011. Convenio “Investigación del Estatus y Evaluación de Estrategias de Explotación Sustentables 2011 de las Principales Pesquerías Chilenas”. Actividad 3: Crustáceos Demersales: Langostino Amarillo. . Instituto de Fomento Pesquero. 83 pp.
- 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.
- 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 Permissible 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.
- 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, Galatheididae), 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.

A N E X O S

A N E X O I

Sobre la definición de PBR en el contexto de la LGPA.



Sobre la definición de PBR en el contexto de la LGPA

La nueva Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA) define en el Título I, Artículo 1°B: “*El objetivo de esta ley es la conservación y el uso sustentable de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio, de un enfoque ecosistémico en la regulación pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan esos recursos*”. Asimismo, en el Artículo 1°C inciso g) se señala como objetivo “*procurar evitar o eliminar la sobreexplotación y la capacidad de pesca excesiva*”. Estos elementos constituyen el marco sobre el cual se elabora el diagnóstico de los recursos y sus pesquerías.

1. Normas y definiciones internacionales

A nivel internacional el enfoque precautorio fue establecido en el ANEXO II del acuerdo de las Naciones Unidas sobre stocks altamente migratorios y transzonales (Rosemberg y Restrepo 1995), es aplicado seguido por el NMFS de los EEUU (Restrepo *et al.* 1998) y el ICES de Europa (ICES 2001). Los lineamientos principales del enfoque precautorio son:

Puntos biológicos de referencia:

- *Un punto biológico precautorio es un valor estimado mediante un procedimiento de acuerdo científico, el cual corresponde al estado del recurso y de la pesquería, y el cual puede ser usado como una guía para el manejo de las pesquerías.*
- *Dos tipos de puntos precautorios de referencia deben ser usados: punto de referencia de conservación o límite y punto de referencia de manejo u objetivo. Los puntos de referencia límites están orientados a restringir la pesca a los límites de seguridad biológica, dentro del cual los stocks pueden producir el máximo rendimiento sostenido. Los puntos de referencia objetivos están orientados a alcanzar los objetivos de manejo.*
- *Los puntos de referencia deben ser stock-específicos para dar cuenta, entre otros, de la capacidad reproductiva, la resiliencia de cada stock y las características de la pesquería que explota el stock, así como también de otras fuentes de mortalidad y las mayores fuentes de incertidumbre.*

Cuando la información para determinar los puntos de referencia para una pesquería es escasa o inexistente, se deben establecer puntos de referencia provisionales. Los puntos de referencia provisionales pueden ser establecidos mediante analogía con stocks similares y mejor conocidos. En tales situaciones, la pesquería debería estar orientada a mejorar el



monitoreo así como a revisar los puntos de referencia provisionales a medida que aumente la disponibilidad y la calidad de la información.

Acciones de manejo

- *Las acciones de manejo deben buscar mantener o recuperar poblaciones de stocks explotados y donde sea necesario las especies asociadas o dependientes, a niveles consistentes con los puntos de referencia precautorios previamente acordados. Tales puntos de referencia deber ser usados para gatillar acciones de manejo y conservación. Las estrategias de manejo deberían incluir medidas, que puedan ser implementadas cuando el sistema se acerque a un punto de referencia.*
- *Las estrategias de manejo pesquero deberían asegurar que el riesgo de exceder los puntos de referencia límites sea bajo. Si un stock cae por debajo del punto de referencia límite o está en riesgo de caer por debajo del tal punto de referencia, acciones de manejo y conservación deberían iniciarse para facilitar la recuperación del stock. Las estrategias de manejo deberían asegurar que en promedio los puntos de referencia objetivos no sean sobrepasados.*

Rendimiento Máximo sostenido

- *La tasa de mortalidad por pesca que genera el rendimiento máximo sostenido, debería ser considerada como un estándar mínimo para los puntos de referencia límites. Para los stocks que no están sobrepescados, las estrategias de manejo deberían asegurar que la mortalidad por pesca no exceda la que corresponde al rendimiento máximo sostenido, y que la biomasa no caiga por debajo de un umbral pre-definido. Para los stocks sobrepescados, la biomasa, que produce el rendimiento máximo sostenido, puede servir como el objetivo de recuperación.*

No obstante estas definiciones, la nueva LGPA de pesca chilena define el enfoque precautorio de una forma más restringida a través de la letra b del Artículo 1° C, donde se indica que al aplicar el principio precautorio en la administración y conservación de los recursos hidrobiológicos y la protección de sus ecosistemas, se debe entender como tal:

- i) Ser más cauteloso en la administración y conservación de los recursos cuando la información científica sea incierta, no confiable o incompleta, y
- ii) No se deberá utilizar la falta de información científica suficiente, no confiable o incompleta, como motivo para posponer o no adoptar medidas de conservación y administración.

Además establece, en la letra C del artículo 3°, el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) como punto biológico de referencia objetivo empleado para la determinación de la cuota global de captura, entendiéndose así la declaración "Mantener o llevar a la pesquería hacia el rendimiento máximo



sostenible considerando las características biológicas de los recursos explotados”. Aquí es explícito el hecho que la principal diferencia entre el enfoque precautorio definido en la LGPA y el enfoque precautorio en ciencia pesquera, es que en la LGPA chilena se considera el RMS como un objetivo de administración y no como un límite, lo cual vuelve menos precautorio el enfoque chileno.

2. Estados de explotación

Los estados de explotación que han sido acordados por los Comités Científicos en Chile distinguen claramente la diferencia entre sobre-explotado y sobre-pesca. La primera de estas se relaciona con el estado de la biomasa por debajo de una referencia límite, mientras la segunda dice relación con la posición de la mortalidad por pesca por sobre un valor considerado límite. Ambos estados pueden coexistir de manera que un recurso puede estar sobre-explotado con o sin evidencias de sobrepesca, donde esta última se entiende como una situación transitoria mientras no se reduzcan las capturas, en tanto la primera puede tomar muchos años dependiendo de la resiliencia del recurso. Del mismo modo, en la mayoría de los recursos se han considerado valores “proxys” al RMS como objetivos de manejo donde la plena explotación se ubica en torno a este.

En términos analógicos, en la LGPA se pueden identificar cuatro estados de un recurso: sub-explotación, plena explotación, sobre-explotación y colapso y sus alcances se detallan en los puntos 58), 59) y 60) de la misma. Las definiciones corresponden a:

58) Punto biológico: *valor o nivel estandarizado que tiene por objeto evaluar el desempeño de un recurso desde una perspectiva de la conservación biológica de un stock, pudiendo referirse a: a) biomasa, b) mortalidad por pesca, o c) tasa de explotación.*

La determinación de estos puntos se deberá efectuar mediante decreto del Ministerio, según la determinación que efectúe el Comité Científico Técnico.

59) Estado de situación de las pesquerías:

Pesquería subexplotada: *aquella en que el punto biológico actual es mayor en caso de considerar el criterio de la biomasa, o menor en el caso de considerar los criterios de la tasa de explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del rendimiento máximo sostenible y respecto de la cual puede obtenerse potencialmente un mayor rendimiento.*

Pesquería en plena explotación: *aquella cuyo punto biológico está en o cerca de su rendimiento máximo sostenible.*

Pesquería sobreexplotada: *aquella en que el punto biológico actual es menor en caso de considerar el criterio de la biomasa o mayor en el caso de considerar los criterios de la tasa de*



explotación o de la mortalidad por pesca, al valor esperado del rendimiento máximo sostenible, la que no es sustentable en el largo plazo, sin potencial para un mayor rendimiento y con riesgo de agotarse o colapsar.

