



**DOCUMENTO TÉCNICO FINAL**  
**Objetivo Específico 4.2.5**  
**Implementación metodológica de evaluación**  
**de stock de recursos bentónicos.**  
Convenio de desempeño 2015  
Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2015  
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Enero-2016



**DOCUMENTO TÉCNICO**  
**Final de Objetivo Específico 4.2.5**  
**Implementación metodológica de evaluación**  
**de stock de recursos bentónicos.**

Convenio de desempeño, 2015  
Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2015  
SUBSECRETARÍA DE ECONOMÍA Y EMT / Enero 2016

**REQUIRENTE**

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

Subsecretaria de Economía y  
Empresas de Menor Tamaño  
**Pamela Arellano Perez**

**EJECUTOR**

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP**

Director Ejecutivo  
**Leonardo Núñez Montaner**  
Jefe División Investigación Pesquera  
**Claudio Bernal Larrondo**

**JEFE DE PROYECTO**

Nancy Barahona Toledo

**AUTORES**

Joaquín Cavieres Gaete  
Cristian Canales Ramírez

# ÍNDICE GENERAL

---

Página

1. INTRODUCCIÓN
2. RESUMEN EJECUTIVO
3. **CAPÍTULO A: ERIZO**
  - 3.1. ANTECEDENTES GENERALES
  - 3.2. METODOLOGÍA
  - 3.3. RESULTADOS
  - 3.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES
  - 3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS
4. **CAPÍTULO B: ALMEJA**
  - 4.1. ANTECEDENTES GENERALES
  - 4.2. METODOLOGÍA
  - 4.3. RESULTADOS
  - 4.4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES
  - 4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 1. INTRODUCCIÓN

---

El artículo 1° B de la Ley de Pesca, indica que su objetivo es la conservación y el uso sostenible de los recursos hidrobiológicos, mediante la aplicación del enfoque precautorio en la toma de decisiones, de un enfoque ecosistémico en la administración pesquera y la salvaguarda de los ecosistemas marinos en que existan dichos recursos. Este contexto general, considera además tener en cuenta al momento de adoptar las medidas de conservación y administración así como al interpretar y aplicar la ley, lo siguiente:

a) establecer objetivos de largo plazo para la conservación y administración de las pesquerías y protección de sus ecosistemas así como la evaluación periódica de la eficacia de las medidas adoptadas y b) aplicar en la administración y conservación de los recursos hidrobiológicos y la protección de sus ecosistemas el principio precautorio (artículo 1° B de la Ley de Pesca).

En este contexto de regulación pesquera, los recursos bentónicos en nuestro país, muestran un estado de desarrollo en el ámbito de la investigación, con menor énfasis en procesos analíticos cuantitativos que den cuenta del estado de los stocks, probablemente debido a un sistema que en general no ha sido administrado a través de cuotas, o que el esfuerzo pesquero (100% artesanal) ha migrado entre recursos cuando ha habido problemas de disponibilidad de alguno de ellos, sosteniendo una actividad de carácter multiespecífico.

Esta situación, expone a las pesquerías bentónicas como un caso que se escapa de la generalidad en la aplicación de la Ley de Pesca, que identifica a los Puntos Biológicos de Referencia como base para establecer el estatus de las pesquerías, con la salvaguarda para estos recursos, en el proceso de estimación de cuotas, faculta al Comité Científico Técnico Bentónico para “establecer criterios para la determinación de la cuota global, cuando corresponda, considerando la información disponible y las particularidades de los recursos de que se trate” (Ley 18.892), para una diversidad de especies de grupos taxonómicos distintos, con grandes ausencias de conocimiento de su biología y en muchos casos, precaria información de monitoreo de la actividad extractiva.

La situación descrita, manifiesta la necesidad de implementación de metodologías analíticas para los estudios de evaluación de los stocks de estas pesquerías, de forma de procurar antecedentes técnicamente fundamentados para el proceso de toma de decisiones, acercando los recursos bentónicos a los procedimientos de evaluación de pesquerías tradicionales, con mayores niveles de desarrollo.

El presente documento entrega los resultados del inicio de la implementación de metodologías de evaluación de stock en recursos bentónicos, identificados en el marco del proyecto Seguimiento de Pesquerías Bentónicas 2015, a saber, Erizo (*Loxechinus albus*) y Almeja común (*Venus antiqua*)



## 2. RESUMEN EJECUTIVO

---

Se realiz3 la evaluaci3n de stock del recurso Erizo (*Loxechinus albus*) y de Almeja (*Venus antiqua*) en la X y XI regi3n basada en la divisi3n espacial propuesta por Canales, 2014. Esta consider3 la subdivisi3n de la X regi3n en dos zonas con diferentes comportamientos en t3rminos pesqueros, y una tercera zona correspondiente a la XI Regi3n. La nomenclatura utilizada para estas unidades espaciales son: Xnor, Xsur y XI

Por lo tanto, se evaluaron 3 unidades poblacionales con el fin de determinar el cambio de abundancia de las especies a lo largo de la historia con datos disponibles y determinar la condici3n actual (estatus) de los recursos. La informaci3n requerida est3 relacionada con los par3metros de vida de cada recurso, la composici3n de tallas, rendimientos de captura e 3ndices de abundancia relativa en un modelo estad3stico con observaciones a la talla pero modelado a la edad.

Sobre el recurso erizo, el an3lisis preliminar sugiere un cambio en el desplazamiento espacial y batim3trico del esfuerzo pesquero hacia latitudes m3s lejanas (caso de la XI Regi3n), lo que explicar3a las variaciones anuales de la CPUE, la que expresada como un 3ndice relativo de la abundancia, muestra una considerable baja en Xnor y Xsur durante los 3ltimos dos a3os. La biomasa explotable estimada para el a3o 2016 ser3a de 56.700 toneladas, 10.300 menos que la estimaci3n realizada el a3o 2014, la cual estar3a conformada por un 4% de Xnor, 26% de Xsur y 70% por XI.

Los resultados muestran que la reducci3n poblacional (BD/BDo) para Xnor y Xsur se encuentran por debajo del 40% establecido como punto objetivo de manejo, solo XI se encuentra a un nivel cercano al 48% de BD/BDo. El diagnostico basado en "proxys" del RMS (BD<sub>rms</sub> = 40%) muestran que Xnor y Xsur tienen fuertes signos de sobre-explotaci3n y sobrepesca, mientras que XI se encuentra en un nivel saludable pero este estado se encuentra condicionado al 3ndice relativo de abundancia el cual muestra un aumento en su valor durante el 3ltimo tiempo.

Para el recurso Almeja en Xnor, el modelo ajusta de buena forma las variaciones de la CPUE en el periodo con datos disponibles, pero existe incertidumbre en cuanto a los rendimientos a inicios de la pesquer3a en los a3os 60. En Xsur la CPUE se ha mantenido constante durante la 3ltima d3cada pero presentando una tendencia a la baja durante los 3ltimos 4 a3os. Como la serie de datos disponibles para la XI no es completa, el an3lisis sobre el comportamiento de la CPUE en esta zona es sesgado.

La biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal (BD/BDo) fue estimada en 22% para Xnor, con un leve aumento del 2% relacionado con la evaluaci3n del a3o 2014. Para Xsur este indicador fue estimado en 43%, dos puntos porcentuales menos que el a3o anterior y para XI este indicador es de 68%, cinco puntos porcentuales por encima de la estimaci3n anterior.



En relaci3n al proxy de  $BD_{rms} = 40\%$ ,  $X_{nor}$  muestra fuertes signos de sobre-explotaci3n y sobrepesca, resultados que reflejan los niveles de desembarques m3nimos y lo expresado por pescadores de la zona, los cuales indican que la disponibilidad del recurso a ser capturado es baja. Por otra parte,  $X_{sur}$  muestra valores por encima del  $Brms$  y del  $Frms$  (1.07 y 1.98) respectivamente, pero muy cercanos al l3mite objetivo del  $Brms$  del 40% con su respectivo valor de  $F$  ( $F_{rms}=0.29$ ). Para XI el an3lisis de PBR no pudo realizarse debido a la falta de datos en la serie de tiempo.



### 3. CAPÍTULO A: ERIZO

---

#### 3.1. ANTECEDENTES GENERALES

El erizo (*Loxechinus albus*) es uno de los recursos invertebrados bentónicos más importantes en términos económicos, social y ecológico en Chile (Guisado y Castilla, 1987; Moreno y Vega 1988; Vásquez 2001 y Moreno *et al.*, 2011). El erizo se distribuye desde el litoral peruano (6° S) hasta el extremo sur de Chile (55°S) y está presente desde la zona intermareal hasta 110 m de profundidad (Moreno y Molinet, 2013) habitando principalmente sobre fondos duros.

Su explotación comercial data de los años 60's la cual aporta con el mayor desembarque de erizos del planeta (FAO 2014), con desembarques alrededor de 20.000 t anuales en los últimos veinte años. La pesquería se concentra principalmente entre las regiones de Los Lagos (X Región), Aysén (XI Región) y Magallanes (XII Región).

#### 3.2. Aspectos legales

A partir del llamado “Acuerdo de La Moneda” del 2001, la pesquería de erizo en la X y XI regiones existe un Plan de Manejo Pesquero el cual considera un proceso decisonal participativo entre la autoridad y los usuarios del recurso, organizados en una estructura con dos instancias, la Comisión de Manejo de las Pesquerías Bentónicas de las regiones X y XI (COMPEB) y el Grupo Técnico Asesor (GTA). La talla mínima de extracción es de 60 mm de testa (R. Ex. No. 1727/2012) y existe una veda extractiva entre el 15 de octubre y el 1 de marzo de cada año (D. Ex. No. 439/2000).

Desde el inicio de las acciones de ordenamiento en el año 2002 se han establecido límites de captura para el erizo. Entre el año 2005 y 2006 fueron del orden de las 20.000 toneladas, y desde el 2007 estabilizadas alrededor de las 18.000 toneladas. En virtud del llamado “Acuerdo de los Intendentes” de ambas regiones –realizado previo al inicio de la temporada de pesca de erizo del 2005— fueron especificadas cuotas de captura de erizo tanto por región como por zona, destinándose una fracción de la cuota total de la XI Región para la captura por parte de los buzos autorizados para ser extraída en el polígono definido como Zona Contigua.

Los desembarques de erizo (**Tabla 1**) han mostrado una constante de acuerdo a lo sugerido por el Grupo Técnico Asesor (GTA), sin embargo, durante el año 2013 la cuota fue sobrepasada en 1.114 toneladas, pero esta acción al parecer no tuvo efectos negativos sobre la pesquería.

**Tabla 1.** Desembarques regionales por zona de erizo (ton) registrados entre el 2005 y 2015

ZONA	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
X Norte	1298	849	1202	1650	1543	1453	1775	1762	1463	1044	669
X Sur	8161	7798	8086	8560	8419	7468	7584	7875	9158	6582	9539
ZC	4229	3411	2772	3230	3423	2873	4217	3922	3900	2999	3489
XI	3373	4004	3060	3030	4030	2566	3781	4559	4593	2760	4603
<b>Total</b>	<b>17061</b>	<b>16062</b>	<b>15120</b>	<b>16470</b>	<b>17415</b>	<b>14360</b>	<b>17357</b>	<b>18118</b>	<b>19114</b>	<b>13385</b>	<b>18300</b>

Luego que se empezaran a capturar recursos en la Zona Contigua, el principal objetivo ha sido optimizar el sistema de registro de capturas de forma geográficamente referenciada, para mejorar la calidad de la información disponible para los científicos, investigadores y técnicos, los cuales deben idea y proponer metodologías para con el fin de recomendar medidas de administración que propendan hacia la conservación de este recurso. A pesar de lo anterior, aún persisten dificultades operativas que han mantenido altos niveles de incertidumbre respecto del esfuerzo real que se ejerce sobre la pesquería y particularmente el origen de las capturas, principalmente lugares alejados de los puertos de monitoreo.

La recomendación de cuotas se ha desarrollado mediante la evaluación temporal de los desembarques y el comportamiento de las flotas que operan sobre el recurso, además del modelo de evaluación de stock que modela la dinámica de la flota en ambas regiones. Dado los supuestos del modelo empleado, y teniendo en consideración las diferentes dinámicas pesqueras en cada zona, se debe realizar una delimitación espacial de los lugares o zonas de pesca históricamente identificados. Aun así, es necesario mejorar la obtención de datos como esfuerzo y captura, además de actualización de parámetros de crecimiento para cada zona identificada, con el fin de evaluar las particularidades propias de las zonas establecidas.

### 3.3. Aspectos Biológicos

El erizo es una especie dioica, sin dimorfismo sexual externo y con una fecundación externa. Su ciclo reproductivo varía latitudinalmente en la costa Chilena al igual que la época de desove (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Guisado y Castilla, 1987; Zamora y Stotz, 1992; Arias *et al.*, 1995; Guisado *et al.*, 1998). Variaciones temporales del ciclo gonadal de erizo han sido relacionadas con variaciones en temperatura del agua producidas durante invierno y aumento de la productividad primaria durante primavera (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Zamora y Stotz, 1992; Vasquez, 2001). En general se observan dos periodos de madurez uno en primavera y otro a fines de verano. Este último sería reabsorbido y su energía destinada a procesos fisiológicos durante otoño-invierno (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Zamora y Stotz, 1992).





La ojiva de madurez del erizo entre Chiloé e Islas Guaitecas indican que el valor  $L_{50}$  (diámetro de la testa a la que el 50% de la población alcanza la primera madurez reproductiva) se alcanza entre 42.4 - 42.9 mm DT, mientras  $L_{m100}$  se alcanza a 65 mm DT (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Arias *et al.*, 1995; Moreno *et al.*, 1996). Arias *et al.*, 1994 concluyeron que la talla crítica para el erizo alrededor de Carelmapu y en Islas Guaitecas se alcanzaría a los 7 años (DT alrededor de 88 mm) por lo que estimaron que la pesquería estaría sobreexplotada, al menos en esa época y en los lugares estudiados.

La fecundidad potencial se ha estimado entre 5.0 a 10 millones de huevos (Guisado 1995, Guisado *et al.*, 1998), mientras que la inducción al desove de erizos recién colectados del ambiente ha resultado en la liberación de entre 200.000 y 5 millones de ovocitos, con diferencias entre estratos de profundidad (Molinet *et al.*, 2012).

El desarrollo larval de este equinodermo ha sido ensayado con éxito en condiciones de laboratorio, el que duraría 23 a 40 días desde fecundación hasta el asentamiento. La larva equinopluteus metamorfosea a un individuo juvenil de aproximadamente  $524 \pm 24 \mu$  (Arrau, 1958; Bustos *et al.*, 1987; Guisado y Castilla, 1987; Bustos y Olave, 2001). El desarrollo larval y asentamiento de erizo estudiado en Chiloé y Guaitecas muestra tendencia a la disminución comparativa en la abundancias de larvas entre 1980's y 2010 y disminución del periodo de presencia de larvas en el ambiente (Bay-Schmith *et al.*, 1981; Bustos *et al.*, 1987; Kino y Agatsuma, 2007; Molinet *et al.*, 2010).

En los escasos estudios de asentamiento se ha observado que este se produce principalmente en el intermareal rocoso entre diciembre y febrero, particularmente en grietas intermareales con abundante conchilla, donde los reclutas se alimentan preferentemente de diatomeas bentónicas, algas crustosas y estadios tempranos de macroalgas (Guisado y Castilla, 1987). En pozas del intermareal inferior se reportó la presencia de pequeños reclutas (1-3 mm DT) entre marzo y abril, entre y sobre algas calcáreas, cohabitando con individuos de un amplio rango de tallas (ej. Stotz *et al.*, 1992). Individuos entre 20-45 mm DT habitan pozas intermareales y submareales, consumiendo algas a la deriva, para posteriormente migrar a zonas más profundas (Guisado y Castilla, 1987) implicando una migración ontogénica. Puntualmente se ha documentado fallas en el reclutamiento en las poblaciones de erizos de la XII Región (Stotz *et al.*, 1998).

El crecimiento del erizo ha sido estudiado por varios autores (Gebauer y Moreno, 1995; Flores *et al.*, 2010; Schuhbauer *et al.*, 2010; Molinet *et al.*, 2013), aplicando la metodología de lectura de anillos de placas genitales. Esta metodología está basada en que los equinoideos incorporan constantemente carbonato de calcio en las estructuras que forman el esqueleto (Pearse y Pearse, 1975) y fue validada por Gebauer y Moreno (1995) para *Loxechinus albus*. Durante el primer año de vida los erizos pueden llegar a 18 mm DT, con incrementos de alrededor de 10 mm/año desde el segundo año. La variabilidad en la relación número de anillos- diámetro de la testa (DT) es alta por lo que un erizo podría alcanzar 70 mm DT entre 5 a 8 años de edad.