Pesquería agotada o colapsada: aquella en que la biomasa del stock es inferior a la biomasa correspondiente al punto biológico límite que se haya definido para la pesquería, no tiene capacidad de ser sustentable y cuyas capturas están muy por debajo de su nivel histórico, independientemente del esfuerzo de pesca que se ejerza.

60) Rendimiento máximo sostenible: *mayor nivel promedio de remoción por captura que se puede obtener de un stock en forma sostenible en el tiempo y bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes.*

En la **Figura 1** se ilustra la interpretación de estas definiciones sobre un diagrama que representa la curva de producción de largo plazo respecto de la biomasa, en tanto que en la **Figura 2** se extiende esta interpretación sobre la relación de biomasa y mortalidad por pesca relativizada a los valores que generan el Rendimiento Máximo Sostenido (Brms y Frms).

Cabe destacar que en la definición del RMS se incluye la frase “bajo las condiciones ecológicas y ambientales predominantes”, lo que implica que si las condiciones ambientales cambian notoriamente, estas nuevas condiciones deberían ser consideradas en la estimación del RMS y sus variables relacionadas Brms y Frms. Aunque el ambiente es fluctuante, en la práctica, las estimaciones de RMS se han realizado bajo el supuesto que estas variaciones corresponden a la variabilidad en torno a la condición promedio de una condición de equilibrio que sustenta los estimados de RMS. Claramente, la identificación de cambios ambientales que afecten en forma notable el RMS es un área de investigación que deberá ser desarrollada en el corto plazo.

De acuerdo con la definición antes descrita, en la **Figura 1** la plena explotación cubre una región “cercana” al RMS y se encuentra acotada por límites que en biomasa definen, a la sub-explotación por el lado derecho, y la sobre-explotación por el lado izquierdo. Esta misma situación en términos de la mortalidad por pesca se extiende a un área que es próxima al Frms y se la ubica en la región $F_{rms} \pm c$, y de manera análoga a una región que en biomasa está delimitada a $B_{rms} \pm d$ (**Figura 2**)

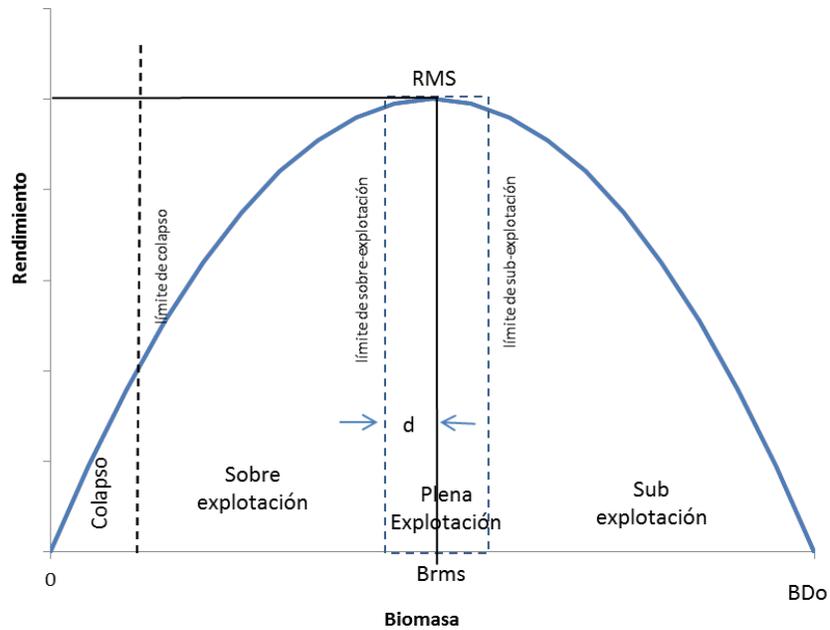


Figura 1. Curva de producci3n respecto de la biomasa en equilibrio y estados posibles de un recurso.

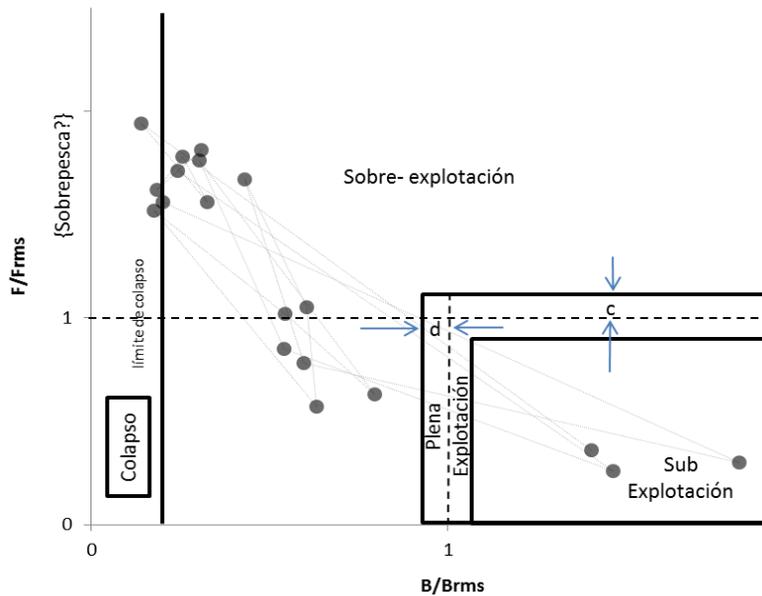


Figura 2. Diagrama B-F de estados posibles de un recurso. Las distancias c y d definen la mitad del rango de variaci3n que es considerado "cerca" al RMS. Los puntos representan solo un ejemplo y la flechas la longitud de los intervalos c y d.



Por su parte, la sobre-explotación ocurre en el área donde $B < B_{mrs-d}$ (**Figura 1**) entendiendo que una situación de sobre-explotación sostenida provocada por capturas superiores al RMS implican un riesgo inherente de llevar al recurso a la zona de colapso. Asimismo, esta condición también ocurre cuando la mortalidad por pesca está por sobre aquel valor que genera el RMS ($F > F_{mrs+c}$), siendo a la vez independiente del nivel de biomasa (**Figura 2**). La zona de sobre-explotación debería entonces ser entendida como aquella donde termina la plena-explotación y corresponde cuando $B < B_{mrs-d}$ o bien $F > F_{mrs+c}$.

El punto anterior tiene por desventaja que cualquier nivel de mortalidad por pesca superior a F_{mrs} , generará acciones que mejoren la condición del recurso en el largo plazo (plan de recuperación) aun cuando la biomasa esté por sobre la del RMS. Para obviar esta situación se puede hacer una diferencia incluyendo la expresión de sobrepesca a la situación donde $F > F_{mrs+d}$ (**Figura 2**)

Al respecto, la sobrepesca en términos simples ocurre cuando la tasa de extracción desde el stock es demasiado alta o más específicamente, cuando la fracción extraída desde el stock es mayor a la requerida para proveer rendimientos máximos sostenibles en el largo plazo. A partir de esta definición, se desprende que la sobrepesca tiene lugar cuando la mortalidad por pesca F excede aquella que produce el Rendimiento Máximo Sostenible, F_{mrs} . Desde la definición legal de Pesquería sobreexplotada se puede entender que la situación de sobrepesca se encontraría contenida en la definición de sobreexplotación.

Sin embargo y si bien la distinción de un estado de sobrepesca (separadamente del estado de sobre-explotación) puede ser considerado sutil, no por ello es menos importante debido al rezago con que ajustes en las tasas de explotación (o F) se traducirán en cambios en la biomasa del stock, y también, porque el tamaño del stock puede caer por debajo de un punto de referencia incluso si F es mantenida por debajo de F_{mrs} , como por ejemplo las disminuciones naturales de una población por fallas en los reclutamientos.