El valor de  $L_{\infty}$  infinito varía de en los estudios descritos, entre valores de aproximadamente 93 mm y 160 mm DT.

Los stocks adultos de erizo presentan una distribuci3n gregaria formando grandes aglomeraciones sobre sustratos duros, lo que ha sido atribuido a la existencia de asentamientos y posteriores reclutamientos masivos de una cohorte (Moreno, 2003). Debido a su importancia econ3mica, los erizos de que habitan en fondos someros han sido afectados por la explotaci3n comercial, lo que ha modificado los patrones de distribuci3n de esta especie. Lo anterior plantea la problemática de c3mo los hábitat pueden ser recolonizados luego de una explotaci3n, si es que esto sucede, ya sea por reclutamiento o inmigraci3n de adultos.



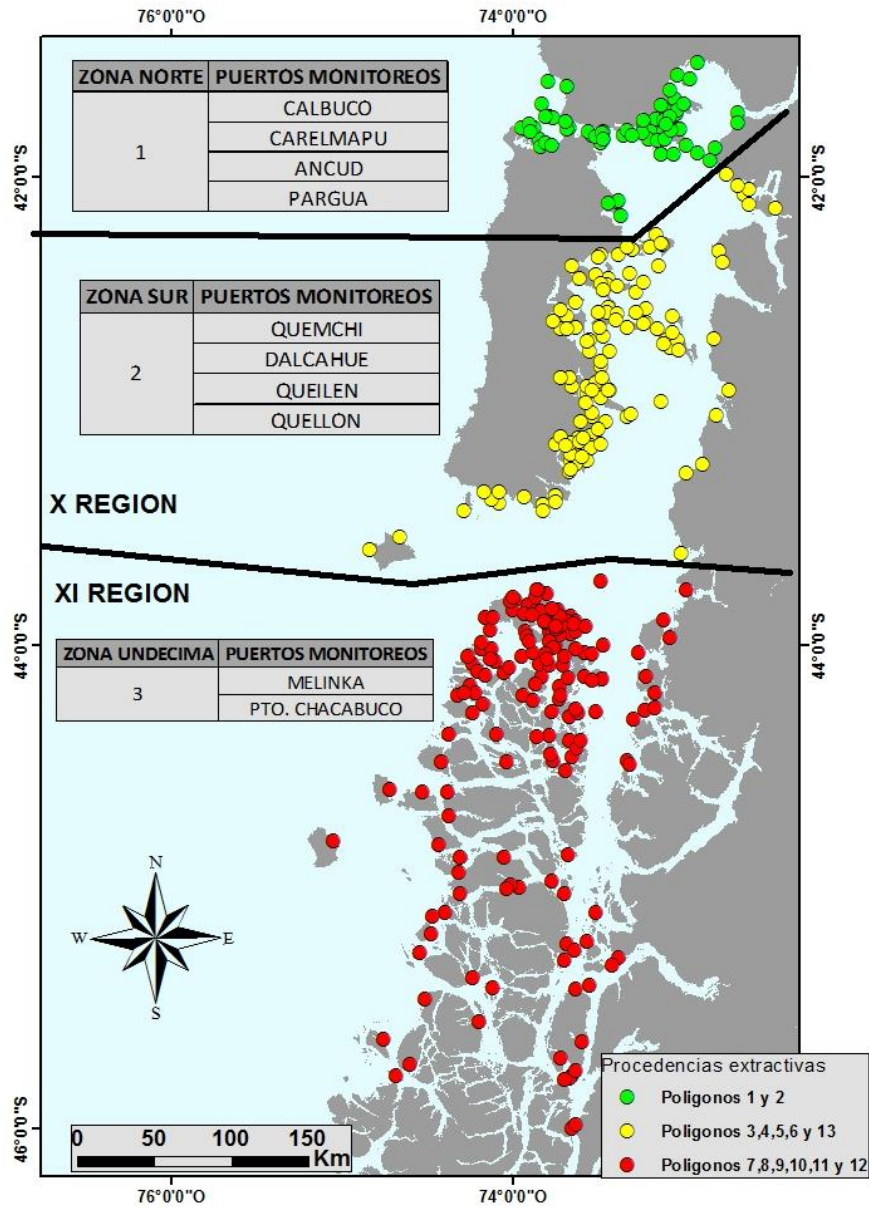
## 3.2. METODOLOGÍA

### 3.2.1. Zona de estudio

Con el objetivo de reconocer las particularidades espaciales de esta pesquería, el análisis fue realizado para 3 zonas de manera independiente: 1) zona norte X Región, 2) zona sur X Región) y 3) Undécima (XI Región). Esta zonificación fue realizada basándose en el maestro de procedencias de captura histórico del proyecto de Seguimiento Bentónico de IFOP, obtenidos del monitoreo en los diferentes puertos distribuidos en la macrozona X-XI regiones, durante el periodo comprendido entre los años 1986-2015 (**Tabla 2; Figura 1**). Las procedencias de pesca fueron asociadas a los polígonos de pesca detallados en reporte FIP 2005-51 (Molinet *et al.*, 2008 y 2011)

**Tabla 2.** Delimitación de las zonas en función de los polígonos de captura

Zona	Delimitación	Polígonos
Xnor	Pto Montt (41.28S) – Butachauques (42.15S)	1 y 2
Xsur	Butachauques (42.15S) - Isla Guafo (43.42 S)	4,5,6,y 13
XI	Isla Queitao (43.42 S) –Península Taitao (46.5°S)	7,8,9,10,11 y12



**Figura 1.** Procedencias extractivas asociadas a poligonos y puertos de monitoreo del seguimiento bent3nico de IFOP de cada zona considerada para la evaluaci3n de stock de erizo. Perodo 1986-2014.

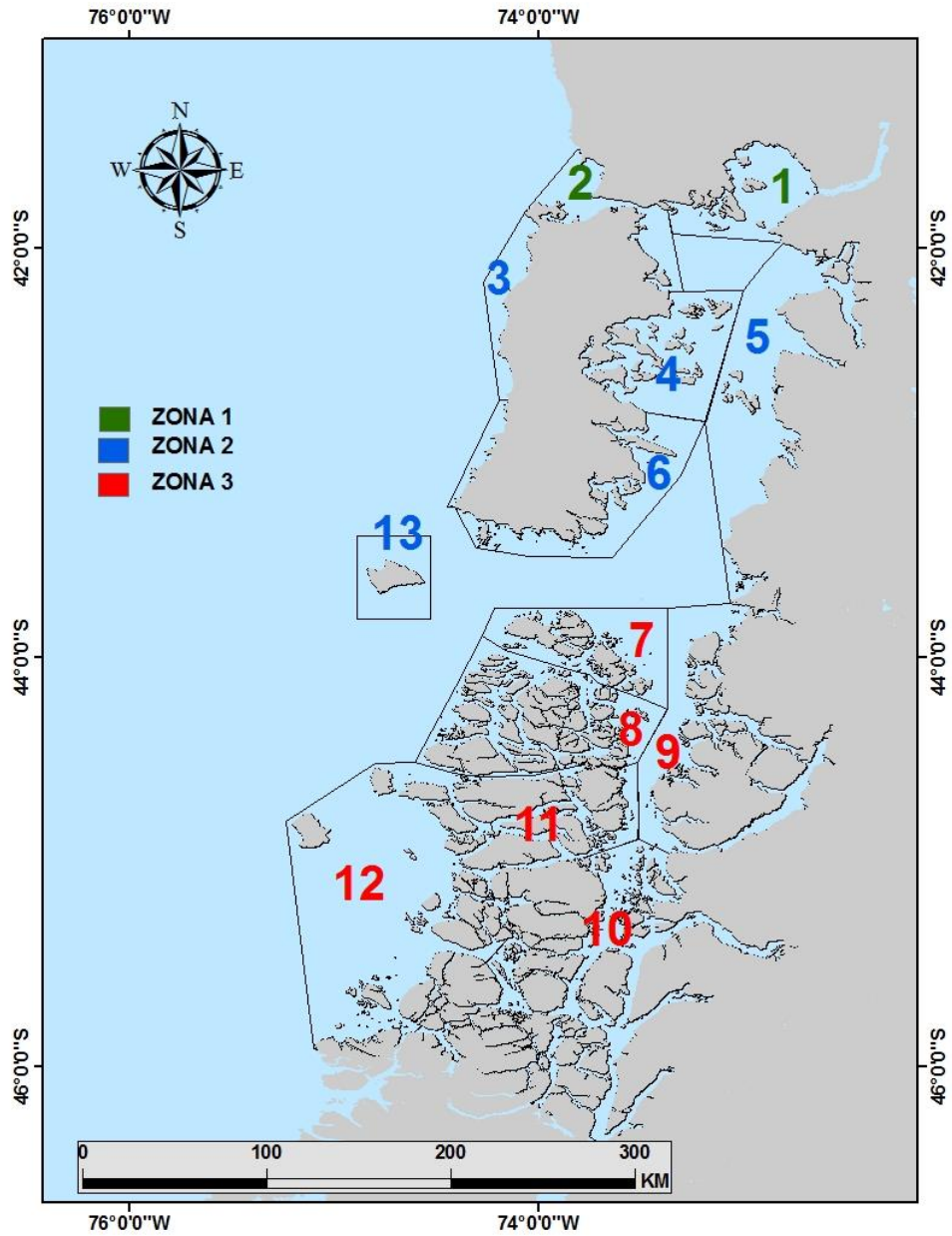


Figura 2. Polígonos espaciales de la operación de pesca de erizo X-XI regiones (Molinet., *et al.* 2011).



### 3.2.2. Fuente de información

- **Desembarques**

Con el objeto de establecer series de capturas históricas por zonas, se realizó un tratamiento particular en base a criterios expertos sobre su procedencia. Para todos los efectos se consideró la información entregada por SERNAPESCA en sus anuarios estadísticos desde 1960 hasta 2013. El criterio fue el siguiente:

#### Xnor

**1960-1984:** se consideran las estadísticas de SERNAPESCA asociadas a Puerto Montt, Calbuco, y Ancud.

**1985-1996:** se considera la proporción histórica promedio 1996-2015 estimada en un 10%

**1996-2015:** se obtiene la proporción de capturas a partir de las estadísticas de IFOP en los polígonos 1 y 2, y esta es aplicada sobre las estadísticas SERNAPESCA de la X Región.

#### Xsur

**1967-1984:** Se consideran las estadísticas de SERNAPESCA asociadas al Puerto de Castro.

**1985-1995:** se considera la proporción histórica promedio 1996-2015 estimada en un 30%

**1996-2015:** se obtiene la proporción de capturas a partir de las estadísticas de IFOP en los polígonos 4, 5, 6 y 13. Se excluyen los datos de la XI y se considera la proporción de capturas de la X sur muestreadas por IFOP y se aplica sobre las estadísticas SERNAPESCA de la X-XI regiones.

#### X

**1960-1984:** Se consideran las estadísticas de SERNAPESCA asociadas a la Región de Aysén.

**1985-1996:** se considera la proporción histórica promedio 1996-2015 estimada en un 60%

**1996-2015:** se obtiene la proporción de capturas a partir de las estadísticas de IFOP en los polígonos 7 - 12. Se considera la proporción de capturas de la XI sur muestreadas por IFOP y se aplica sobre las estadísticas SERNAPESCA de la X-XI Región.

En el año 1985 se registra un explosivo nivel de capturas el puerto de Quellón lo que derivó en la discusión sobre la procedencia de estas capturas y si esta corresponde realmente a la zona sur de la X Región. Al respecto, durante el año 2013 el Grupo Técnico Asesor de Erizo de la Comisión de Manejo de Pesquerías Bentónicas COMPEB de la X y XI Región, señaló que las capturas de la XI Región (8.5 mil toneladas) habrían sido aún mayores y que representarían sobre el 70% de la captura global de la X - XI Región, situación que se debería entre otras a la poca capacidad de proceso de las plantas de la XI Región y un mejor sistema de acarreo de las lanchas hacia Quellón.



La **Tabla 3** muestra las estadísticas de captura histórica de SERNAPESCA por puerto y la **Tabla 4** muestra las proporciones de capturas monitoreadas por IFOP desde 1996 a 2015 para cada zona

**Tabla 3.** Capturas informadas por SERNAPESCA por puerto periodo 1967 – 1995

Años	Pto_Mont	Calbuco	Ancud	Castro	Quellón	Aysén	Xnor <sup>1</sup>	Xsur <sup>2</sup>	XI <sup>3</sup>
1967	681	1057	113	60	0	38	1851	60	38
1968	959	684	572	186	0	67	2215	186	67
1969	1055	895	300	714	0	42	2250	714	42
1970	488	828	173	925	0	21	1488	925	21
1971	70	590	422	2447	0	8	1082	2447	8
1972	0	413	2720	365	0	42	3133	365	42
1973	1244	429	332	44	0	45	2004	44	45
1974	0	383	212	469	0	44	595	469	44
1975	800	347	15	587	0	56	1162	587	56
1976	37	5504	24	3689	0	207	5564	3689	207
1977	1799	388	32	5213	0	813	2218	5213	813
1978	473	682	631	4461	0	465	1786	4461	465
1979	1190	223	406	10826	0	490	1819	10826	490
1980	2128	1348	781	8909	0	21	4257	8909	21
1981	874	61	973	12765	0	357	1908	12765	357
1982	759	54	1587	9202	0	35	2400	9202	35
1983	517	23	1092	10031	0	28	1632	10031	28
1984	621	39	5019	10104	0	46	5679	10104	46
1985	326	59	723	2110	22849	87	1108	24959	87
1986	278	52	251	2083	21078	1088	581	23161	1088
1987	369	130	408	1218	19803	2272	907	21021	2272
1988	128	87	562	2734	16532	894	777	19266	894
1989	45	11	2297	1635	19683	1496	2353	21318	1496
1990	157	32	1045	618	11030	2112	1234	11648	2112
1991	736	38	2196	2912	11343	2523	2970	14255	2523
1992	1948	264	2953	821	17769	2069	5165	18590	2069
1993	828	265	2106	445	14056	1631	3199	14501	1631
1994	369	97	1001	795	17912	2011	1467	18707	2011
1995	229	167	526	1265	21762	1428	922	23027	1428

**Xnor<sup>1</sup>**: Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA en los puertos Puerto Montt, Calbuco y Ancud

**Xsur<sup>2</sup>**: Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA en los puertos de Castro y Quellón

**XI<sup>3</sup>** : Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA en el puerto de Aysén.



**Tabla 4.** Proporción de las capturas muestreadas por zonas proyecto “Seguimiento de Recursos Bentónicos” realizado por IFOP, periodo 1996 – 2015.