Finalmente, la zona de colapso involucra aquel estado de un stock en el cual la generación de excedentes productivos o renovación poblacional se ha comprometido debido a un reducido tamaño poblacional. Cabe mencionar que siguiendo el modelo logístico de producción, la poca generación de excedentes también se alcanza cuando las poblaciones están en condiciones muy próximas a la situación virginal.

En el caso de las pesquerías Chilenas este límite es difícil de precisar y al igual que en otros casos internacionales, es común adherir a criterios convenidos, los que en todos los casos han sido referidos a proporciones muy bajas de la biomasa desovante virginal. A manera de ejemplo, para las pesquerías demersales de Nueva Zelanda se ha establecido un criterio del 10% como límite “duro” de colapso. Sin embargo, en ese país cuando una pesquería pasa este límite, llamado límite duro, las capturas se prohíben y la pesquería se cierra. En la LGPA chilena el agotamiento implica sólo una rotación de caladeros de pesca, por lo que no parece una condición “dura” y más bien se puede



asimilar al límite de colapso usado históricamente a nivel internacional que corresponde al 20% de la biomasa desovante virginal.

3. Criterios para la definición de límites

Los límites que definen la plena explotación debieran ser establecidos en términos ideales, en base a criterios de riesgo. Este riesgo puede ser definido como un valor puntual y teórico asociado a la resiliencia del stock y a la dinámica de su explotación pesquera. Alternativamente, también puede ser estimado considerando distribuciones de probabilidad de las variables que definen el RMS (Brms y Frms), como por ejemplo los intervalos de confianza al 90% o 95% del cociente B_{rms}/B_0 y del F_{rms} . Esto último involucra la idea de maximizar la probabilidad de estar en torno al RMS. Un ejemplo de esto se ilustra en la **Figura 3**.

Sin embargo, el hecho que en la mayoría de los recursos se hayan adoptado proxies del RMS implica que su estimación puntual es aún un tema por investigar y por ende también sus medidas de error de estimación. Esta situación induce la necesidad de adoptar criterios de conveniencia como por ejemplo, como límite de plena explotación una zona acotada por ± 5 puntos porcentuales en torno al proxy que genera el MRS. Así por ejemplo, si se ha definido como objetivo el $40\%B_0$, la zona que define al cercanía al MRS (plena explotación) podría estar contenida en $35\%B_0 - 45\%B_0$, entendiéndose que por sobre ella se encuentra la zona de sub-explotación y bajo ella la de sobre-explotación. Un ejemplo de esto es el caso de la merluza común (ver informe Comité Científico, 2012). La conveniencia de definir un rango acotado de plena explotación es considerar el término “cercanía” a la vez de evitar en términos efectivos la sobre-explotación.

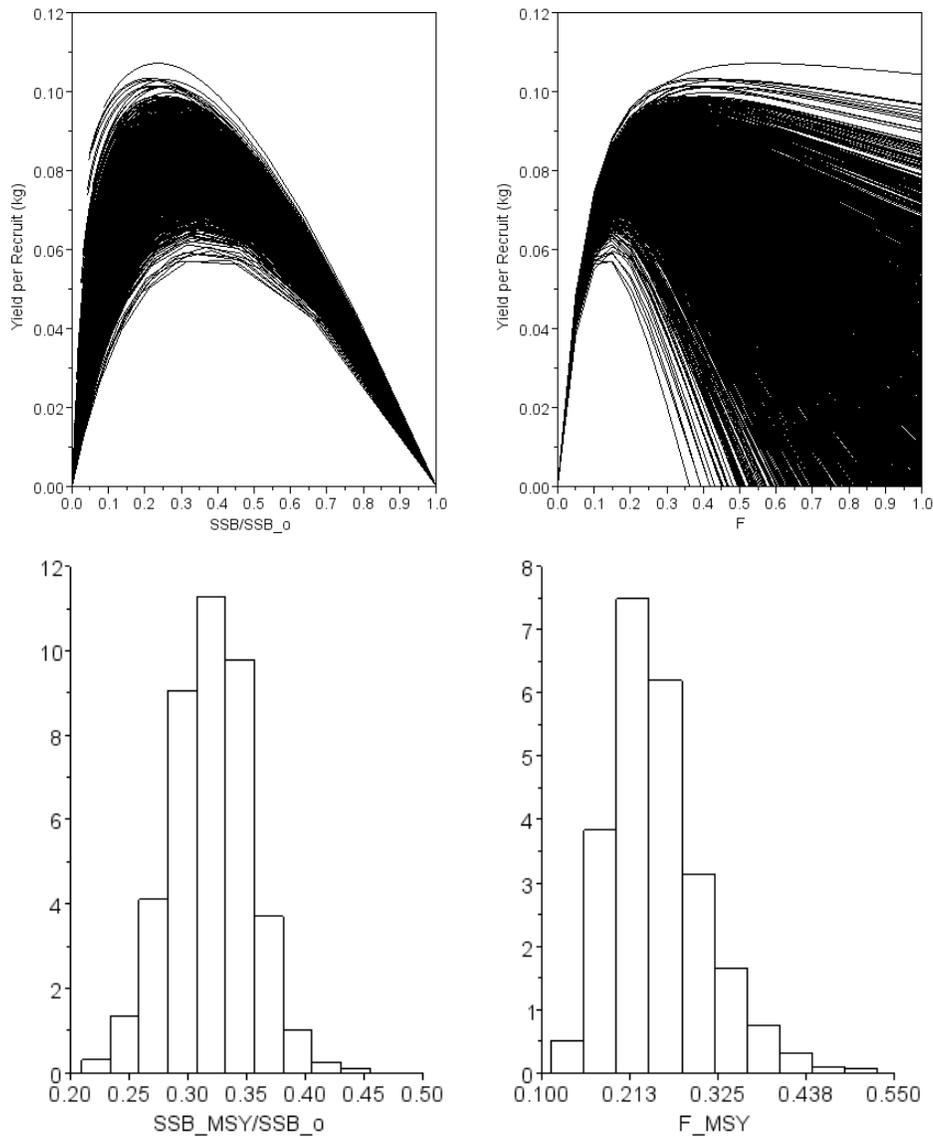


Figura 3. Curvas de biomasa, capturas y mortalidad por pesca de equilibrio del jurel, y distribuci3n de probabilidades de la reducci3n de stock y mortalidad por pesca que genera el RMS (Fuente: Canales, 2012a).

En igual sentido, el l3mite de colapso es adoptado sobre la base a referentes internacionales y que corresponden a proporciones de la biomasa virginal que var3an entre el 10% y 20%, dependiendo de los antecedentes que se disponga. El supuesto es que si la poblaci3n ha sido reducida por debajo de estos niveles, esta no podr3a generar excedentes que permitan su pronta recuperaci3n en el mediano plazo, siendo necesario entonces una suspensi3n total de la actividad extractiva.



4. Referentes para el diagnóstico de los principales recursos pesqueros en Chile

Considerando el desarrollo anterior y revisado los antecedentes de cada recurso, en la **Tabla 1** y **Figura 4** se proponen los referentes límites y objetivos que serán considerados para definir la condición de explotación durante el 2013. Estos referentes son en su mayoría proxys del RMS y serán revisados en el proyecto “Revisión de los puntos biológicos de referencia (Rendimiento Máximo Sostenido) en las pesquerías Nacionales” que realiza IFOP, y en los Comité Científico Técnicos.

En general, la estimación del RMS o la adopción de valores “proxy” se relacionó preliminarmente con el nivel de datos e información de cada pesquería. Se recomienda estimar el RMS y sus valores relacionados cuando se pueden realizar estimaciones confiables del RMS y/o de cantidades relacionadas, así como de la abundancia del stock (Restrepo *et al.*, op. cit). Se recomienda la estimación de los “proxy” para aquellas pesquerías de data y conocimiento intermedio, en las cuales no se dispone de estimaciones confiables del RMS 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 (Restrepo *et al.*, 1998).

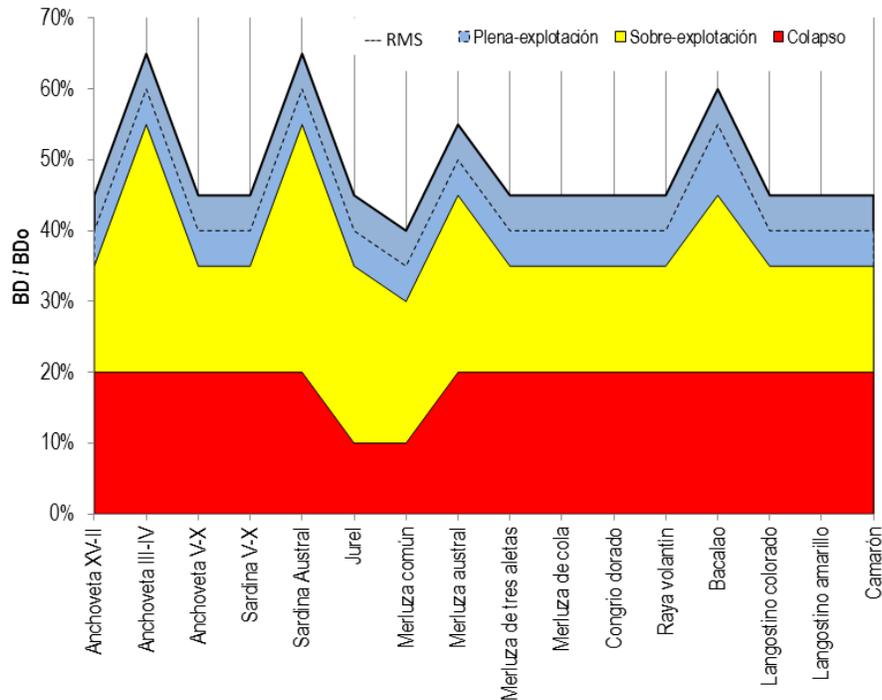


Figura 4. Puntos de Referencia objetivo y límites por recurso según estado de explotación.



Tabla 1.
Puntos de Referencia objetivo y límites por recurso para definir su estado y criterio de explotación.

	BDo(*)	Proporción de BDo				Mortalidad por pesca (F)			RMS	Referencia
		Límite sub-explotación	Objetivo	Límite sobre-explotación	Límite colapso	Límite sub-explotación	Objetivo	Límite sobre-explotación		
Anchoveta XV-II	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Anchoveta III-IV	1	65%	60%	55%	20%	F65% BDo	F60% BDo	F55% BDo	3	-
Anchoveta V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Canales y Zuñiga, 2012
Sardina V-X	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Zuñiga y Canales, 2012
Sardina Austral	1	65%	60%	55%	20%	F65% BDo	F60% BDo	F55% BDo	3	-
Jurel	2	45%	40%	35%	10%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	4	Canales, 2012
Merluza común	2	40%	35%	30%	10%	F40% BDo	F35% BDo	F30% BDo	4	Tascheri, 2012
Merluza austral	2	55%	50%	45%	20%	F55% BDo	F50% BDo	F45% BDo	4	Quiroz <i>et al</i> , 2012
Merluza de tres aletas	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Merluza de cola	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Congrio dorado	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Raya volantín	2	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Bacalao	2	60%	55%	45%	20%	F60% BDo	F55% BDo	F45% BDo	4	Quiroz y Wiff, 2012
Langostino colorado	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Langostino amarillo	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-
Camarón	1	45%	40%	35%	20%	F45% BDo	F40% BDo	F35% BDo	3	-

(*) BDo: biomasa desovante virginal (1) Dinámico: razón potencial reproductivo para cada año; (2) De equilibrio: puede considerar relación s/r, h y Ro; (3) proxy; (4) calculado



Sin perjuicio de las definiciones dadas en la LGPA, la **Tabla 1** involucra ciertas definiciones técnicas que basadas en sus metódicas de cálculo hacen necesario definir las como sigue,

Forma y descripción de cálculo	
(1) BD0 de equilibrio	Es la biomasa desovante de equilibrio virginal de los modelos stock-recluta (B-H, Ricker, etc.).
(2) BD0 dinámico	Es la biomasa desovante potencial que resultaría de una condición sin pesca, calculada a partir de los reclutamientos estimados en la evaluación de stock.
(3) PBR "Proxy"	PBR que sustituye al PBR real. Se estimada como un porcentaje del potencial reproductivo, aproximado como la biomasa desovante por recluta sin pesca.
(4) F rms.	Mortalidad por pesca asociada al RMS estimada desde un modelo de evaluación de stock.
Límite de sub-explotación	El porcentaje de BDo que genera en el RMS más 5 unidades porcentuales o su equivalente en mortalidad por pesca o tasa de explotación en el largo plazo.
Límite de Sobre-explotación	El porcentaje de BDo que genera en el RMS menos 5 unidades porcentuales o su equivalente en mortalidad por pesca o tasa de explotación en el largo plazo.
Límite de colapso	El porcentaje de BDo que compromete severamente la renovación del stock.
%BD0 en RMS	El porcentaje de la BDo que genera en el RMS.
%BD0	Proporción de la biomasa desovante con respecto a BD0.
F/Frms	Indicador de la variación de la mortalidad por pesca respecto a la F que genera el RMS.



5. Referencias Bibliográficas

- Canales, C. 2012.(a). Jack Mackerel Biological Reference Points (BRP).SWG-11-JM-01. 11th Meeting of Science Working Group, SPFRMO, Lima, 2012, Working paper: 16 pp.
- Canales, C. 2012.(b). Puntos Biológicos de Referencia (PBR) de la merluza común bajo incertidumbre. Anexo 4. En: Reporte RR-CC/SGT PBR-ES 2/2012. Sub-Grupo Técnico PBR y Estatus (SGT PBR-ES). Comité Científico de Merluza Común. 10 p + Anexos.
- Canales, C., y M.J. Zúñiga 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013. Sardina común V-X Regiones 2013. Segundo Informe. Instituto de Fomento Pesquero. 151 pp.
- Canales, C., R. Serra, C. Martínez, A. Aranís, L. Caballero, J. Córdova, J.C. Quiroz, M. Canales, V. Bocic, A. Sepúlveda, C. Gatica, S. Núñez, M. Aguayo, J. Giacamán, M. Arteaga, R. Alarcón, C. Gonzalez y L. Cubillos. 2009. Revisión de metodologías de evaluación del jurel a nivel subregional. Instituto de Fomento Pesquero. FIP N° 2007-23: 155 pp.
- Canales, C., C. Montenegro, A. Parma, T. Peñailillo, H. Pool y V. Espejo. 2000. Análisis de estrategia de explotación del langostino amarillo y langostino colorado. Informe Final, Proyecto FIP/IT 99-18: 138 pp.
- Clark, 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. En. Proceeding of the international symposium on management strategies for exploited fish populations. Eds. Kruse *et al.*. Alaska Sea Grant College program report N°93-02, University of Alaska Fairbanks.
- DER, 2012. Puntos Biológicos de Referencia de los principales recursos pesqueros de Chile como base a una aproximación precautoria para el manejo pesquero. Reporte de Taller. Departamento Evaluación de Recursos (DER), Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso 17-19 abril, 2012: 45 pp.
- ICES 2001. Report of the study group on the further development of the precautionary approach to fishery management. Advisory Committee on Fishery Management ICES CM 2001/ACFM:11
- Mace, P. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds as targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci.:51:110-122.