Años	Xnor	Xsur	XI	TOTAL	Prop. Xnor	Prop. Xsur	Prop. XI
1996	288	996	5426	6710	0.04	0.15	0.81
1997	291	2201	2055	4547	0.06	0.48	0.45
1998	169	549	3156	3874	0.04	0.14	0.81
1999	172	1927	6475	8574	0.02	0.22	0.76
2000	161	2651	12759	15571	0.01	0.17	0.82
2001	212	1513	11464	13189	0.02	0.11	0.87
2002	577	2290	9015	11881	0.05	0.19	0.76
2003	519	1111	7241	8870	0.06	0.13	0.82
2004	538	2481	6465	9484	0.06	0.26	0.68
2005	438	2904	8291	11633	0.04	0.25	0.71
2006	289	2524	6596	9409	0.03	0.27	0.70
2007	443	2289	2489	5221	0.08	0.44	0.48
2008	718	2569	3282	6569	0.11	0.39	0.50
2009	730	3506	4477	8713	0.08	0.40	0.51
2010	797	2584	2924	6305	0.13	0.41	0.46
2011	1221	2243	7579	11043	0.11	0.20	0.69
2012	1009	1293	6989	9292	0.11	0.14	0.75
2013	877	1454	6251	8582	0.10	0.17	0.73
2014	678	1601	6039	8318	0.08	0.19	0.73
2015	503	2111	6538	9152	0.05	0.23	0.71

De acuerdo a lo anterior, los desembarques proporcionados en función del monitoreo de IFOP en cada zona se detallan en la **Tabla 5**



**Tabla 5.** Capturas históricas por zonas proporcionadas al muestreo realizado por IFOP periodo 1960–2015

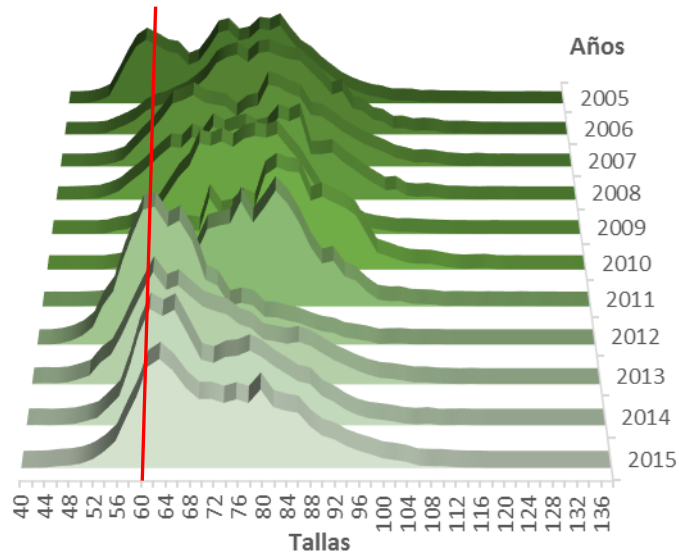
Años	Xnor	Xsur	XI	TOTAL	Años	Xnor	Xsur	XI	TOTAL
1960	1090	0	0	1090	1988	2098	6293	12585	20975
1961	1246	0	0	1246	1989	2520	7559	15119	25198
1962	1910	0	0	1910	1990	1502	4506	9012	15020
1963	2104	0	0	2104	1991	1935	5804	11609	19348
1964	2511	0	0	2511	1992	2586	7759	15518	25863
1965	1717	0	0	1717	1993	1938	5814	11627	19379
1966	1745	0	0	1745	1994	2226	6679	13357	22262
1967	1851	60	38	1949	1995	2545	7636	15271	25452
1968	2215	186	67	2468	1996	947	3276	17843	22066
1969	2250	714	42	3005	1997	1050	7942	7414	16406
1970	1488	925	21	2434	1998	583	1900	10911	13394
1971	1082	2447	8	3537	1999	492	5519	18548	24559
1972	3133	365	42	3540	2000	339	5560	26761	32660
1973	2004	44	45	2092	2001	469	3352	25398	29219
1974	595	469	44	1108	2002	1495	5935	23362	30792
1975	1162	587	56	1805	2003	1077	2307	15033	18417
1976	5564	3689	207	9460	2004	1104	5089	13259	19452
1977	2218	5213	813	8244	2005	733	4860	13874	19467
1978	1786	4461	465	6712	2006	483	4226	11043	15752
1979	1819	10826	490	13135	2007	1466	7569	8230	17265
1980	4257	8909	21	13187	2008	1929	6902	8818	17649
1981	1908	12765	357	15030	2009	1570	7537	9625	18732
1982	2400	9202	35	11637	2010	2027	6574	7438	16039
1983	1632	10031	28	11691	2011	2025	3718	12565	18308
1984	5679	10104	46	15829	2012	1946	2495	13479	17920
1985	3035	9104	18209	30348	2013	1958	3247	13963	19168
1986	2489	7467	14934	24890	2014	1491	3524	13288	18303
1987	2421	7263	14527	24211	2015	813	3416	10577	14806

- **Composiciones de tallas**

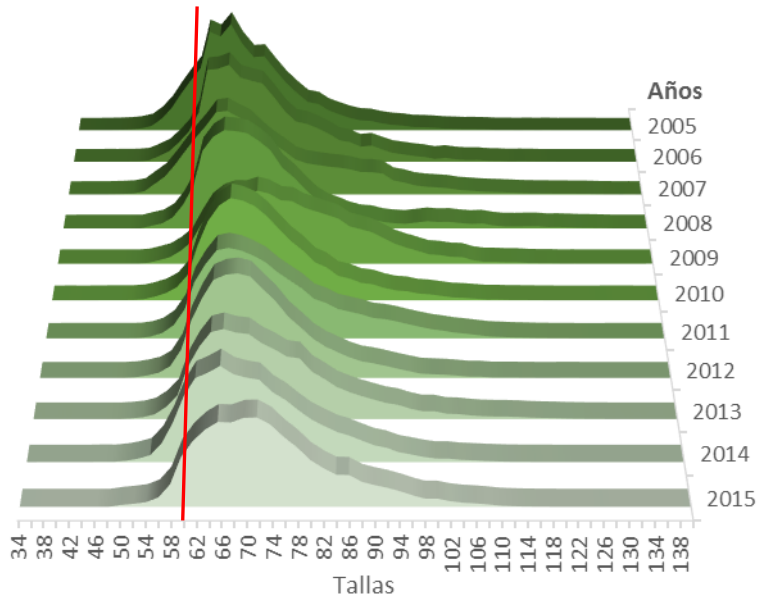
La información sobre la estructura de tallas proviene del Proyecto Seguimiento de Recursos Bentónicos ejecutado por IFOP desde 1987 hasta 2015. Las composiciones de tallas están ponderadas a las capturas y referidas a las zonas definidas en función de los polígonos de capturas. **Las Figuras 3 y 4** muestran la proporción de las capturas de Xnor, Xsur y XI respectivamente.



## Xnor

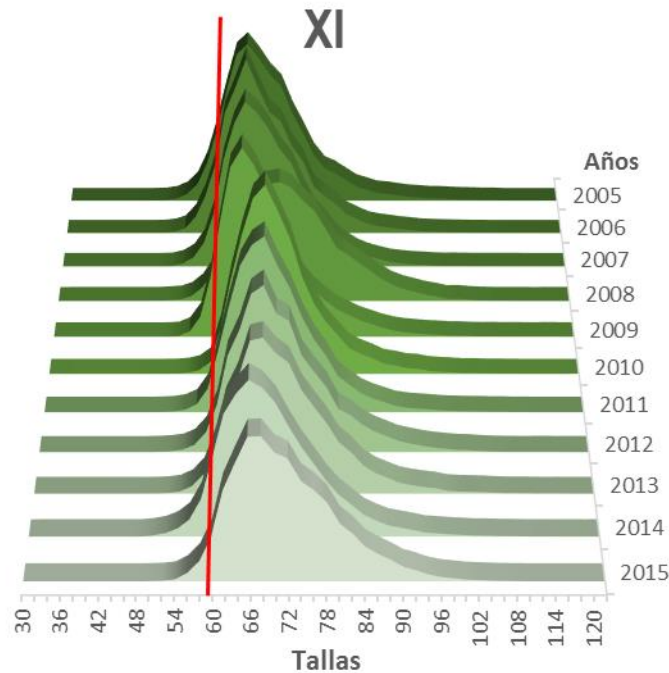


## Xsur





**Figura 3.** Proporción de las tallas observadas según muestreo biológico de IFOP Xnor y Xsur periodo 2005 – 2015. La línea roja representa la Talla Mínima Legal (TML) de 60 mm diámetro de testa.



**Figura 4.** Proporción de las tallas observadas según muestreo biológico de IFOP en XI periodo 2005 – 2015. La línea roja representa la Talla Mínima Legal (TML) de 60 mm diámetro de testa.

### 3.2.3. Parámetros biológicos (crecimiento, madurez, L/W, y M)

El crecimiento se considera instantáneo a inicios de cada año y el modelo de Von Bertalanffy se parametriza en términos de la talla del primer grupo de edad, de manera que las tallas a la edad sucesivas se calculan siguiendo la fórmula de Ford-Walford. El desove se supone ocurre de manera instantánea a fines de noviembre ( $dt=0.91$ ) mientras la tasa de mortalidad natural fue estimada en base a Shepherd and Breen (1992) en  $M=0.25$ . Las **Tablas 6 y 7** muestran los parámetros de crecimiento y biológicos utilizados en la evaluación



**Tabla 6.** Parámetros de crecimiento considerados en el análisis.

Parámetros	Fuente
$L_{\infty} = 119.85$ $k = 0.139$	Melo (FIP 97-30) X Región (Hueihue) Bandas crecimiento placas genitales
$L_{\infty} = 141.2$ $k = 0.127$	Gebaguer y Moreno 1995)X REGIÓN (MEHUIN) Bandas crecimiento placas genitales
$L_{\infty} = 132.8$ $k = 0.08$	Gebaguer y Moreno 1995)X REGIÓN (MEHUIN) Bandas crecimiento placas genitales

**Tabla 7.** Parámetros biológicos considerados en la evaluación de stock del erizo.

Parámetro	Valor
Rango de edades	1-12+ años
Rango de tallas	30-140 mm
M (1/año)	0.25
Factor de condición (X;XI)	0.0017; 0.0026
Coef. isometría (X;XI)	2.65; 2.53
L50%ms	43.3 mm
	a=7.90, b=0.18



### 3.2.4 Modelado de datos y supuestos

- **Rendimiento de pesca y CPUE**

Para la obtención de un índice de abundancia, se utilizaron modelos lineales generalizados (GLM; McCullagh & Nelder, 1989) donde el valor esperado de la captura (kg) por hora de buceo (CPUE) se supone explicada por un arreglo de factores siguiendo una combinación lineal de la forma:

$$E(CPUE_{y,t,z,p}) = g^{-1}(cte + A_y + T_t + Z_z + P_p + \sigma_{y,t,p,z})$$

Donde  $g$  es la función de enlace,  $A$  es el factor año,  $T$  el factor trimestral,  $Z$  la zona,  $P$  la profundidad y  $\sigma$  es el término de error aleatorio. El análisis de devianza permitió evaluar la importancia de cada efecto en cada subregion de evaluación, y en algunos casos como es la zona X norte, se analizó la interacción de primer orden Año\*profundidad sobre la base de evidencias de mejoras en el rendimiento de pesca anual debido a cambios en la profundidad. El efecto anual en su escala exponencial  $\exp(A)$  fue considerado como índice de abundancia para efectos de la evaluación de stock.

El tratamiento de los datos consideró como rangos de profundidad los intervalos <15 m; 16-30 m; 31-45 m; y > 45 m) así como la exclusión de los registros superiores 300 kg/hora de buceo y aquellos por debajo 5 kg/hora, esto en base al conocimiento de terreno respecto del régimen operacional del buceo extractivo.

- **Modelo de evaluación**

Los datos de composiciones de tallas, desembarques y CPUE de erizo son analizados a través de un modelo estadístico de captura a la edad con datos en tallas denominado MODBENTO (Canales *et al.*, 2013) y codificado en ADMB (Automatic Differentiation Model Builder). La dinámica poblacional es modelada en edades pero se utilizan las composiciones de tallas de las capturas como observaciones. El modelo supone que el erizo presenta en cada unidad de análisis un stock cerrado y una población compuesta por no más de 12 grupos de edades, donde el reclutamiento (segundo año de edad) es el resultado del “desove” de conjunto de bancos vecinos y su sobrevivencia es modulada principalmente por cuestiones ambientales, lo que significa que los reclutamientos responden a procesos principalmente estocásticos donde la función stock-recluta es difusa.

La captura es estimada en edades y luego transformada a la talla por medio de un arreglo probabilístico edad-talla que describe la probabilidad condicional de la talla en cada grupo de edad.



Las variaciones anuales de las composiciones de tallas reflejan los procesos de explotaci3n talla especifcos (selectividad) y del aporte de reclutamientos anuales a la talla, mientras que la CPUE es el reflejo tanto de las variaciones en la biomasa explotable como de los cambios en capturabilidad. Se supone que el reclutamiento ocurre a inicios de cada a1o, el que de acuerdo con los par3metros de crecimiento y desviaci3n est3andar, estar3a distribuido sobre cierto rango de tallas en torno a los 54 mm.

El modelo est3a basado en un conjunto de par3metros supuestos conocidos (h3per-prior) y otros desconocidos que son el objeto del proceso de estimaci3n. La estimaci3n se sustenta en la maximizaci3n de la distribuci3n a posteriori de los par3metros y por ende se consideran funciones de verosimilitud como expresi3n del error de observaci3n as3 como distribuciones a priori o penalizaciones en algunos par3metros de inter3s. La **Tabla 8** muestra el modelado de la din3mica poblacional estructurado en edades con observaciones en talla.

**Tabla 8.** Detalles del modelo MODBENTO empleado para la evaluaci3n del stock del erizo X y XI regiones

Objetivos, supuestos y prior	Ecuaci3n
<p><u>Sobrevivencia</u></p> <p><math>a</math> es la edad y <math>t</math> es el a1o (1960-2015). La edad comprende los grupos [2,3... 13+].</p> <p>A=13 (edad plus)</p>	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1}S_{a-1,t-1}$ $N_{A,t} = N_{a-1,t}S_{a-1,t-1} + N_{A,t-1}S_{A,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<p><u>Mortalidad total</u></p> <p><math>F_t</math> es el efecto anual o mortalidad por pesca de completo reclutamiento.</p> <p>M es la mortalidad natural anual y <math>\Psi</math> la selectividad</p>	$Z_{a,t} = M + F_t\psi_a$
<p><u>Selectividad</u></p> <p>Donde A50 es la edad al 50% de retenci3n y <math>s</math> el par3metro de dispersi3n</p>	$\psi_{a,t} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_1^2}\right] & a \leq A50 \\ \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_2^2}\right] & a > A50 \end{cases}$



**Continuacion Tabla 8**

<p><u>Población inicial</u> (en equilibrio)</p>	$N_{a,t=1} = R_0 e^{-\sum_{i=1}^{a-1} Z_{i,1}}$ $N_{A,t=1} = N_{A,t=1} / (1 - e^{-Z_{A,1}})$ $BD_0 = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t=1}) w_l O_l$
<p><u>Reclutamiento anual</u> <math>\sigma_R^2 = 0.6</math> h=0.8 (supuesto)</p>	$N_{a=1,t>1} = \frac{\alpha BD_{t-1}}{\beta + BD_{t-1}} e^{\delta_t + 0.5\sigma_R^2}$ $\alpha = \frac{4hR_0}{(5h-1)}; \beta = \frac{(1-h)BD_0}{(5h-1)}$
<p><u>Capturas estimadas en edad y año</u></p>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<p><u>Capturas estimadas por tallas y año</u></p>	$\hat{C}_{l,t} = P_{l,a} C_{a,t}$
<p><u>Probabilidad de la talla a la edad</u> Donde: l es la talla, <math>L_{00}</math> y k los parámetros de crecimiento (k anual), <math>\sigma</math> la desviación de la talla a la edad y cv el coeficiente de variación.</p>	$P_{l,a} = \int_{l_1}^{l_2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_a^2}(l - L_a)^2\right\} dl$ $L_a = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_{a-1}$ $\sigma_a = \phi + cv L_a$
<p><u>Desembarques en peso</u> <math>w_l</math> es el peso teórico a la talla supuesto invariante entre años</p>	$\hat{Y}_t = \sum_l C_{l,t} w_l$
<p><u>Biomasa anual y desovante</u> <math>O_l</math> corresponde a la ojiva de madurez sexual a la talla. BD es la biomasa desovante</p>	$B_t = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t}) w_l$ $BD_t = \sum_l (P_{l,a} [N_{a,t} e^{-0.91Z_{a,t}}]) w_l O_l$
<p><u>Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)</u> q es la capturabilidad, b el parámetro de hiper-estabilidad y el factor 0.5 corresponde a la mitad del año.</p>	$CPUE_t = q \left[ \sum_l P_{l,a} (N_{a,t} \psi_a e^{-0.5Z_{a,t}}) w_l \right]^b$
<p><u>Proporción de la captura a la talla</u></p>	$\hat{p}_{l,t} = \frac{P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}{\sum_l P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}$





Continuaci3n Tabla 8

Modelo de los errores y funci3n objetivo	
Funci3n/fuente	-log-verosimilitud
<u>Índice de abundancia y desembarques</u> $\sigma_I$ es la desviaci3n est3ndar del índice o desembarques en escala logarítmica (logaritmo natural)	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_I^2} \sum_t \left( \frac{\log \hat{I}_t}{\log I_t} \right)^2 + cte$
<u>Proporci3n de la captura a la talla</u> Corresponde a las capturas a la talla o de edades, y $n^a$ es el tama1o de muestra efectivo empleado para las edades y $n^l$ para las tallas.	$-l(p) = n p_{l,t} \ln \hat{p}_{l,t}$
<u>Funci3n objetivo</u> M3ximo a posteriori: Corresponde al negativo de las sumas de log-verosimilitud marginales m3s el logaritmo de las priors ( $\pi$ ), las que recaen sobre el error del proceso del reclutamiento, talla del reclutamiento y coeficiente de variaci3n de la talla a la edad	$\sum l(x) + \sum \pi(\theta)$ $\log(L_0) \sim N(54, 0.1)$ $\log(cv) \sim N(0.1, 0.1)$ $\delta_t \sim N(0, 0.6)$

- **Condiciones iniciales**

El modelado de datos se inicia en los a1os 60 donde la pesquería en general era incipiente y por ende supone al primer a1o de la evaluaci3n una condici3n virginal y en equilibrio en torno al reclutamiento medio de largo plazo. Esto significa que solo la mortalidad natural es el factor que explica la disminuci3n poblacional a partir del reclutamiento.