- Payá I y N. Ehrhardt. 2005. Comparative sustainability mechanisms of two hake (*Merluccius gayi gayi* and *Merluccius australis*) populations subjected to exploitation in Chile. *Bulletin of Marine Science* 76(2) 261-286.
- Payá I. y M. Montecinos 2004. Investigación evaluación y CTP de orange roughy 2005, Fase I. Instituto de Fomento Pesquero. 17 páginas + 2 anexos.
- Quiroz J.C, R. Wiff y L. Chong. 2012. Segundo Informe. Convenio: Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013. Merluza del sur, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Octubre de 2012. 78 pp+Anexos.
- Quiroz J.C y R. Wiff, 2012. Segundo Informe. Convenio: Estatus y Posibilidades de Explotación Biológicamente Sustentables de los Principales Recursos Pesqueros Nacionales, año 2013. Bacalao de profundidad, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Octubre de 2012. 75 pp+Anexos.
- Rosemberg A. y V. Restrepo. 1995. Precautionary management reference points and management strategies. En *Precautionary approach to fisheries.. Part 2: Scientific papers*. FAO Fisheries technical papers 350/2. Páginas 129 a140.
- Restrepo V. R., G. G. Thompson, P. M. Mace, W. L. Gabriel, L. L. Low, A. D. MacCall, R. D. Methot, J. E. Powers, B. L. Taylor, P. R. Wade, y J. F. Witzig. 1998. Technical Guidance On the Use of Precautionary Approaches to Implementing National Standard 1 of the Magnuson-Stevens Fishery Conservation and Management Act. NOAA Technical Memorandum NMFS-F/SPO. July 17, 1998.
- Serra, R., A. Zuleta, H. Pool, M. G. Böhm. 1998. Bases biológicas para prevenir la sobreexplotación en el recurso jurel. Informe Técnico. Fondo de Investigación Pesquera, proyecto 96 – 16. 139 p. + Anexos.
- Tascheri, R. 2012. Referencias para la explotación sustentable de la merluza común. Anexo 3. En: Reporte RR-CC/SGT PBR-ES 2/2012. Sub-Grupo Técnico PBR y Estatus (SGT PBR-ES). Comité Científico de Merluza Común. 10 p + Anexos.
- Tuck, G.N. (ed.) 2010. Stock Assessment for the Southern and Eastern Scale fish and Shark Fishery 2009. Part 2: Tier 3 and Tier 4, catch rate standardisations and other work contributing to the assessment and management of SESSF stocks in 2009. Australian Fisheries Management Authority and CSIRO Marine and Atmospheric Research, Hobart. 428 p.



Zúñiga, M.J, y C. Canales 2012. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, año 2013. Anchoveta V-X Regiones 2013. Segundo Informe. Instituto de Fomento Pesquero. 135 pp.

A N E X O II

Reportes de reuniones de coordinación bilaterales IFOP-SUBPESCA



Reporte 1^{ra} Reunión

Marco de Referencia para el diagnóstico de los recursos pesqueros 2013

Auditorio IFOP, Valparaíso 20 de agosto 2013

Se reunieron los equipos técnicos del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) de IFOP y de la División de Administración Pesquera de la Subsecretaría de Pesca, con el objeto de discutir sobre los alcances de la Nueva ley General de Pesca y Acuicultura respecto de la definición del Marco de Referencia para el diagnóstico de los recursos pesqueros 2013, y cuyos puntos más destacables fueron los siguientes:

Sobre la definición de sobre-explotación

- Existe pleno consenso sobre la necesidad de retomar la definición de sobrepesca y distanciarla del concepto de sobre-explotación, considerando que la LGPA no es explícita en esto. De igual forma y no obstante la definición legal, se comparte que el objetivo de manejo (PBR) debiese ser establecido como proporción del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS).
- La interpretación literal de la LGPA lleva a considerar una calificación de estatus definida como sobre-explotación por mortalidad, concepto que en ciencia pesquera no existe. En este contexto, se propone sobrepesca como sinónimo. Esto no contraviene la LGPA, ya que esta establece flexibilidad al CCT o a quien ejerza su función durante el periodo de transición, IFOP en este caso.
- Respecto de la región o área donde se define la plena-explotación, existe acuerdo que esta debería ser referida respecto de la reducción de biomasa más que al exceso de mortalidad por pesca ("sobrepesca"). Se sugiere que la mortalidad por pesca esté delimitada por un valor de referencia máximo, el que bien podría corresponder al propio Frms y probablemente un valor precautorio que puede ser una proporción de Frms. Sin perjuicio de lo anterior, estas temáticas deben ser discutidas con mayor detalle en los Comité Científico Técnico

Sobre la definición de objetivos y límites

- Hubo preocupación sobre el alto nivel de mortalidad por pesca propuesto para recursos en pelágicos (F40%) y como este referente a generado un cambio respecto del esquema históricamente empleado (F60%). Los antecedentes demuestran que criterios como F60% son referentes demasiado conservadores para un régimen histórico de reducción de biomasa que en general ha variado en torno al 40%-50% y de recursos con una gran resiliencia. Por otra parte, la única razón probable es el rol de base de la cadena trófica vista



desde una perspectiva ecosistémica. De todas formas, estos referentes deben ser debatido en los CCT y en el proyecto internacional de PBR.

- Se indicó que el uso de $F_{xx}\%$ constante para la estimación de CBA debería quedar inserto como parte de reglas de estrategias de explotación, esto considerando que la LGPA define claramente los PBR objetivo y límite y por tanto debería definirse una estrategia de explotación (tasa explotación constante, captura constante, escape constante, o una combinación) que sea consecuente con los objetivos de conservación y el estado de explotación. Con esto, el punto biológico actual debería mostrar cuan cerca o lejos se está de la regla y como debería ser corregido para alcanzar el objetivo.
- A la hora de establecer el estado de explotación de los recursos, este deberá ser basado en medidas de riesgo o probabilidad de exceder el criterio definido como límite. Al respecto, se podría calificar de sobre-explotación cuando la probabilidad que la reducción de la biomasa exceda el 50% de estar bajo el referente límite (p.ej. $35\%B_0$). Vale decir, se considera la distribución de probabilidad de la reducción poblacional respecto del criterio objetivo fijo sin incertidumbre.

Sobre las recomendaciones de cuota biológicamente aceptable

- Sin perjuicio del estado de situación de los recursos, las recomendaciones de capturas biológicamente aceptables o acciones de recuperación en aquellos stocks sobre-explotados, deberán estar sustentadas por criterios tipo “rampa” de la biomasa respecto de la mortalidad por pesca/capturas. Es decir, la aplicación de mortalidad por pesca (o captura) constante mientras la biomasa no baje de un valor límite, situación en la cual la disminución en F (o captura) es proporcional a la reducción poblacional. En este sentido el CCT podrá proponer las estrategias de explotación y en el futuro deberán quedar definidas en los planes de manejo, según los objetivos de conservación y sustentabilidad establecidos en la LGPA.

Sobre el diagrama de explotación B-F

- En el diagrama de explotación B-F o marco biológico de referencia, la escala de las biomasa y mortalidad por pesca debieran ser relativas al RMS o su proxy. Sin perjuicio de esto, el CCT deberá determinar la frecuencia de revisión en función de los cambios observados en la productividad de los stocks y en el comportamiento espacio temporal de la mortalidad (patrones de explotación).



Varios

- Sin perjuicio del informe que sea entregado en Septiembre, el proceso de asesoría posterior se podría traducir en análisis complementarios a discutir en los Comités Científico técnico.

Reporte 2da Reunión

Sobre las estrategias de explotación de los recursos pesqueros para el 2014

Auditorio IFOP, Valparaíso 26 de agosto 2013

Se reunieron los equipos técnicos del Departamento de Evaluación de Recursos (DER) de IFOP y de la División de Administración Pesquera de la Subsecretaría de Pesca, con el objeto de discutir sobre las estrategias de explotación de los recursos pesqueros para el 2014, y cuyos puntos más destacables fueron los siguientes:

- Se mostró a manera de ejemplo, un análisis comparativo de simulación sobre criterios de explotación F constante y otro “tipo rampa” cuya regla de decisión consideró la mortalidad por pesca $F=F_{mrs}$ cuando $B/B_{mrs} \geq 1$, de lo contrario $F=F_{mrs} * B/B_{mrs}$, y destacándose dos hitos principales:
 - i. Ambas estrategias permiten llevar a la biomasa del recurso al objetivo B_{mrs} .
 - ii. El criterio tipo “rampa” permite recuperar más rápido a la población a costo de reducir significativamente la mortalidad por pesca (y las capturas), principalmente cuando $B/B_{mrs} < 1$.

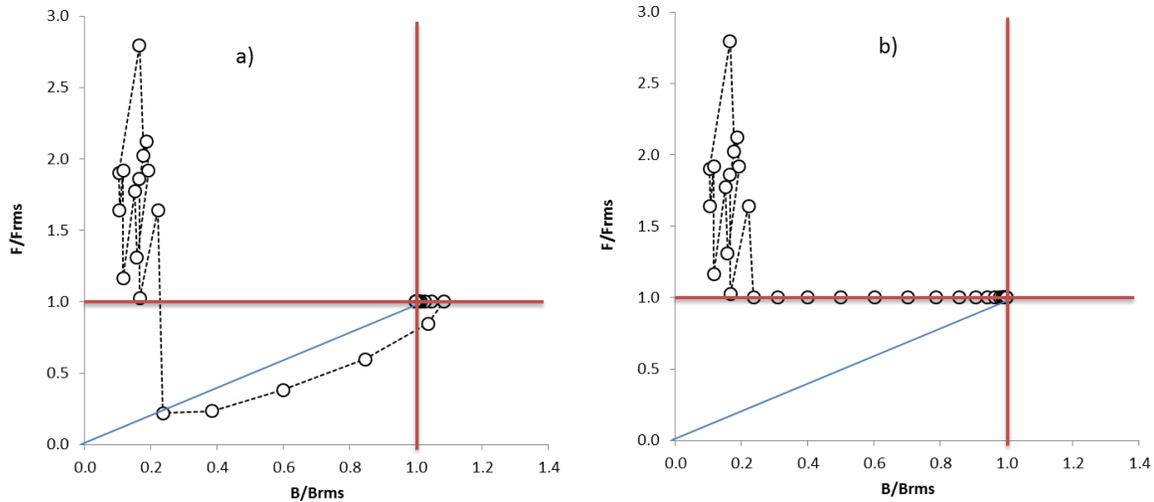


Figura 1: Simulaci3n de un diagrama B-F con referentes del RMS: (a) regla de decisi3n con modelo rampa, (b) criterio F constante

- Los equipos acordaron que la sobre-explotaci3n ser3 definida cuando la biomasa exceda el l3mite inferior de la biomasa referida al RMS (B_{rms}) o su medida equivalente (B/B_{rms}). Al respecto, se estableci3 que los intervalos de la B_{rms} no necesariamente deben ser sim3tricos, de manera que desde el enfoque precautorio el l3mite inferior puede ser muy peque1o y establecido por consenso, mientras el l3mite superior podr3 considerar elementos de incertidumbre y variabilidad. Como valor inicial se propone que el l3mite inferior se distancie 5 puntos porcentuales del valor B_{rms} (o su equivalente).
- El l3mite superior de la B_{rms} (o su equivalente) se propone como objetivo de manejo precautorio relacionado con el RMS, con lo cual la plena explotaci3n incluye al RMS y queda restringida entre dos valores: B l3mite y B objetivo.
- La variable de control (mortalidad por pesca) definir3 a la sobrepesca sin considerar intervalos de confianza, de manera que la condici3n anterior se declara cuando $F > F_{rms}$. Lo anterior implica a establecer el criterio de explotaci3n $F = F_{rms}$ para cualquier condici3n de biomasa mientras esta sea mayor o igual de B_{rms} .

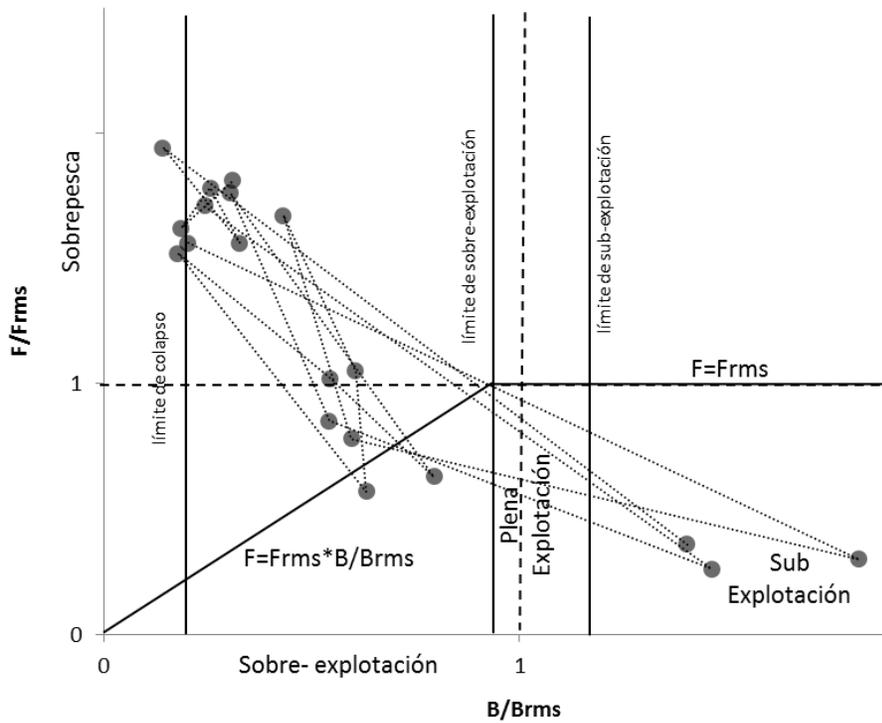


Figura 2: Diagrama B-F tipo y regla de explotaci3n

- En el r3gimen de plena y sub explotaci3n ($B > Brms$), la aplicaci3n del $Frms$ y su respuesta en t3rminos de CBA deber3a considerar como elemento precautorio el riesgo del 10% de exceder el $Frms$.