- **Reclutamientos**

Los reclutamientos anuales corresponden al grupo de individuos que de una misma edad, comienzan a ser explotados pr3ximo a la talla legal de capturas. Estas son variables aleatorias tomadas desde una relaci3n stock/recluta tipo Beverton & Holt con error de proceso. Estos desvíos responden a un proceso multiplicativo que en escala logarítmica son representados por una distribuci3n normal con media 0 y desviaci3n  $\sigma_R$ . En t3rminos pr3cticos, esto significa que pudiendo



existir vínculo entre desovantes y reclutas, esta relación está perturbada por procesos aleatorios ligados a cuestiones ambientales y ecológicas, como es el hecho que en recursos bentónicos predomina el concepto de metapoblación donde el aporte de gametos desde bancos vecinos constituyen la masa crítica de larvas sujetas a las condiciones ambientales pre-asentamiento. El modelo S/R es parametrizado en términos del reclutamiento virginal y la pendiente o escarpamiento es supuesta en  $h=0.8$ .

- **Selectividad y mortalidad por pesca**

En el modelo de evaluación la selectividad sigue un modelo doble normal pero ajustado a una forma logística, lo que significa que el grueso de la explotación a la talla está dominada por la demanda de ciertos calibres objeto de la búsqueda de buzos mariscadores para su posterior explotación. Como edad de primera captura se considera individuos entre los 5 y 6 años de edad dependientes del modelo de crecimiento, aunque este parámetro es estimado más tarde por el modelo de evaluación incluyendo bloques de selectividad.

Al respecto, la inclusión de bloques de selectividad persigue por una parte, reducir el efecto de auto-correlación en el proceso de ajuste del modelo y por otra, incorporar de manera explícita el comportamiento del buzo en la búsqueda de nuevas áreas de extracción ya sea en términos batimétricos o latitudinales.

### **Xnor**

En esta zona el erizo es orientado principalmente al consumo en “fresco” (erizo de embarque). El esfuerzo de pesca es restringido por sobre los 25-30 m de profundidad, no obstante la explotación puede llegar a los 60 m en ciertas regiones donde existen individuos de mayor tamaño. Esto supone que la explotación disminuiría hacia los individuos más grandes conforme se ubican a mayor profundidad, con lo cual la población desovante podría ser mayor a la explotable debido a la menor vulnerabilidad de los más grandes (efecto selectivo tipo domo). Las tallas fueron proporcionadas a los desembarques ya que con el paso del tiempo la orientación de esfuerzo de pesca ha presentado cambios en cuanto a su tamaño de selección.

El patrón en explotación habría variado en torno a los años 2002-2003 producto principalmente de la orientación del esfuerzo de pesca hacia la industria. Asimismo, el año 2010 entra en vigencia una Talla Mínima Legal (TML) de 60 mm DT (antes era de 70 mm DT), lo cual pudo haber tenido impacto en el patrón de explotación talla-específico.



### Xsur

En esta zona no se identifica el patr3n batim3trico del aumento en la talla promedio observada en la X norte, por lo que el patr3n de explotaci3n debiera seguir un modelo log3stico.

### XI

En esta zona el producto es orientado solo a la industria. No hay mayor producci3n al consumo en fresco y bajas evidencias de bancos profundos con individuos grandes. El a3o 2005 entra en vigencia una TML 60 mm DT y esta deberia tener impacto en el patr3n de explotaci3n. **La Tabla 9** muestra los bloques de patr3n de explotaci3n por zonas

**Tabla 9.** Bloques de selectividad considerados en la evaluaci3n de stock de erizo.

Regi3n	Bloque de selectividad	Fundamento
Xnor	1960-2002 2003-2013	Variaci3n en el rango batim3trico
Xsur	1960-2013	
XI	1960-2003 2004-2013	Variaci3n en el rango latitudinal

- **Capturabilidad**

La explotaci3n de recursos bent3nicos a menudo se resume en la explotaci3n secuencial de bancos vecinos a trav3s del tiempo, esto motivado principalmente por la b3squeda de mejores rendimientos y calibres. En forma natural se provoca el "reposo" de bancos a la espera de su recuperaci3n, de manera que en el rendimiento global o Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) a trav3s del tiempo deberia considerar la hiper-estabilidad. La hiper-estabilidad se manifiesta a trav3s de una tasa de disminuci3n de la CPUE mucho menor que el de la poblaci3n verdadera. En el caso del erizo se supone que este proceso ocurre y entonces la CPUE se supone funci3n de la biomasa explotable sujeta a un par3metro de escala y otro de poder ( $b < 1$ ). De igual modo, la capturabilidad se ha visto afectada por el proceso de eficiencia y cambio de zonas de pesca, por lo que el aumento de la CPUE no siempre se relaciona con el incremento poblacional ni con cambios en la selectividad. Al



respecto y sobre la base del juicio experto se han propuesto bloques de capturabilidad que se resumen en siguiente tabla (**Tabla 10**)

**Tabla 10.** Bloques de capturabilidad de la CPUE considerados en la evaluación de stock de erizo.

Región	Bloque de capturabilidad	Fundamento
X nor	1960-2003	Variación en el rango batimétrico
	2004-2008	
	2009- 2010	
	2011-2013	
X sur	1960-2013	
XI	1960-2000	Variación en el rango latitudinal
	2001-2003	
	2004-2007	
	2008-2011	
	2012-2013	

- **Peso estadístico de la información**

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

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

Donde  $nm$  corresponde al tamaño efectivo muestral,  $\hat{p}$  y  $p$  representan las proporciones observadas y predichas. El proceso se inicia con un valor arbitrario de tamaños de muestra para



luego de repetidos ajustes del modelo, llegar a valores estables que son los empleados en esta evaluaci3n de stock. A menudo es deseable verificar estas estimaciones cuando en el modelo se van integrando nuevas composiciones de tallas o como estos valores pueden variar dependiendo de cambios en los supuestos del modelo. La **Tabla 11** muestra los ponderadores utilizados

**Tabla 11.** Factores de ponderaci3n empleados para la informaci3n de entrada al modelo de evaluaci3n de erizo por Regi3n

Regi3n	sd(logCPUE)	sd(logC)	nm(P.Tallas)*
X norte	0.2	0.05	50
X sur	0.2	0.05	50
XI	0.2	0.05	280

(\*) Estimados en base a Gavaris y Ianelli (2002)

- **Análisis de sensibilidad**

La evaluaci3n de stock est1 limitada al conocimiento y a la informaci3n disponible. A menudo no se dispone de todos los datos o informaci3n que permita verificar los supuestos, de manera que es necesario establecer hip3tesis adecuadas respecto de las principales fuentes de incertidumbre y comparar su efecto respecto de la evaluaci3n de la poblaci3n. En este trabajo se consideran como principales fuentes de incertidumbre o escenarios de modelado los par1metros de crecimiento, valores de steepness de la relaci3n stock – recluta y los rangos de etarios de la poblaci3n (**Tabla 12**).

**Tabla 12.** Par1metros considerados para cada escenario de evaluaci3n de stock. Se subrayan la diferencia en par1metros

	<u>L<sub>∞</sub></u>	<u>K</u>	<u>M</u>	<u>h</u>	<u>Edad</u>	<u>Observaciones</u>
Base	119.85	0.139	0.25	0.8	12	
s1	<u>141.2</u>	<u>0.127</u>	<u>0.22</u>	0.8	12	
s2	119.85	0.139	0.25	<u>0.95</u>	12	
s3	119.85	0.139	0.25	<u>0.5</u>	12	
s4	119.85	0.139	0.25	0.8	<u>10</u>	
s5	119.85	0.139	0.25	0.8	<u>14</u>	
s6	119.85	0.139	0.25	0.8	12	<u>Capturas 2005 - 2015</u>



El escenario base es el cual se realizan las estimaciones dentro del modelo de evaluaci3n y actualizado con la informaci3n al a1o 2015. El escenarios 2 investiga el efecto de la incertidumbre de los par3metros de crecimiento, el escenario 3 examina la situaci3n de un recurso con mayor resiliencia mientras el escenario 4 considera una situaci3n donde el recurso tenga poca capacidad de recuperaci3n en t3rminos de abundancia en el largo plazo. Los escenarios 5 y 6 se hacen cargo de la estructura etaria ante diferentes rangos de edad del erizo y el escenario 6 incluye la serie de desembarques observadas y reconocidas como "verdaderas" desde el a1o 2005 – 2015, sin ser proporcionadas mediante la metodolog3a propuesta.

Estos escenarios fueron evaluados en las 3 zonas y ayudaran a inferir el grado de incertidumbre en el cual esta inserta la evaluaci3n del modelo y su ajuste a los datos observados.



### 3.3. RESULTADOS

#### 3.3.1. Estandarización de la CPUE

El análisis de la devianza muestra que, en la zona norte, el modelo de la familia gamma con interacción año\*profundidad explica de mejor forma la variabilidad en el modelado de la CPUE con un 29.61%. En la zona sur, el modelo que mejor captura la variabilidad del índice relativo también es el de la familia gamma, explicando un 15.70% sobre el modelo nulo. Finalmente, en la estandarización de la CPUE en la XI región, el modelo que mejor explica la varianza del índice es el de un modelo “log-normal” con enlace “identidad”, en donde la covariable año\*profundidad también logra explicar en parte este índice. Las **Tablas 13, 14 y 15** muestran los resultados del modelado en la estandarización de la CPUE

**Tabla 13.** Análisis de devianza de los modelos GLM aplicados a los datos de la pesquería de erizo Xnor

Log-normal (link=identidad)					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			55968	18850	8.01%
zona	1	1510.82	55967	17339	12.93%
year	19	2437.13	55948	14902	6.11%
profund	3	1151.62	55945	13750	0.07%
trim	3	13.97	55942	13736	0.00%
					<b>27.13%</b>
Log-normal (enlace=identidad, interacción año*profundidad)					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			55968	18850	
zona	1	1510.82	55967	17339	8.01%
year	19	2437.13	55948	14902	12.93%
profund	3	1151.62	55945	13750	6.11%
trim	3	13.97	55942	13736	0.07%
zona:year	14	79.1	55928	13657	0.42%
					<b>27.55%</b>
Gamma (link=log, interaccion año*profundidad)					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			55968	15055	
year	19	1591.53	55949	13464	10.57%
profund	3	1471.69	55946	11992	9.78%
zona	1	610.66	55945	11381	4.06%
trim	3	11.53	55942	11370	0.08%
year:profund	54	772.69	55888	10597	5.13%
					<b>29.61%</b>



**Tabla 14.** Análisis de devianza de los modelos GLM aplicados a los datos de la pesquería de erizo Xsur

<b>Gamma(link = log)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			33567	13492	
profund	3	189.37	33564	13303	1.40%
year	19	1256.53	33545	12046	9.31%
zona	2	114.09	33543	11932	0.85%
trim	3	43.85	33540	11888	0.33%
					<b>11.89%</b>

<b>Log-normal (enlace=identidad, interacción año-profundidad)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			33567	17046	
zona	2	73.34	33565	16972	0.43%
year	19	1778.65	33546	15194	10.43%
profund	3	21.64	33543	15172	0.13%
trim	3	139.58	33540	15032	0.82%
zona:year	37	109.61	33503	14923	0.64%
					<b>12.45%</b>

<b>Gamma (link=log, interaccion año*profundidad)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			33567	13492	
year	19	1354.06	33548	12138	10.04%
profund	3	91.85	33545	12046	0.68%
zona	2	114.09	33543	11932	0.85%
trim	3	43.85	33540	11888	0.33%
year:profund	48	514.8	33492	11373	3.82%
					<b>15.70%</b>





**Tabla 15.** Análisis de devianza de los modelos GLM aplicados a los datos de la pesquería de erizo XI

<b>Log-normal (link=identidad)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			23070	32569	
zona	5	592.9	23065	31976	1.82%
year	19	21596.2	23046	10380	66.31%
profund	3	12.7	23043	10367	0.04%
trim	3	23.1	23040	10344	0.07%
					<b>68.24%</b>

<b>Gamma(link = log)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			23070	24657	
profund	3	41.72	23067	24616	0.17%
year	19	11653.71	23048	12962	47.26%
zona	5	984.20	23043	11978	3.99%
trim	3	32.40	23040	11945	0.13%
					<b>51.56%</b>

<b>Log-normal (enlace=identidad, interacción año-profundidad)</b>					
	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	% Dev explicada
NULL			23070	32569	
zona	5	592.90	23065	31976	1.82%
year	19	21596.20	23046	10380	66.31%
profund	3	12.70	23043	10367	0.04%
trim	3	23.11	23040	10344	0.07%
zona:year	71	1110.80	22969	9233	3.41%
					<b>71.65%</b>

La **Figura 5** muestra la tendencia en el tiempo que ha tenido el índice relativo (CPUE) estimados mediante los Modelos Lineales Generalizados (GLM)

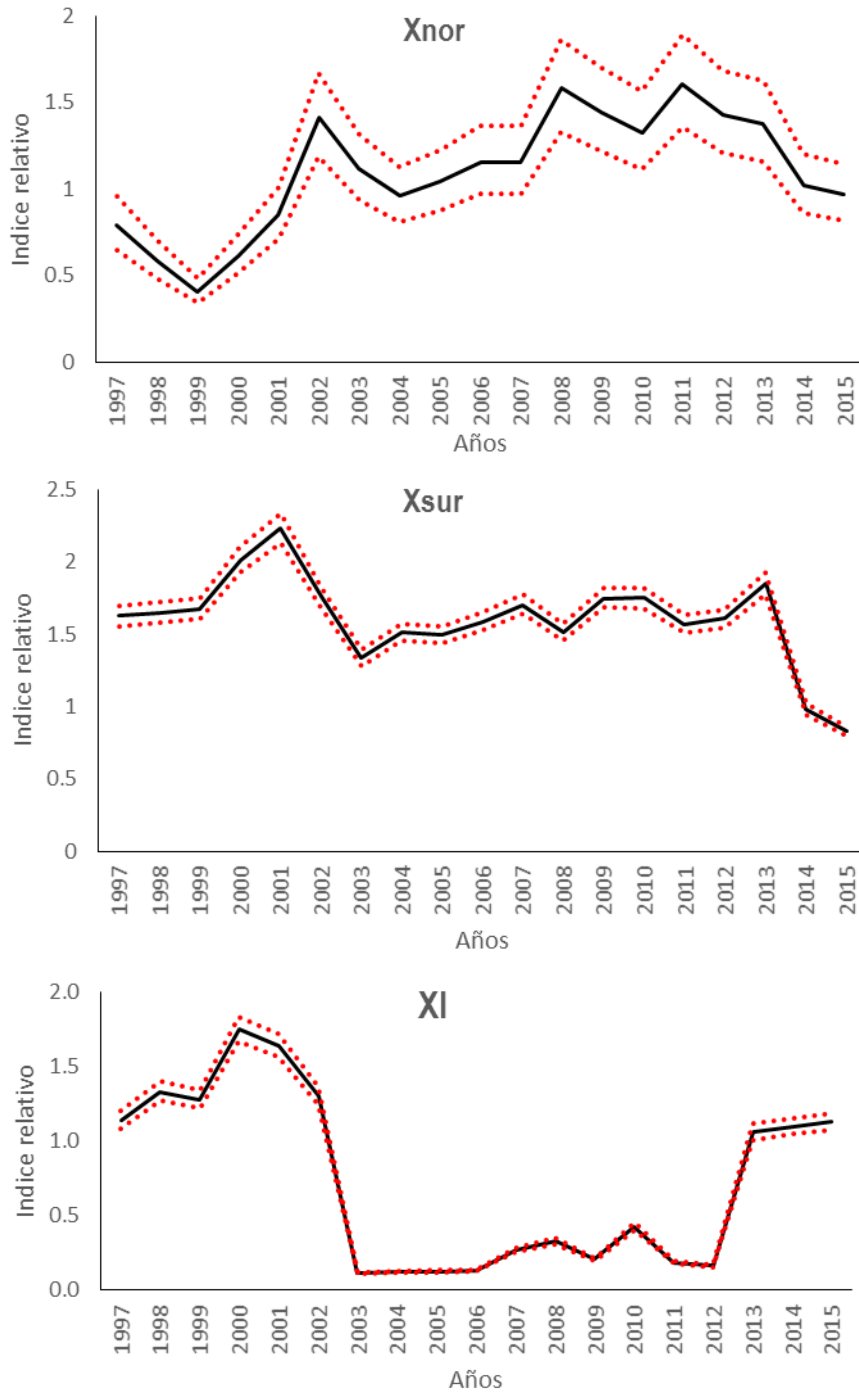


Figura 5. Índices de abundancia CPUE relativa de erizo por zona



### 3.3.2 Modelo de evaluación

#### X<sub>nor</sub>

La tendencia de la CPUE a lo largo de la serie analizada ha presentado variaciones debido a la eficiencia del esfuerzo (capturabilidad) orientado sobre ciertos sectores y permitiendo capturas en cortos periodo de tiempo y a baja profundidad. Esta característica no significa que la abundancia del recurso haya incrementado en la población. La talla media ha experimentado una baja considerable durante los últimos veinte años lo cual puede ser explicado por la venta del recurso a la industria que solicita individuos de menor tamaño para exportación. Por lo anterior es que se presentan cambios en el patrón de explotación en la pesquería, el cual tiene un impacto directo sobre la talla media observada para el año 2015 de 69 mm. El modelo reproduce correctamente estos cambios y parece indicar que no es necesario más de 8 grupos etarios para explicar la dinámica de la población. Las variables de interés poblaciones se presentan en las **Figuras 6 y 7**, y la **Tabla 16** muestra las estimaciones ajustadas mediante el modelo de evaluación