- De igual forma y para aquellos recursos sobre-explotados, los análisis de proyección serán realizados considerando como horizonte 10 años en recursos demersales y 5 años en pelágicos pequeños. Asimismo y para todos los recursos, a lo menos se propone el análisis de 4 casos: (1) $F=0$ (si procede), (2) $F=Frms$ (independiente del estatus), (3) $F=F$ regla decisión (rampa) y 4) $F=Fsq$ (status quo).
- Se hace mención sobre la aplicabilidad que tienen estos criterios sobre recursos pelágicos, en los que el ambiente vía los reclutamientos determinan los cambios poblacionales y no necesariamente es la biomasa desovante. Al respecto se indicó que el límite superior de la $Brms$ bien podría considerar toda aquella variabilidad o incertidumbre, haciéndola más precautoria como objetivo de manejo.
- Se ilustró el estado de todos los recursos pesqueros nacionales en el marco del diagrama B-F junto al modelo de rampa inicialmente propuesto. Se prevé en la mayoría de los recursos demersales importantes reducciones de la mortalidad por pesca dada su condición de sobre-explotación. Caso contrario se observa en crustáceos, donde la condición de sub-explotación en la mayoría de estos involucra no solo el aumento de la mortalidad por pesca, sino la eventual apertura de los registros de armadores.
- Por el ámbito de competencias y del rol que tendrá en los CCT, IFOP propondrá un abanico de escenarios o reglas de decisión/rampas de acuerdo con el marco legal y lo sugerido por SSP.



**Marco de Referencia para el Diagnóstico de los Recursos
Pesqueros 2013**
Auditorio IFOP

Martes, 20 de agosto de 2013

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	FIRMA	PROYECTO
1	Cristina Cordero		IFOP
2	Francisco Contreras		IFOP
3	Jorge Fariña A.		SJP
4	L. Camila Pastos		SSP.
5	Laura Flores		SSP
6	Sandra Hernández		SSP.
7	Victor Espinoza B.		SSP
8	Felipe Campodónico		SSP
9	Alexandro Kuskef		SJP.
10	Doris Bucarey		IFOP.
11	Mariella Canales		IFOP
12	Fernando Espinoza R.		IFOP
13	Juan Carlos Delgado		IFOP
14	Ignacio Pavez		IFOP
15			
16			



Marco de Referencia para el Diagnóstico de los Recursos Pesqueros 2013

Auditorio IFOP

Lunes, 26 de agosto de 2013

LISTADO DE ASISTENTES

	NOMBRE	FIRMA	PROYECTO
1	Cristina Cordero		IFOP
2	ELSON WALF		IFOP
3	Francisco Contreras		IFOP
4	Fernando Espindola R		IFOP
5	Mariella Canales	Mile	IFOP
6	Maria José Zúñiga		IFOP
7	Doris Bucarey		IFOP
8	Verónica Muñoz		SSP
9	L. Conilo Pastos		SSP
10	Victor Espeso		SSPA
11	Genia Hernández		SSP
12	Joselyn Flores		SSP
13	Andrés Guzmán		SSPA
14			
15			
16			

A N E X O III

Código MATLAB utilizado en el modelo de evaluación de stock



%MODELO LANGOSTINO AMARILLO SEPARADO POR SEXOS

```
clear
clc

%=====
% Lee archivos de datos
[filename, pathname] = uigetfile('*.*', 'Elija un archivo de datos');
load(filename);

%=====
% lectura de parametros iniciales

[filename, pathname] = uigetfile('*.txt', 'Find an optim');
p0 = load(filename);

%=====
% Define parametros
L50fm=exp(p0(1));
rankfm=exp(p0(2));
L50fh=exp(p0(3));
rankfh=exp(p0(4));
L50cm=exp(p0(5));
rankcm=exp(p0(6));
L50ch=exp(p0(7));
rankch=exp(p0(8));
Nom(:,1)=exp(p0(9:19));
Noh(:,1)=exp(p0(20:30));
nu=(p0(31:58));
Fcr=exp(p0(59:87));
cvm=exp(p0(88));
cvh=exp(p0(89));
R0=exp(p0(90));
qc1=exp(p0(91));
qc2=exp(p0(92));

%=====
sr=0.5;
nanos=length(anos);

%=====
% calculo de la matriz clave talla-edad machos
for i=2:length(edades)
    Lm(i)=Linfm*(1-exp(-Km))+exp(-Km)*Lm(i-1);
end

sm = cvm*Lm;
for i=1:length(edades);
    Pm(:,i)=normpdf(Tallas,Lm(i),sm(i));
end
Pm=Pm./(ones(length(Tallas),1)*sum(Pm));
```



```
%=====
% calculo de la matriz clave talla-edad hembras
    for i=2:length(edades)
        Lh(i)=Linfh*(1-exp(-Kh))+exp(-Kh)*Lh(i-1);
    end

sh = cvh*Lh;
    for i=1:length(edades);
        Ph(:,i)=normpdf(Tallas,Lh(i),sh(i));
    end
Ph=Ph./(ones(length(Tallas),1)*sum(Ph));

%=====
% Selectividad flota A LA edad MACHOS

sf_mage=1./(1+exp(-log(19)*(edades-L50fm)/(rankfm)));
sf_mage=sf_mage/max(sf_mage);
sf_mage=[repmat(sf_mage',1,nanos)];

% Selectividad flota A LA edad HEMBRAS
sf_hage=1./(1+exp(-log(19)*(edades-L50fh)/(rankfh)));
sf_hage=sf_hage/max(sf_hage);
sf_hage=[repmat(sf_hage',1,nanos)];

% Selectividad flota ultimo a1o (EDAD)
sf_magef = sf_mage(:,end);
sf_hagef = sf_hage(:,end);
%=====
% Selectividad CRUCEROS A LA edad MACHOS
psc_m=1./(1+exp(-log(19)*(edades-L50cm)/(rankcm)));
psc_m=[repmat(psc_m',1,nanos)];

psc_h=1./(1+exp(-log(19)*(edades-L50ch)/(rankch)));
psc_h=[repmat(psc_h',1,nanos)];

% Selectividad cruceros ultimo a1o

psc_mf = psc_m(:,end);
psc_hf = psc_h(:,end);

%=====
% calculo proporcion sexual a1o inicial;
Nomv=Nom.*sf_mage(:,1);
Nohv=Noh.*sf_hage(:,1);
psh = sum(Nohv)./sum(Nomv+Nohv);
psm = sum(Nomv)./sum(Nomv+Nohv);

%=====estimacion del vector de mortalidades
Fm(:,1)=sf_mage(:,1)*Fcr(1);
```



```
Fh(:,1)=sf_hage(:,1)*Fcr(1);
Zm(:,1)=Fm(:,1)+M;
Zh(:,1)=Fh(:,1)+M;

%=====dinamica de la poblacion explotada

for j=2:nanos
    Nom(:,j)=[(R0*exp(nu(j-1)-(0.5*sr^2)))/2; Nom(1:end-1,j-1).*exp(-Zm(1:end-1,j-1))];
    Nom(end,j)=Nom(end,j)/(1-exp(-Zm(end,j-1)));
    Noh(:,j)=[(R0*exp(nu(j-1)-(0.5*sr^2)))/2; Noh(1:end-1,j-1).*exp(-Zh(1:end-1,j-1))];
    Noh(end,j)=Noh(end,j)/(1-exp(-Zh(end,j-1)));
    Nomv(:,j)=Nom(:,j).*sf_mage(:,j);
    Nohv(:,j)=Noh(:,j).*sf_hage(:,j);
    psm(j)=sum(Nomv(:,j))/sum(Nomv(:,j)+Nohv(:,j));
    psh(j)=sum(Nohv(:,j))/sum(Nomv(:,j)+Nohv(:,j));
    Fm(:,j)=sf_mage(:,j)*Fcr(j);
    Fh(:,j)=sf_hage(:,j)*Fcr(j);
    Zm(:,j)=Fm(:,j)+M;
    Zh(:,j)=Fh(:,j)+M;
end

R=R0.*exp(nu);

Nomd= Nom.*exp(-9*Zm/12);
Nohd= Noh.*exp(-9*Zh/12);
No=Nom+Noh;
Nov=Nomv+Nohv;
Nmm=(Nom.*(1-exp(-Zm))./Zm);
Nmh=(Noh.*(1-exp(-Zh))./Zh);

%=====Cruceros

Nmmc=Nmm.*psc_m;
Nmhc=Nmh.*psc_h;
BMVc=sum((Ph*Nmhc).*pesoh+(Pm*Nmmc).*pesom)*1e-6;

%=====Capturabilidad diferenciada para la serie de evaluaciones directas
BMVc_est=[qc1*BMVc(1:19) qc2*BMVc(20:29)];
BMVc_est_end=BMVc_est(end);

%=====Capturas, desembarques y CPUE predicha
Nmmv=Nmm.*sf_mage;
Nmhv=Nmh.*sf_hage;
Nmmv_t=Pm*Nmmv;
Nmhv_t=Ph*Nmhv;
BMV=(sum(Nmmv_t.*pesom)+sum(Nmhv_t.*pesoh))*1e-6;

Cpredm=Nom.*Fm.*(1-exp(-Zm))./Zm;
Cpredh=Noh.*Fh.*(1-exp(-Zh))./Zh;
Cpredm_t=Pm*Cpredm;
```



```
Cpredh_t=Ph*Cpredh;
Ypred=sum((Cpredm_t.*pesom+Cpredh_t.*pesoh)/1e6);

%===== estimación de la capturabilidad de la flota comercial
ubi=find(cpue_obs>0);
Lqf=log(cpue_obs(ubi)/BMV(ubi));
qf=exp(mean(Lqf));
CPUepred=BMV*qf;
CPUepred_end=CPUepred(end);

%===== proporciones de tallas de las capturas para machos y hembras
pmobs=Cm./(ones(length(Tallas),1)*sum(Cm+eps));
phobs=Ch./(ones(length(Tallas),1)*sum(Ch+eps));
pmpre=Cpredh_t./(ones(length(Tallas),1)*sum(Cpredh_t+eps));
pmpre=Cpredm_t./(ones(length(Tallas),1)*sum(Cpredm_t+eps));

nm=75;
ubi=find(sum(Cm)>0);

Rh=sum(sum(nm*phobs(:,ubi).*log(pmpre(:,ubi)/(phobs(:,ubi)+eps))));
Rm=sum(sum(nm*pmobs(:,ubi).*log(pmpre(:,ubi)/(pmobs(:,ubi)+eps))));
R1=Rm+Rh;

wm=Pm.*pesom;
wh=Ph.*pesoh;

%===== Biomosas desovantes a principio de año y septiembre

BD=sum(Noh.*wh.*repmat((Ph.*msex)/max(Ph.*msex),1,nanos))*1e-6;
BDd=sum(Nohd.*wh.*repmat((Ph.*msex)/max(Ph.*msex),1,nanos))*1e-6;

%===== Like
[fun,SCR,cvu,cvy,cvc]=like(R1,cpue_obs,CPUepred,desemb,Ypred,Bobs,BMVc_est,L50fm,rankfm,L50fh,rankfh,L50cm,rank
cm,L50ch,rankch,...
    psmobs,psm,nu,qc1,qc2,sr,cvm,cvh,Nom,Noh);

BT=sum(Noh.*wh+Nom.*wm)*1e-6;
BV=sum(Noh.*wh.*sf_hage+Nom.*wm.*sf_mage)*1e-6;
BMV=sum(Nmh.*wh.*sf_hage+Nmm.*wm.*sf_mage)*1e-6;
Nrh=Noh(1,:);
Nrm=Nom(1,:);
Nr=Nrh+Nrm;
Br=((Noh(1,:).*wh(1,:))+(Nom(1,:).*wm(1,:)))*1e-6;
u=desemb./BT';
uv=desemb./BV';
matriz1=[BT' BV' BMV' BD' Br' Nr' desemb Fcr u uv];

%===== estimacion de potencial reproductivo
RPR=potrep(Noh,Nrh,M,Ph,wh,msex,BD,anos);
```



```
Noh_end = Noh(:,end);
Nom_end = Nom(:,end);

%==== estimacion de pbr
x=0:0.01:2;
[Ypr,BDpr,F01,F20,F35,F40,F45,F50,F60]=pbr(x,sf_hagef,wh(:,end),M,length(edades),Ph'*msex,9/12);

PBR=[F01,F20,F35,F40,F45,F50,F60];

%==== matriz de indicadores de status
matriz2=[Fcr(end)/F40;Fcr(end)/F20;RPR(end)];

%====Tallas medias
Obs_Mean_size_males=sum(Cm.*repmat(Tallas,1,nanos));
Obs_Mean_size_females=sum(Ch.*repmat(Tallas,1,nanos));

Pred_Mean_size_males=sum(pmpre.*repmat(Tallas,1,nanos));
Pred_Mean_size_females=sum(phpre.*repmat(Tallas,1,nanos));

produ

figuras
%figuras2

save Modelo_edad_results

%ARCHIVO LIKE

function [fun,SCR,cvu,cvy,cvc]=like(R1,cpue_obs,CPUEpred,desemb,Ypred,Bobs,BMVC_est,...
    L50fm,rankfm,L50fh,rankfh,L50cm,rankcm,L50ch,rankch,psmobs,psm,nu,qc1,qc2,sr,cvm,cvh,Nom,Noh)

%=====Like para las proporciones
SCR(1)=-R1;

%=====Like para las cpue
ubi=find(cpue_obs>0);
R2=log(cpue_obs(ubi)+eps)-log(CPUEpred(ubi)+eps);
cvu=0.15;
SCR(2)=sum((R2.^2)/(2*cvu.^2));

%=====Like para los desembarques
ubi=find(desemb>0);
R3=log(Ypred(ubi)+eps)-log(desemb(ubi)+eps);
cvy=0.1;
SCR(3)=sum((R3.^2)/(2*cvy.^2));

%=====Like para la biomasa estimada de los cruceros
ubi2=find(Bobs>0);
R4=log(BMVC_est(ubi2)+eps)-log(Bobs(ubi2)+eps);
```



```
cvc=0.2;
SCR(4)=sum((R4.^2)./(2*cvc.^2));

%===== Desvíos del reclutamiento
R5=nu.^2;
cvr=0.2;
SCR(5)=sum((R5)./(2*cvr.^2));

%=====priors para los parametros selectividad flota hembras
R6=[(L50fh-4); (rankfh-1)];
spar1b=0.1*[4; 1];
SCR(6)= sum((R6.^2)./(2*spar1b.^2));

%=====priors para los parametros selectividad flota machos
R7=[(L50fm-5); (rankfm-1)];
spar2b=0.1*[5; 1];
SCR(7)= sum((R7.^2)./(2*spar2b.^2));%

%=====priors para los parametros selectividad cruceros hembras
R8=[(L50ch-4); (rankch-1)];
spar1=0.1*[4; 1];
SCR(8)= sum((R8.^2)./(2*spar1.^2));

%=====priors para los parametros selectividad cruceros machos
R9=[(L50cm-4); (rankcm-1)];
spar2=0.1*[4; 1];
SCR(9)= sum((R9.^2)./(2*spar2.^2));

%=====Like para la proporción de machos
R10=log(psm'+eps)-log(psmobs+eps);
cvps=0.05;
SCR(10)=sum((R10.^2)./(2*cvps.^2));

%=====Prior para el coeficiente de capturabilidad
R11=qc1-1;
cvq=0.1;
p(1)=sum((R11.^2)./(2*cvq.^2));

R12=qc2-1;
cvq2=0.1;
p(2)=sum((R12.^2)./(2*cvq2.^2));

%=====Like total
fun=sum(SCR)+sum(p);
```

A N E X O I V

Datos langostino amarillo





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