#### X<sub>sur</sub>

El comportamiento cíclico del índice relativo de abundancia (CPUE) es la principal característica de esta variable, la cual presenta altas y bajas a lo largo de la serie analizada, en estrecha relación con las tallas medias estimadas. En ambas variables el modelo captura de buena manera las tendencias y oscilaciones que estas han tenido en el tiempo. En esta zona la estructura de tallas se ha mantenido estable durante la historia de la pesquería, por esto no se consideran bloques de selectividad en la estimación de las tallas medias, por tanto los cambios en tallas e índices observados pueden explicarse a cambios en interanuales de la mortalidad por pesca. Las **Figuras 8 y 9** muestran el comportamiento de las variables de interés y las estimaciones de los parámetros de interés (**Tabla 17**)

#### XI

La CPUE en la XI región tuvo un máximo desde el análisis con datos disponibles en el año 1996 para luego decaer en el año 2003 y tener un alza hasta el año actual de evaluación. Hay que tener en consideración que esta alza no necesariamente responde a un incremento en la abundancia de individuos, sino que puede deberse al cambio de eficiencia por efecto del desplazamiento de las flotas cada vez más al sur de la región. El modelo reproduce las tallas medias observadas y los cambios de estas de acuerdo a los bloques de selectividad seleccionados. Al igual que en las otras regiones, el ajuste del modelo a las composiciones de tallas de las capturas es coherente con los datos no obstante efectos de correlación en el ajuste de estas. Las **Figuras 10 y 11** muestran el



cambio de las variables a través de la historia. La **Tabla 18** muestra las estimaciones de parámetros del modelo de evaluación



**Tabla 16.** Parámetros del modelo MODBENTO ajustado a la información de erizo en la Xnor.

---

Number of parameters = 121 Objective function value = 6104.96 Maximum gradient component = 0.00131854

# log\_L50:  
1.63355 1.16144

# log\_sigma1:  
-1.88100 -1.99686

# log\_sigma2:  
9.20000 9.20000

# log\_Ro:  
3.16934125729

# dev\_log\_Ro:  
0.0960219771682 0.107785519474 0.118966394192 0.130561985666 0.142494047267 0.156267072258 0.172019874514  
0.187181371553 0.200442908488 0.223548600188 0.247290996728 0.261736660804 0.274443747455 0.315737061277  
0.341105441640 0.365160016727 0.386402393776 0.443963720502 0.459117389190 0.516664879631 0.522101400764  
0.372277254637 0.350933493296 0.383511405098 0.411153331602 0.428889483043 0.409114478446 0.387545768000  
0.353717934442 0.273044579904 0.125268022682 -0.0959284391615 -0.262784226202 -0.180317913533 -1.58249078879 -  
1.45164080229 -1.43952406859 -1.60091173364 0.359967391085 -1.24305851020 -0.131699663314 -0.0982879773481 -  
0.0729517660991 -0.0898892634226 -0.643497644817 0.585003061494 0.211867742429 -0.519098709218 0.00266362094698 -  
0.311625648665 0.603925607378 -0.288455544072 -0.409591616365 -0.552337025426 0.0230973537746 0.0230973536346

# dev\_log\_No:  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000

# log\_F:  
-2.45344363112 -2.23664690753 -1.69641949402 -1.45060102108 -1.10911507635 -1.36971846019 -1.29979283028 -  
1.18858229445 -0.926828338814 -0.802814814102 -1.19123190577 -1.59888815457 -0.460600786779 -0.769866422594 -  
2.11779103899 -1.63235254131 0.275074239762 -0.273664014042 -0.597789689342 -0.732685990778 0.339622023008 -  
0.396260883084 -0.321993975731 -0.901596879426 0.69999855643 0.699999080596 0.605640032360 0.466710876974  
0.0806822222832 0.0948470303868 -0.636632636267 -0.589656101163 -0.298134888953 -0.551313129597 -0.335575647167  
0.149568256285 -0.663295412841 -0.718909859275 -1.14318699085 -1.14356656636 -1.41093853908 -0.921404372530 -  
0.175510789300 -1.00329130231 -1.02653738592 -1.54375300425 -2.07810397750 -1.04945179759 -0.890855241299 -  
1.01011131659 -0.550639277970 -0.320685850869 -0.305424841131 -0.363041762783 -0.386128827173 -0.883551455596

# log\_qflo:  
-7.70178384808 -8.09358461944 -7.92931441344 -7.55434436665

# log\_b:  
0.00000000000

# log\_Lo:  
3.91202300543

# log\_cv\_edad:  
-2.30258509299

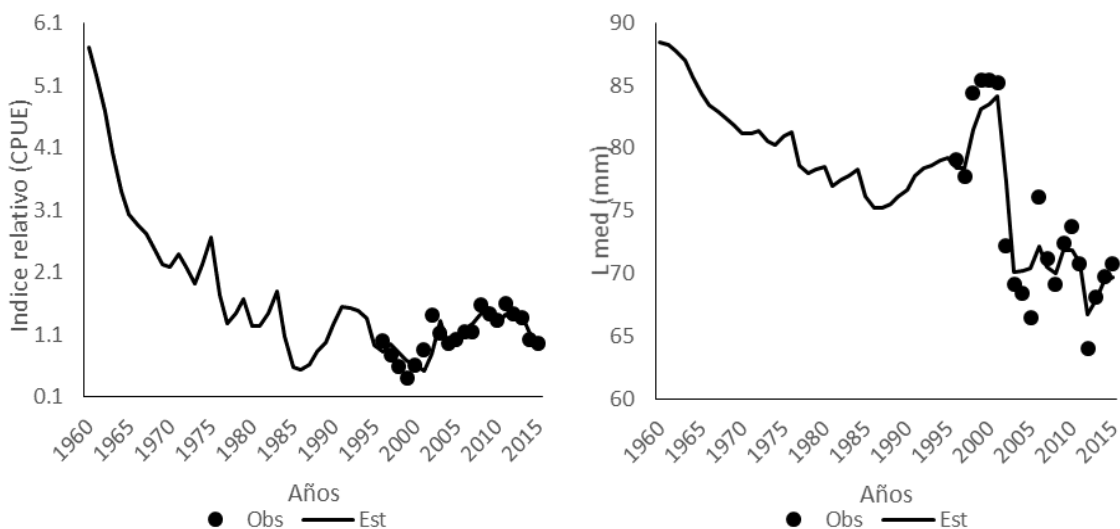


Figura 6. Ajuste del modelo a la información de CPUE y tallas promedio de erizo en la zona Xnor.

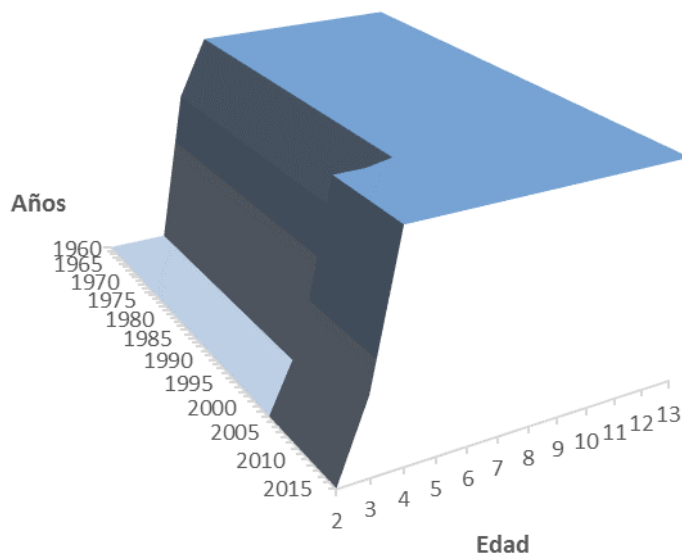


Figura 7. Patrón de explotación anual y por talla (selectividad), erizo Xnor



**Tabla 17.** Parámetros del modelo MODBENTO ajustado a la información de erizo en la **Xsur**.

---

Number of parameters = 114 Objective function value = 12847.0 Maximum gradient component = 0.000108645

# log\_L50:  
1.60944

# log\_sigma1:  
0.00000

# log\_sigma2:  
9.20000

# log\_Ro:  
4.60577250536

# dev\_log\_Ro:  
0.0219824723435 0.0251467995823 0.0289966823821 0.0336826553736 0.0394098001756 0.0463071248283 0.0546009531228  
0.0646892929404 0.0768058465392 0.0910351977851 0.105800109131 0.120980887035 0.136030186959 0.150397599103  
0.164805064053 0.176175469383 0.183722672774 0.205933248033 0.254847021139 0.351443577243 0.593346645579  
0.828818282812 1.06399339747 1.48201892838 -0.123740135627 -0.249373340289 0.342368020797 0.212490342547 -  
1.04754064299 -1.00727877066 -0.945796004043 -0.00834840033098 1.19665229591 0.116929024679 0.0315233162713 -  
0.270342443182 0.229422033855 -0.446736856825 -0.367933408627 -0.880397811139 -0.228091241279 0.669959496748  
0.385323832502 -0.00472281646766 0.631212250727 0.0384514592945 -0.136295778313 -0.00668724364862 -0.105052497940 -  
0.335469588419 -0.332138518989 -0.385837962541 -1.46619571338 -1.37856464763 -0.435756393615 0.00699822844308

# dev\_log\_No:  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000

# log\_F:  
-10.9105695341 -10.2174126889 -10.9107971814 -10.2190596103 -10.9149137375 -10.2248997434 -10.2284168463 -  
6.83066668327 -5.70169961021 -4.35435145194 -4.08846717922 -3.09633944021 -4.98818354244 -7.11815322294 -  
4.76669250916 -4.55335032669 -2.70059577315 -2.30227693959 -2.40348105616 -1.41102433605 -1.45394200174 -  
0.918028586844 -1.08910004042 -0.965295320695 -1.01734069714 -1.30506804956 -1.76288514769 -1.89026770087 -  
1.96175372317 -1.70874190836 -2.18296127548 -1.82939449639 -1.30495646806 -1.33466948032 -1.08804298308 -  
1.13245796906 -2.15400379119 -1.25269904072 -2.64013719362 -1.58959066722 -1.50081305714 -1.90003415987 -  
1.17598879437 -2.06205254587 -1.42420396216 -1.59915765716 -1.79717449918 -1.24436093009 -1.29966977123 -  
1.07836560400 -1.06947352834 -1.58121346395 -1.99579597945 -1.73104609836 -1.59688968552 -1.48879790512

# log\_qflo:  
-9.64369243755

# log\_b:  
0.00000000000

# log\_Lo:  
3.68887945411

# log\_cv\_edad:  
-2.30258509299

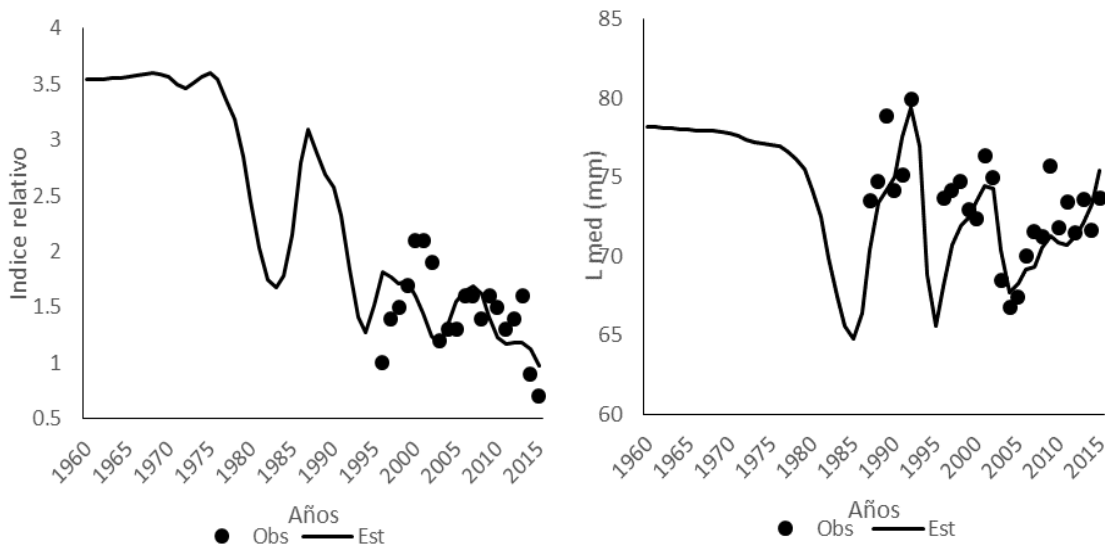


Figura 8. Ajuste del modelo a la información de CPUE y tallas promedio de erizo en la zona Xsur.

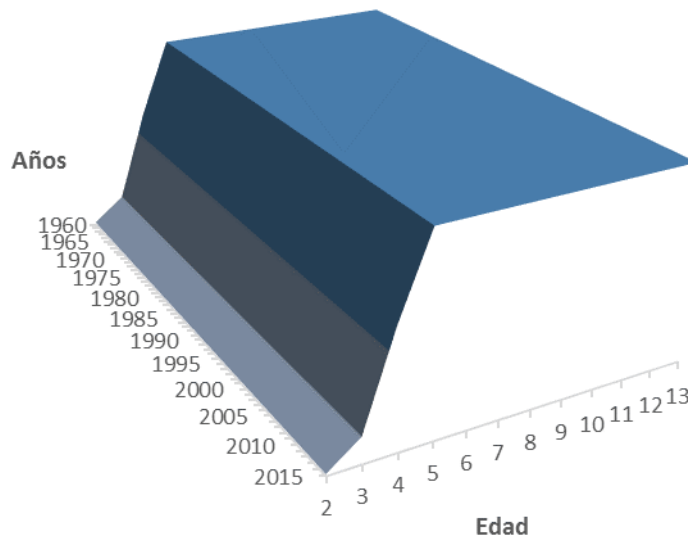


Figura 9. Patrón de explotación anual y por talla (selectividad), erizo Xsur





**Tabla 18.** Parámetros del modelo MODBENTO ajustado a la información de erizo en la **XI**

---

Number of parameters = 122 Objective function value = 11242.0 Maximum gradient component = 0.00197711

# log\_L50:  
1.65041 1.49348

# log\_sigma1:  
-1.80985 -1.73115

# log\_sigma2:  
9.20000 9.20000

# log\_Ro:  
5.22440855257

# dev\_log\_Ro:  
-0.0907541684226 -0.104907862144 -0.121743279804 -0.141677296324 -0.165169212499 -0.192671877290 -0.224534274800 -  
0.261270532656 -0.303420794910 -0.352134153349 -0.407632050325 -0.470729586142 -0.542409062835 -0.624365664187 -  
0.705412855254 -0.789614463310 -0.859751693517 -0.907326582030 -0.926618318418 -0.904917451183 -0.834553949219 -  
0.589447026852 0.963734543165 -0.115017322727 0.202969888637 0.866281310920 0.594567922608 0.0695830778975  
0.0418701140621 -0.0584918982828 -0.159428726078 0.442179755133 0.490278621370 0.715710362217 -0.0325741743814  
1.06057366470 0.917949897493 0.745609232242 -0.0337890814373 -0.0701382075836 -0.214803478003 0.433082099256  
0.0883255665830 0.399400163473 -0.600848272250 0.167624316261 0.293402539601 0.234222995426 0.344467484745  
1.04978152011 1.15614182117 0.782599587476 -0.188185003928 -0.0220060546224 -0.0220060546172 -0.0220060551609

# dev\_log\_No:  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000  
0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000 0.00000000000

# log\_F:  
-11.2694862438 -11.2694751841 -10.5763126586 -11.2694468233 -10.5711500191 -11.2518570374 -11.2380058343 -  
7.58498564884 -7.00060820430 -7.44874638649 -8.12142632201 -9.06400169990 -7.38043431812 -7.28296037236 -  
7.27351362509 -6.99639149877 -5.64723624112 -4.22590545131 -4.72458841590 -4.61059955568 -7.69997469783 -  
4.80520647970 -7.06765441307 -7.23938253066 -6.70153112093 -0.374298557642 -0.469284935642 -0.546205739306 -  
0.505537022354 -0.466471965429 -1.25774354806 -1.08913773209 -0.640279587019 -0.728556407183 -0.355461443656 -  
0.0539445077347 0.173984615214 -0.990862385189 -0.831712217504 -0.424017885989 -0.157023788111 -0.0543201676063  
0.404787578311 0.6999999998544 0.6999999994819 0.508969317796 0.339140272343 -0.433710401106 -0.0137935968225 -  
0.0395025406272 -0.588972998460 -0.101681941532 -0.0242489079514 -0.588989549457 -0.676024708870 -0.936008335265

# log\_qflo:  
-9.74715129184 -9.94390431151 -10.8245240803 -10.5754514990 -10.4874078790

# log\_b:  
0.00000000000

# log\_Lo:  
3.68887945411

# log\_cv\_edad:  
-2.30258509299

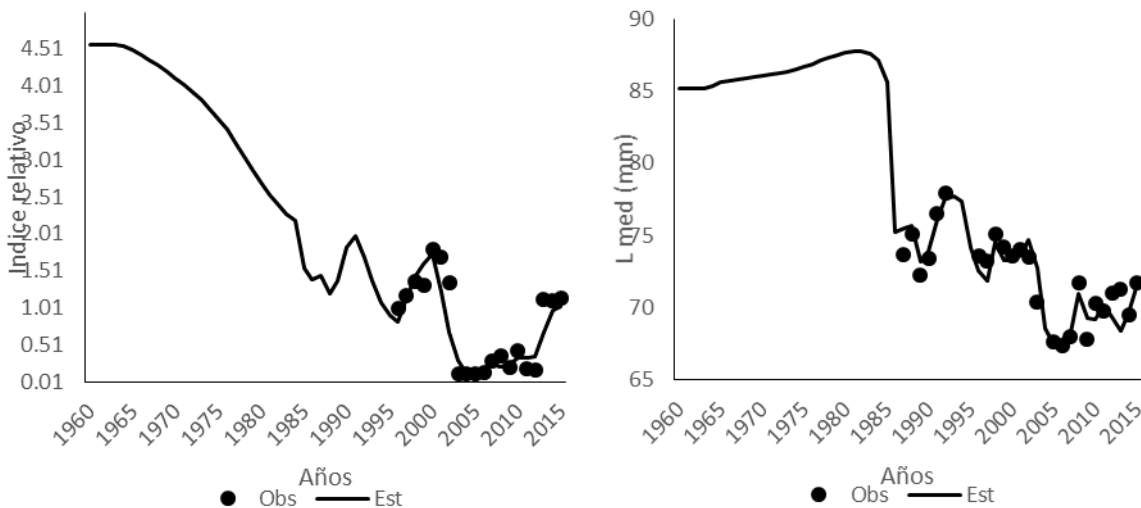


Figura 10. Ajuste del modelo a la información de CPUE y tallas promedio de erizo en la zona XI

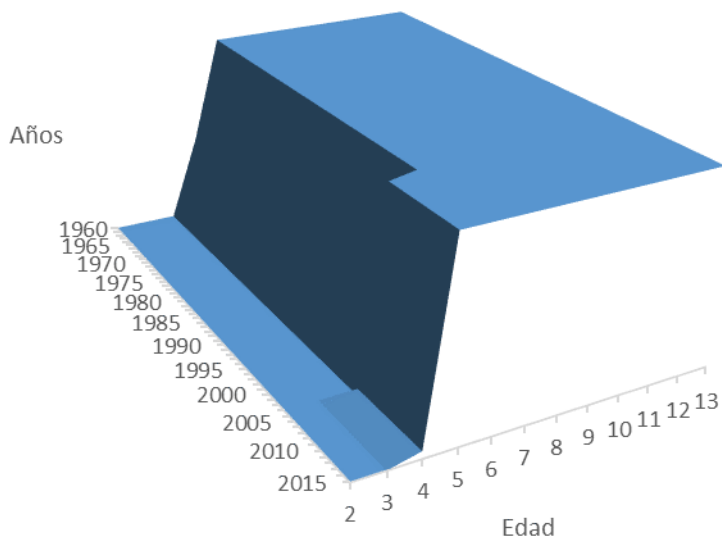
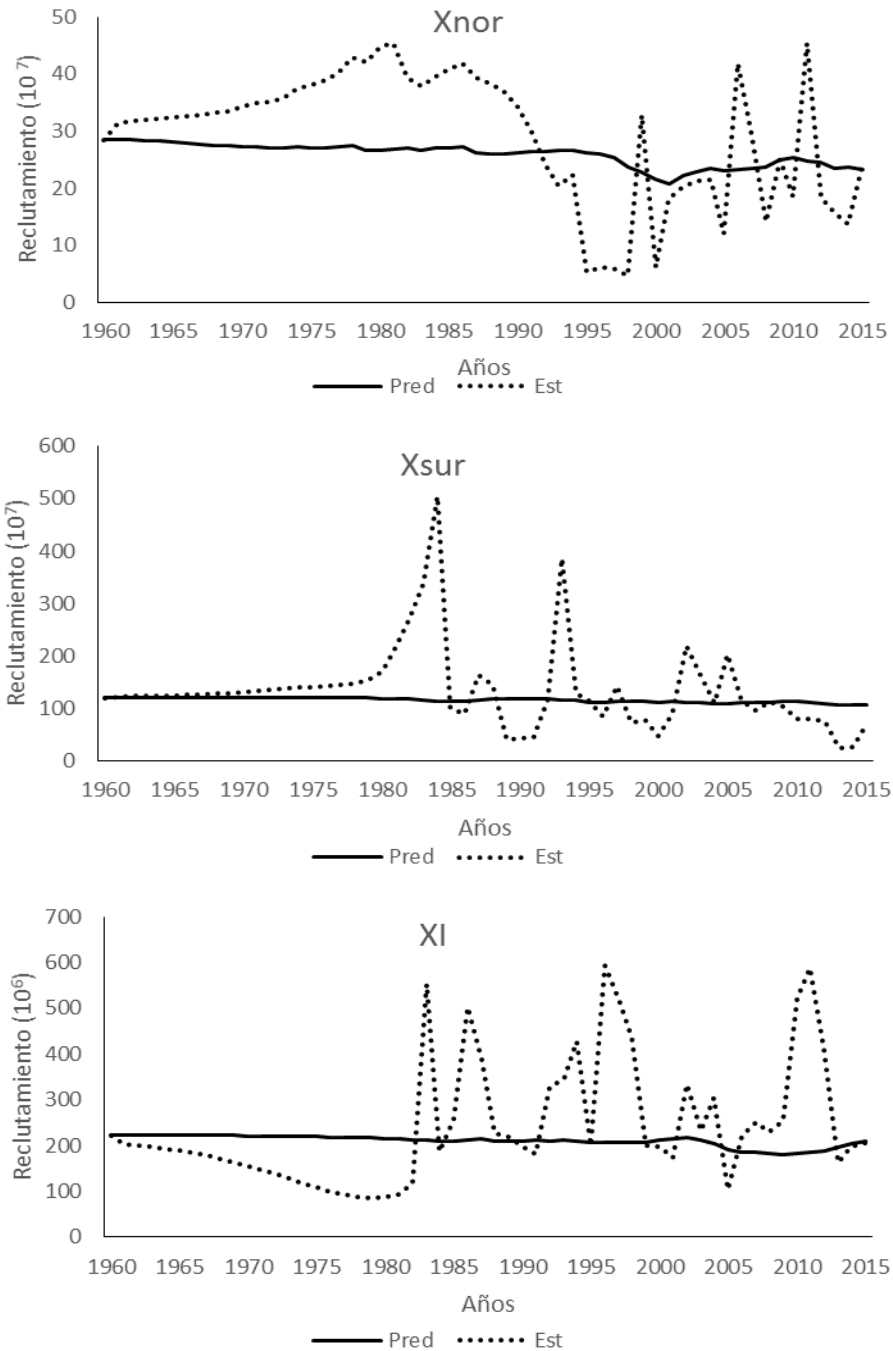


Figura 11. Patrón de explotación anual y por talla (selectividad), erizo XI

Los reclutamientos se muestran en la **Figura 12**, los cuales muestran un comportamiento diferente para cada zona propuesta, lo que indicaría una dinámica diferente en términos de densidad dependiente en cada unidad de stock



**Figura 12.** Series de reclutamientos de erizo estimados por zona. La línea punteada representa el modelo S/R de Beverton y Holt con  $h=0.8$ .



### 3.3.3. Variables poblacionales

El indicador de reducción poblacional expresado como la razón entre la biomasa desovante sobre la biomasa desovante virginal (BD/BDo) es significativamente distinto para las zonas sometidas a evaluación. Para Xnor este valor está por debajo del 20% teniendo en cuenta la biomasa que alguna vez debió existir en ausencia de mortalidad por pesca. Con el paso de los años los niveles aumentaron considerablemente, especialmente durante la década del 80, debido a que los reclutamientos generaron una población con gran número de individuos disponibles a capturar. En la década del 90 se presentó fuerte anomalía negativa en los reclutamientos pero aun así la mortalidad por pesca fue baja, a esto se le debe agregar la entrada en vigencia de una orientación de las capturas sobre ejemplares pequeños para venta a industria, teniendo como resultado una condición actual de sobreexplotación por reclutamiento y sobrepesca. La **Figura 13** muestra el comportamiento de la biomasa total, desovante y vulnerable a lo largo del periodo de análisis.

En Xsur la tendencia del indicador de reducción ha sido a la baja desde fines de los años 70, teniendo un alza a mediados de los años 80 para luego ir decayendo paulatinamente hasta la actualidad, incluso ha disminuido su magnitud en 5 puntos porcentuales en relación a la última evaluación realizada el año 2014 en esta zona. Durante inicios de 1980 la mortalidad por pesca presentó su nivel más alto para luego decaer en 1990, esta variable ha presentado oscilaciones a lo largo de las últimas dos décadas, pero a escalas muy grandes, la cual no beneficiaría la inclusión de nuevos reclutas a la pesquería en función del patrón de selectividad en esta zona. Una característica que llama la atención son los niveles de biomasa desovante y biomasa explotable en esta zona, sus magnitudes son muy similares por lo que puede inferirse que la remoción de los individuos está siendo casi la misma que la producida naturalmente. Si el patrón de explotación está orientado hacia individuos más pequeños durante los próximos años, entonces la producción de reclutas se verá mermada radicalmente, poniendo en riesgo la pesquería en esta zona. En la **Figura 14** se muestran las estimaciones de las variables de interés

Finalmente en XI la condición del stock es saludable tomando en consideración el “proxy” de Brms=40%, en donde el indicador se encuentra por encima de este valor en 5 puntos porcentuales (45% de BD/BDo). Este valor puede estar influenciado por la capturabilidad de los recursos, ya que si tomamos en cuenta que la CPUE es un índice relativo de abundancia, los pescadores al ir a capturar a zonas más extremas tienen una mejor disponibilidad de extraer recursos en bancos casi virginales, pero esto no significa que la abundancia será mayor en un corto periodo de tiempo (en relación a la evaluación realizada el año 2014 en esta zona).

La **Figura 16** muestra las biomásas explotables diferenciadas por zonas a lo largo del tiempo y las **Tablas 19, 20 y 21** muestran las variables de interés con sus valores por año

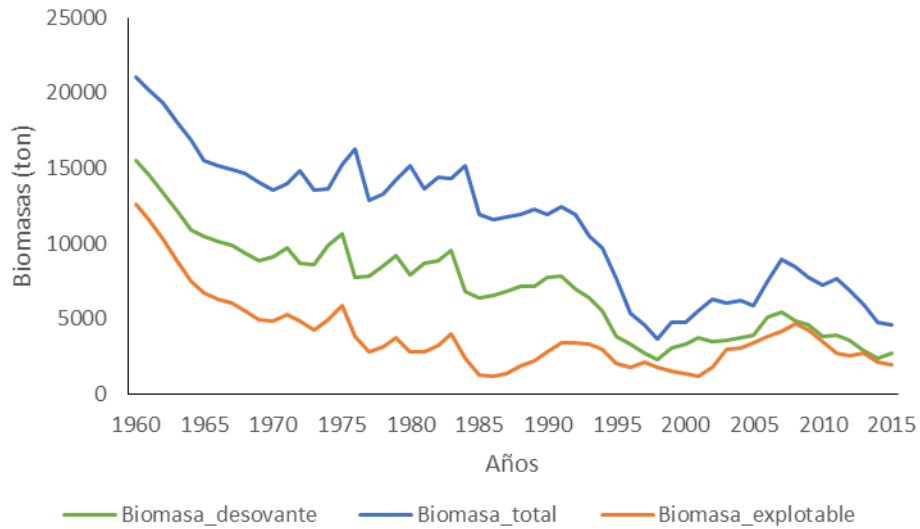


Figura 13. Biomasa de erizo estimadas para Xnor.

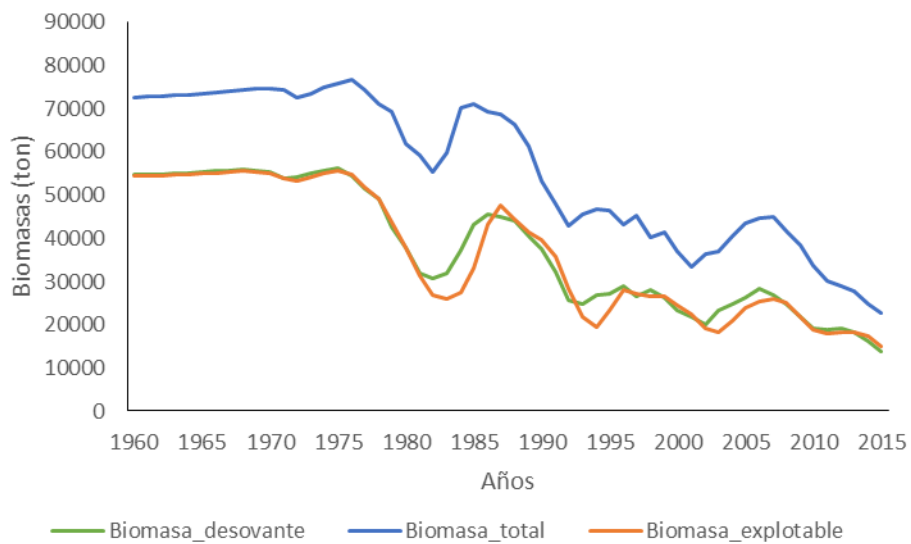


Figura 14. Biomasa de erizo estimadas para Xsur.

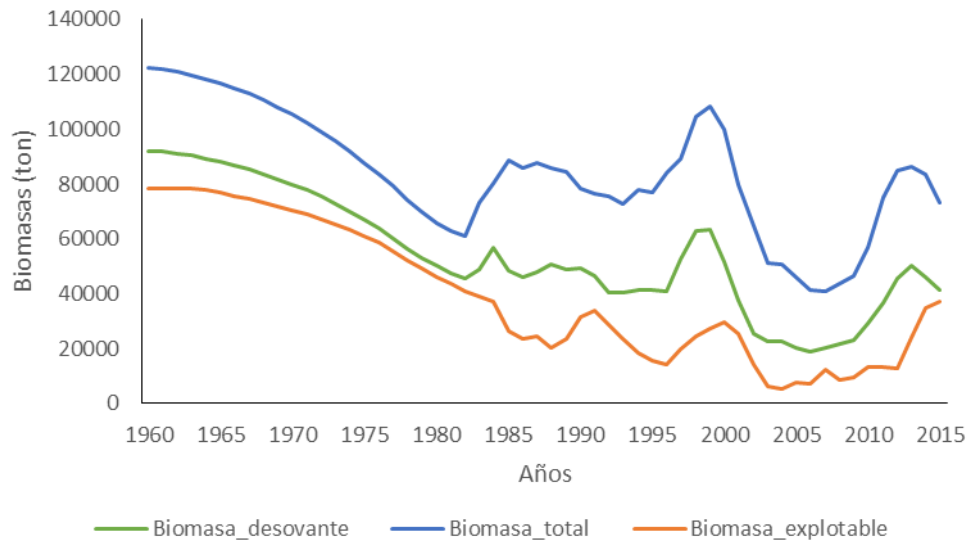


Figura 15. Biomasa de erizo estimadas para XI.

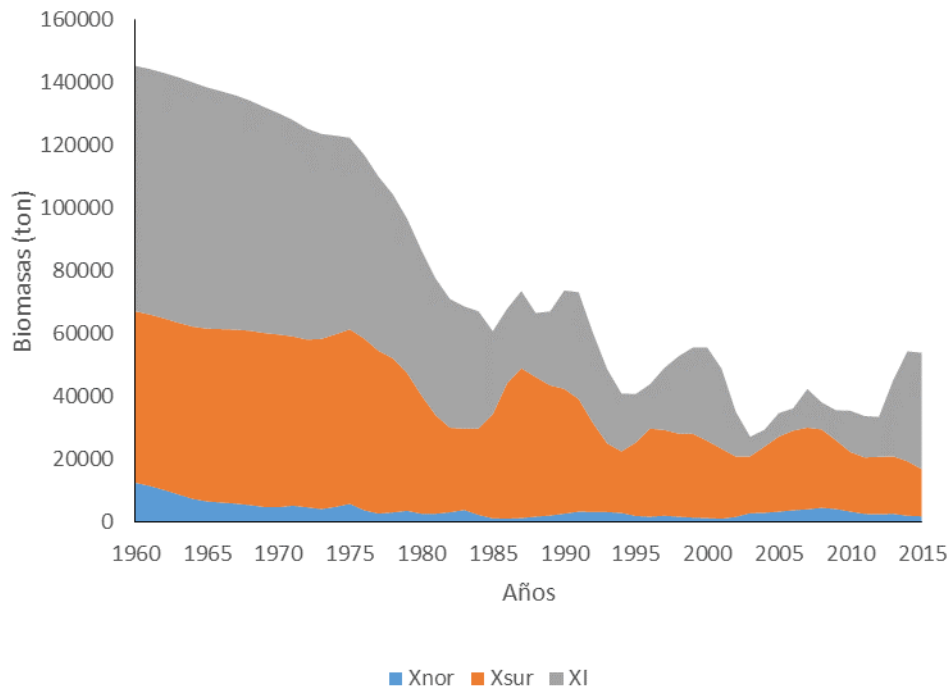


Figura 16. Biomasa vulnerable total de erizo X-XI regiones.



**Tabla 19.** Variables poblacionales estimadas en la Xnor, periodo 1960 – 2015.

Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F	Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F
1960	21085	12615	15475	28	0.1	1988	11908	1833	7174	38	1.08
1961	20187	11603	14604	31	0.1	1989	12264	2160	7124	37	1.10
1962	19353	10336	13379	32	0.2	1990	11964	2777	7768	34	0.53
1963	18078	8888	12196	32	0.2	1991	12411	3404	7821	30	0.55
1964	16876	7508	10896	32	0.3	1992	11924	3356	6969	24	0.74
1965	15513	6685	10464	32	0.3	1993	10446	3275	6391	20	0.58
1966	15174	6331	10167	33	0.3	1994	9687	3003	5549	22	0.71
1967	14906	6000	9863	33	0.3	1995	7694	2038	3853	5	1.16
1968	14619	5503	9328	33	0.4	1996	5314	1804	3338	6	0.52
1969	14051	4926	8841	34	0.4	1997	4570	2116	2678	6	0.49
1970	13578	4837	9087	34	0.3	1998	3610	1802	2318	5	0.32
1971	13991	5308	9742	35	0.2	1999	4726	1516	3012	33	0.32
1972	14821	4816	8697	35	0.6	2000	4776	1370	3343	6	0.24
1973	13553	4242	8617	36	0.5	2001	5526	1161	3775	18	0.40
1974	13673	4918	9855	37	0.1	2002	6275	1748	3458	20	0.84
1975	15294	5894	10668	38	0.2	2003	5998	2931	3588	21	0.37
1976	16254	3851	7751	39	1.3	2004	6213	3059	3736	22	0.36
1977	12856	2812	7819	40	0.8	2005	5876	3411	3865	12	0.21
1978	13309	3171	8507	43	0.6	2006	7499	3846	5097	42	0.13
1979	14196	3708	9184	42	0.5	2007	8925	4152	5463	29	0.35
1980	15146	2752	7877	45	1.4	2008	8392	4631	4830	14	0.41
1981	13660	2753	8641	45	0.7	2009	7766	4260	4568	25	0.36
1982	14367	3198	8851	39	0.7	2010	7207	3443	3787	19	0.58
1983	14360	3953	9518	38	0.4	2011	7638	2708	3883	45	0.73
1984	15149	2368	6764	40	2.0	2012	6894	2560	3564	18	0.74
1985	11886	1298	6344	41	2.0	2013	5941	2729	2876	16	0.70
1986	11592	1203	6551	42	1.8	2014	4735	2126	2344	14	0.68
1987	11767	1378	6768	39	1.6	2015	4575	1935	2685	24	0.41

B\_tot: biomasa total; B\_expl: biomasa explotable; B\_desov: biomasa desovante; R\_est: reclutamiento; F: mortalidad por pesca



**Tabla 20.** Variables poblacionales estimadas en la Xsur, periodo 1960 – 2015.

Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F	Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F
1960	72692	54610	54778	120	0.00	1988	66503	44451	44075	146	0.14
1961	72775	54609	54804	122	0.00	1989	61424	41492	40538	42	0.18
1962	72903	54622	54881	123	0.00	1990	53433	39747	37433	43	0.11
1963	73076	54699	55002	123	0.00	1991	47916	35878	32177	46	0.16
1964	73288	54847	55156	124	0.00	1992	42874	28314	25566	116	0.27
1965	73538	55020	55337	125	0.00	1993	45429	21879	24770	385	0.26
1966	73825	55213	55545	126	0.00	1994	46677	19585	26738	129	0.34
1967	74153	55403	55734	127	0.00	1995	46443	23402	27218	115	0.32
1968	74471	55535	55855	128	0.00	1996	43174	28057	29050	85	0.12
1969	74728	55401	55595	129	0.01	1997	45416	27305	26598	141	0.29
1970	74544	55011	55235	131	0.02	1998	40356	26470	28161	72	0.07
1971	74311	53921	53767	133	0.05	1999	41365	26675	26343	79	0.20
1972	72726	53387	54148	135	0.01	2000	36905	24586	23318	47	0.22
1973	73624	54161	55067	137	0.00	2001	33268	22270	21823	90	0.15
1974	74945	54967	55724	139	0.01	2002	36387	19183	20020	219	0.31
1975	75870	55576	56314	141	0.01	2003	36938	18121	23264	162	0.13
1976	76733	54679	54437	143	0.07	2004	40563	21068	24758	109	0.24
1977	74473	51825	51372	144	0.10	2005	43458	23911	26318	203	0.20
1978	71110	49086	49251	147	0.09	2006	44538	25358	28427	115	0.17
1979	69267	43894	42481	155	0.24	2007	45121	26010	26903	97	0.29
1980	61872	37729	37904	170	0.23	2008	41651	24989	24785	111	0.27
1981	59111	31391	31793	215	0.40	2009	38429	21872	21805	102	0.34
1982	55487	26950	30686	270	0.34	2010	33777	18966	19256	80	0.34
1983	59724	25897	31914	338	0.38	2011	29990	17987	18756	80	0.21
1984	70215	27489	37154	505	0.36	2012	29082	18296	19154	74	0.14
1985	71104	33140	43144	101	0.27	2013	27781	18301	18273	25	0.18
1986	69411	43112	45716	89	0.17	2014	24931	17336	16130	27	0.20
1987	68706	47693	45081	164	0.15	2015	22686	15019	13923	69	0.23

B\_tot: biomasa total; B\_expl: biomasa explotable; B\_desov: biomasa desovante; R\_est: reclutamiento; F: mortalidad por pesca





**Tabla 21.** Variables poblacionales estimadas en la XI, periodo 1960 – 2015.

Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F	Años	B_tot	B_expl	B_des	R_est	F
1960	122433	78189	91910	222.39	0.00	1988	85999	20395	50557	225.70	0.603
1961	121847	78188	91720	203.09	0.00	1989	84576	23499	48795	218.34	0.627
1962	120945	78187	91181	200.24	0.00	1990	78182	31330	49516	198.29	0.284
1963	119759	78186	90354	196.89	0.00	1991	76505	34002	46570	180.39	0.337
1964	118329	77784	89317	192.98	0.00	1992	75505	28736	40626	327.94	0.527
1965	116684	76823	88117	188.43	0.00	1993	72546	23595	40244	344.66	0.483
1966	114842	75766	86772	183.22	0.00	1994	78019	18437	41464	428.83	0.701
1967	112805	74605	85257	177.34	0.00	1995	76803	15410	41466	199.52	0.947
1968	110531	73327	83576	170.79	0.00	1996	83940	14140	40718	594.55	1.190
1969	108020	71956	81768	163.58	0.00	1997	89348	19766	52483	517.53	0.371
1970	105310	70498	79816	155.62	0.00	1998	104749	24633	62735	435.61	0.435
1971	102374	68930	77694	147.02	0.00	1999	108336	27499	63308	199.33	0.654
1972	99185	67204	75348	137.82	0.00	2000	99864	29711	51871	198.02	0.855
1973	95699	65317	72805	128.07	0.00	2001	79823	25499	37812	174.33	0.947
1974	91934	63266	70059	117.76	0.00	2002	65006	14251	25269	333.50	1.499
1975	87929	61031	67102	108.35	0.00	2003	51377	6191	22633	231.74	2.014
1976	83707	58533	63850	99.34	0.00	2004	50596	5356	22564	304.35	2.014
1977	79231	55495	59990	92.33	0.01	2005	45967	7436	20374	104.69	1.664
1978	74212	52264	56428	87.73	0.01	2006	41317	7066	19008	220.74	1.404
1979	69816	49143	52996	85.69	0.01	2007	41109	12287	20338	250.16	0.648
1980	65801	46254	50197	87.08	0.00	2008	43774	8559	21697	230.50	0.986
1981	62862	43499	47499	92.88	0.01	2009	46648	9557	23068	253.15	0.961
1982	60823	40963	45737	117.93	0.00	2010	57040	13127	29243	520.81	0.555
1983	73106	38910	49073	554.19	0.00	2011	75114	13153	36489	587.78	0.903
1984	80051	37332	56627	187.28	0.00	2012	85128	12716	45370	409.93	0.976
1985	88463	26413	48354	256.26	0.69	2013	86254	24170	50309	162.48	0.555
1986	86044	23695	46112	501.48	0.63	2014	83477	34991	46042	198.68	0.509
1987	87696	24565	47743	387.91	0.58	2015	73404	37052	41193	204.44	0.392

B\_tot: biomasa total; B\_expl: biomasa explotable; B\_desov: biomasa desovante; R\_est: reclutamiento; F: mortalidad por pesca



### 3.3.4. Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realiza con el objeto de evaluar las fuentes de incertidumbre estructural relativa a los supuestos o hiper-priors ocupadas en los modelos de evaluación. En general se observó que pequeñas variaciones en la verosimilitud total pueden producir grandes variaciones en las variables de estado, con lo cual se deduce que los datos no son lo suficientemente informativos y que los supuestos seguirán siendo elementos fundamentales en la evaluación de stock. Sin perjuicio de esto, el análisis indicó que los parámetros de crecimiento tienen gran impacto en los componentes de verosimilitud marginal, donde el supuesto de una longitud asintótica mayor genera un peor escenario de la reducción poblacional en todas las zonas pero un buen ajuste de las CPUE y tallas medias. El supuesto de diferentes grupos de edades que participan de la pesquería no tienen mayor influencia en las estimaciones pero si el supuesto de desembarques conocidos desde el año 2005 – 2015 para cada zona.

En términos de la variable steepness “h” relacionada a la pendiente de la relación stock – recluta utilizada en el modelo sugiere que, en la zona norte, la densodependencia podría ser menor al 0.8 utilizado como parámetro fijo, pero esto queda como materia de discusión ya que el perfil de verosimilitud solo mejora en un punto con respecto al escenario base. Con una mayor resiliencia, en el escenario 4 se evalúa un h de 0.95 (una relación stock recluta casi nula) y el resultado es similar al base en términos de reducción y valor total de la verosimilitud.

En los escenarios en donde se evalúa la población con menor y mayor rango de edades en comparación con el base (10 y 14 edades respectivamente), estos muestran que no existe una mayor diferencia con el escenario base, obteniéndose perfiles de verosimilitud con valores similares e índices de reducción con variación porcentual mínima. Finalmente, en el escenario 6, que evalúa el incorporar los desembarques observados durante el año 2005 a 2015, sin proporcionar como lo propone la metodología, la suma de los componentes de la verosimilitud es más baja que el escenario base en las tres zonas evaluadas. Los valores de BD/BDo para Xsur y XI son más bajos que el escenario base en términos porcentuales pero similar en Xnor. Como componente particular en la verosimilitud es el que tiene un mejor comportamiento y menor puntuación en la verosimilitud total, por lo que en futuros trabajos se debería analizar incorporar como valor fijo en la evaluación de stock de este recurso. La **Tabla 22** muestra el comportamiento de las componentes de la verosimilitud en las estimaciones en función de los escenarios propuestos y los valores de las variables de importancia en cada uno de ellos.



**Tabla 22.** Componentes de verosimilitud marginal según escenario propuesto para evaluación de stock por zona.

**Xnor**

	CPUE	Desemb	Prop	dev_Rt	dev_No	Suma	Fact	BD/BDo
<b>Base</b>	<b>14.30</b>	<b>0.17</b>	<b>6067.76</b>	<b>22.72</b>	<b>0.00</b>	<b>6105</b>	<b>0.41</b>	<b>16.40%</b>
s1	15.81	0.24	6042.52	17.27	0.00	6076	1.01	3.69%
s2	14.31	0.20	6068.02	24.42	0.00	6107	0.40	18.65%
s3	14.12	0.12	6066.98	17.70	0.00	6099	0.45	9.46%
s4	14.10	0.17	6067.51	22.81	0.00	6105	0.41	16.87%
s5	14.33	0.17	6067.81	22.68	0.00	6105	0.41	16.20%
s6	8.31	0.89	6061.26	18.50	0.00	6089	0.35	16.32%

**Xsur**

	CPUE	Desemb	Prop	dev_Rt	dev_No	Suma	Fact	BD/BDo
<b>Base</b>	<b>15.32</b>	<b>0.08</b>	<b>12809</b>	<b>22.78</b>	<b>0.00</b>	<b>12847</b>	<b>0.23</b>	<b>25.42%</b>
s1	14.41	0.31	12618	11.49	0.00	12644	0.95	5.76%
s2	15.42	0.09	12809	23.32	0.00	12848	0.22	27.14%
s3	15.45	0.07	12808	20.92	0.00	12845	0.25	19.64%
s4	15.35	0.08	12811	22.58	0.00	12848	0.22	26.54%
s5	15.46	0.08	12809	22.77	0.00	12848	0.23	24.94%
s6	11.60	0.07	12812	22.09	0.00	12846	0.62	19.21%

**XI**

	CPUE	Desemb	Prop	dev_Rt	dev_No	Suma	Fact	BD/BDo
<b>Base</b>	<b>39.65</b>	<b>1.22</b>	<b>11178</b>	<b>23.15</b>	<b>0.00</b>	<b>11242</b>	<b>0.39</b>	<b>44.82%</b>
s1	51.12	2.32	11197	38.41	0.00	11288	0.57	28.18%
s2	39.64	1.19	11178	21.48	0.00	11240	0.37	49.36%
s3	39.81	1.30	11178	31.71	0.00	11251	0.46	30.30%
s4	39.47	1.14	11178	21.31	0.00	11239	0.39	45.67%
s5	39.70	1.25	11178	24.02	0.00	11243	0.39	44.41%
s6	34.09	5.96	11145	27.34	0.00	11212	0.33	37.47%



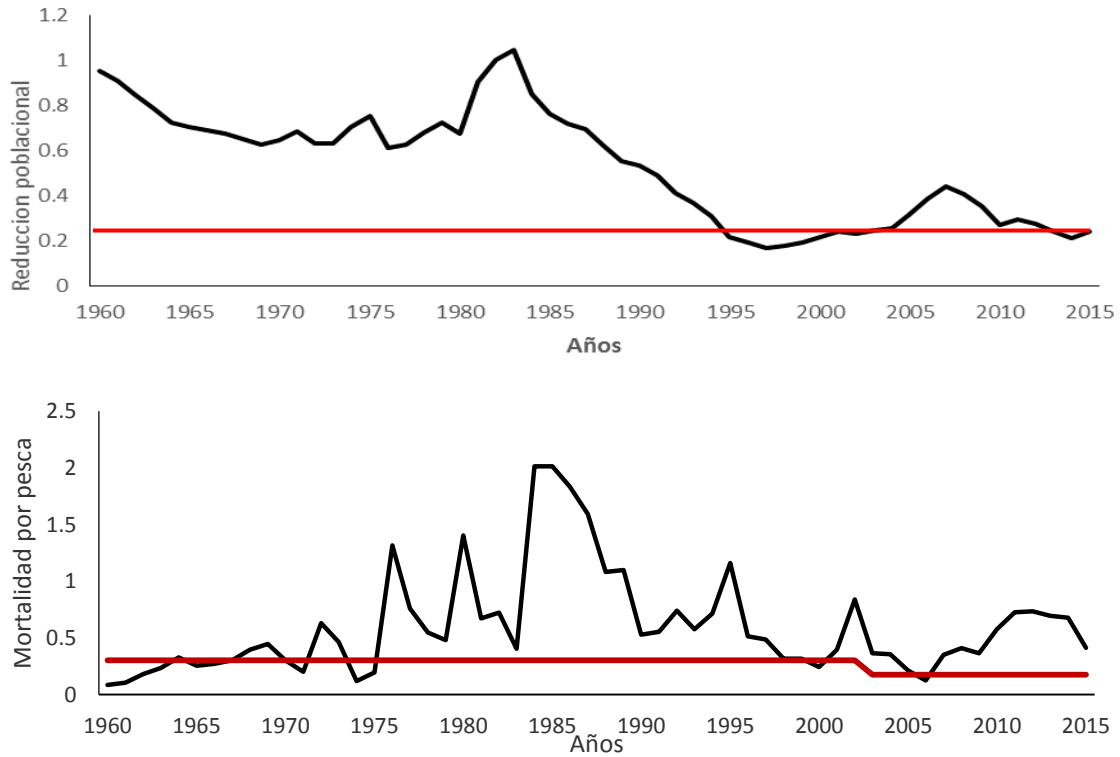
### 3.3.5. Diagnóstico de la Población

El diagnóstico de las tres unidades (zonas) analizadas consideró como referentes valores “proxies” del Rendimiento Máximo Sostenido (RMS), y que se refieren a una reducción de biomasa virginal al 40%. Para todos los efectos se consideró un nivel de “steepness”  $h=0.8$  para la relación S/R. Para estos efectos se calcularon los niveles de mortalidad por pesca de referencia en base a un análisis de equilibrio por recluta considerando las particularidades de cada unidad de stock y las variaciones anuales de la selectividad.

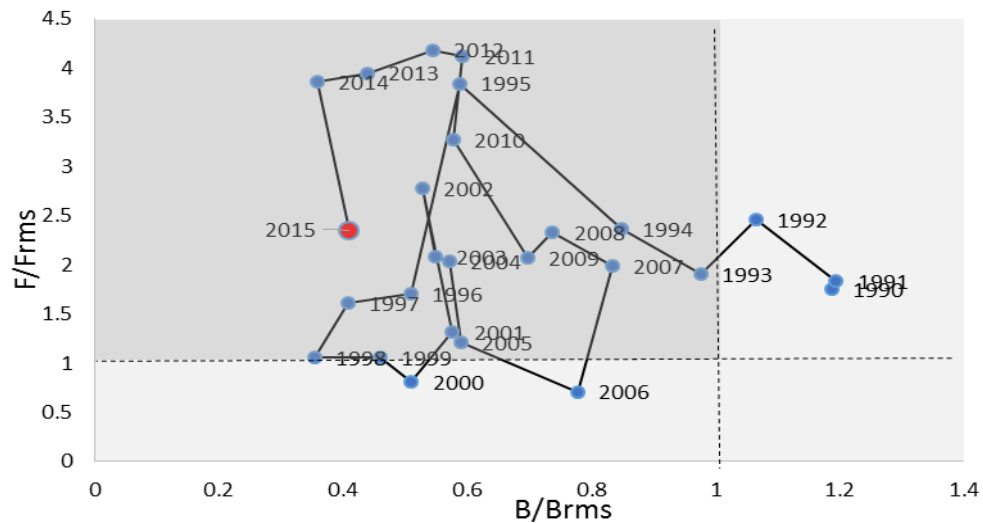
La biomasa desovante virginal se calculó en base al valor de reclutamiento de largo plazo sin explotación, mientras la reducción de esta variable se estableció en base a la razón entre la biomasa desovante de cada año respecto a su condición inicial. De acuerdo a lo anterior se determinó que la reducción poblacional alcanza el 16.4%, 25.4% y 44.8% en Xnor, Xsur y XI respectivamente.

Los resultados para Xnor mostraron que desde el 2006 la mortalidad por pesca se ubica significativamente por sobre el criterio de referencia  $F_{rms}=F_{40\%}$  mientras la biomasa desovante ha estado por casi 25 años por debajo de la biomasa en el RMS ( $B_{rms}$ ) (**Figura 17**). El diagrama de fase ubica la condición actual en situación de sobre-pesca ( $F > F_{rms}$ ) y sobre-explotación ( $B < B_{rms}$ ) (**Figura 19**). Por su parte, en la zona Xsur también se estimó una condición similar de sobre-explotación con un nivel de mortalidad por pesca creciente en los dos años últimos años, por sobre el criterio  $F_{rms}$ , y por ende con evidencias de sobre-pesca (**Figura 21**). Finalmente en XI región los resultados mostraron que las variables biomasa y mortalidad por pesca se ubican de manera significativa en torno a los criterios objetivos, siendo por ende el stock en mejor condición de explotación.

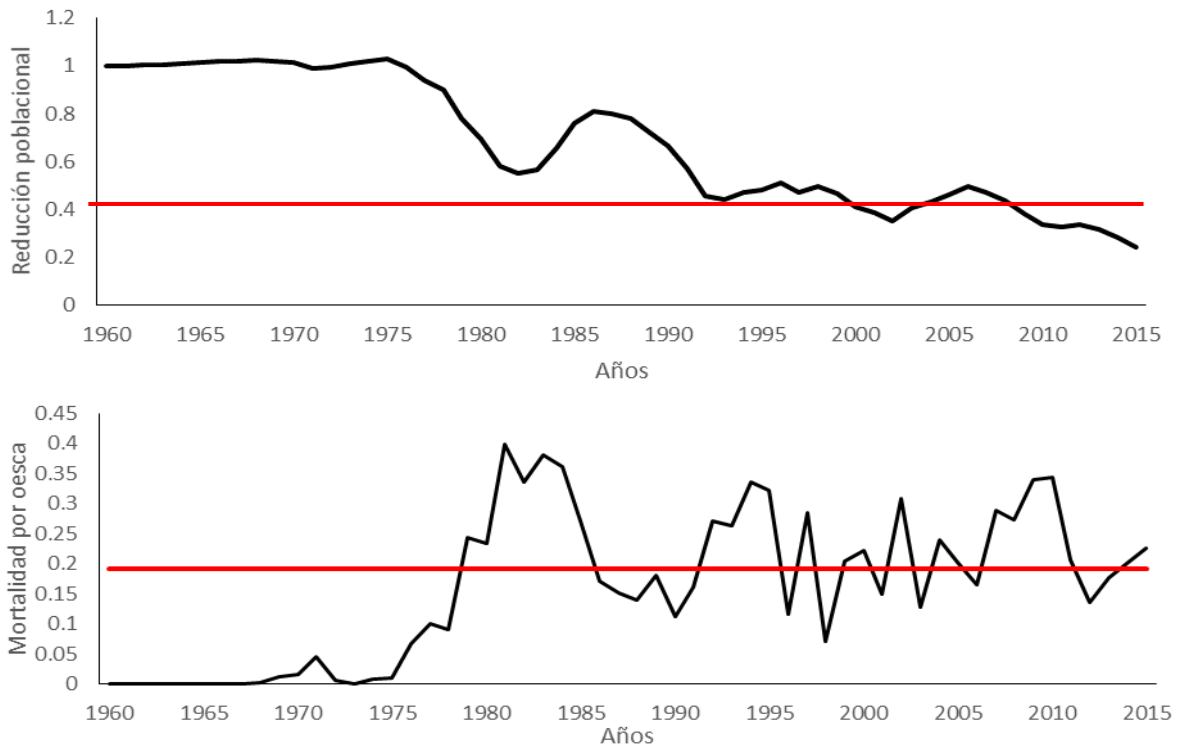
Las **Figuras 18, 20 y 21** muestran los diagramas de fases estimados para cada zona, los cuales representan el comportamiento de las  $B/B_{rms}$  y  $F/F_{rms}$  a lo largo del periodo de análisis.



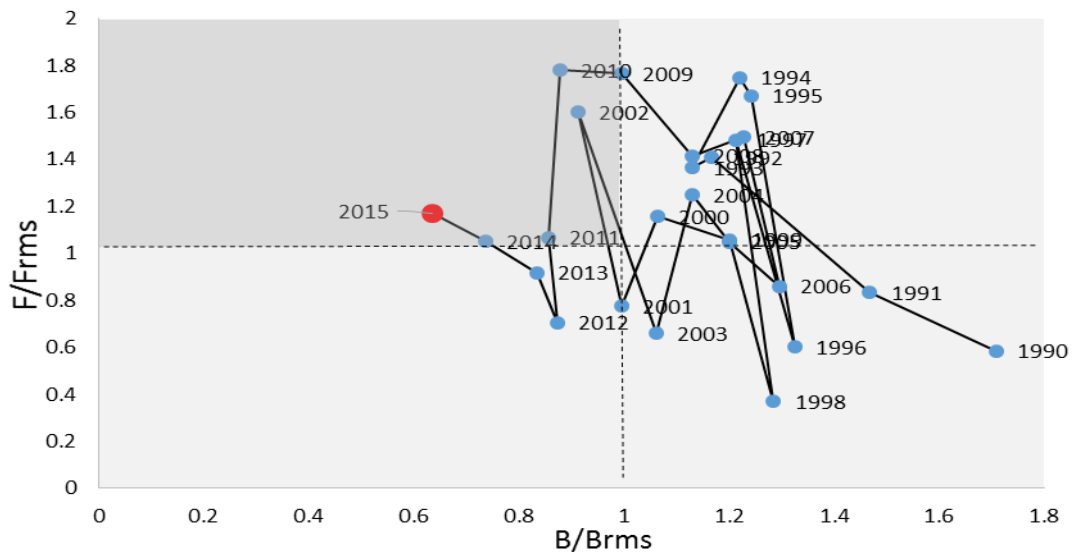
**Figura 17.** Mortalidad por pesca y biomasa desovante respecto del Punto Biol3gico de Referencia 40%Bo (lnea roja). Erizo Xnor



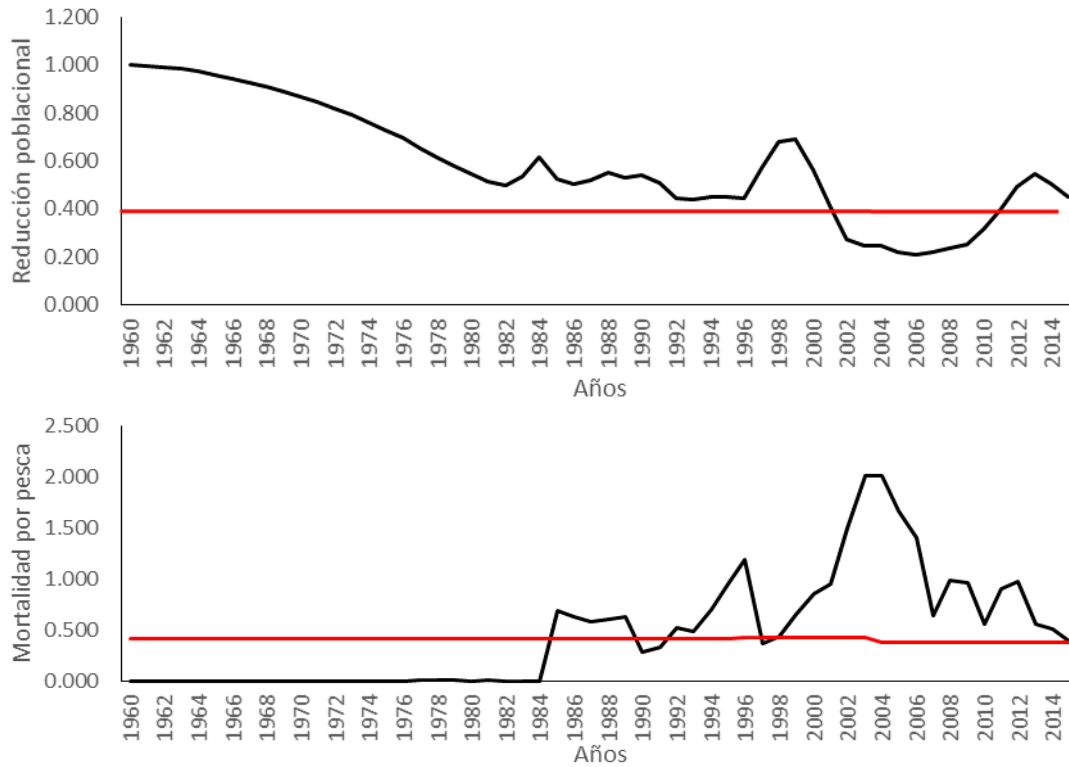
**Figura 18.** Diagrama de explotaci3n B-F Erizo Xnor. El cuadro m3s oscuro es la zona donde coincide el estado de sobre-pesca y sobre-explotaci3n.



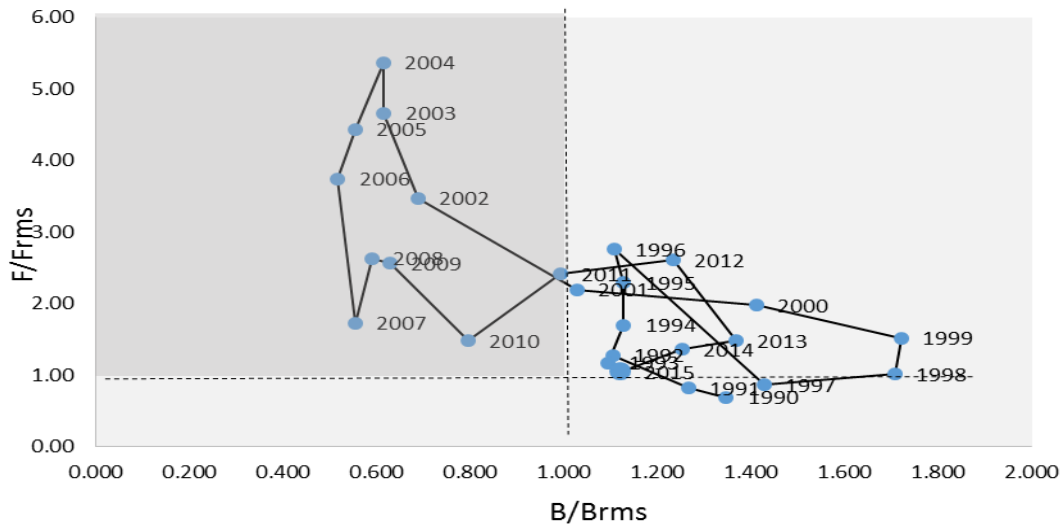
**Figura 19.** Mortalidad por pesca y biomasa desovante respecto del Punto Biológico de Referencia 40%Bo (línea roja). Erizo Xsur.



**Figura 20.** Diagrama de explotación B-F Erizo Xsur. El cuadro más oscuro es la zona donde coincide el estado de sobre-pesca y sobre-explotación.



**Figura 21.** Mortalidad por pesca y biomasa desovante respecto del Punto Biol3gico de Referencia 40%Bo (lnea azul). Erizo XI



**Figura 22.** Diagrama de explotaci3n B-F Erizo XI. El cuadro m1s oscuro es la zona donde coincide el estado de sobre-pesca y sobre-explotaci3n.



### 3.4. CONCLUSIONES

El desplazamiento espacial y batimétrico de la operación de pesca explican las variaciones en la CPUE y composiciones de tallas registradas en las zonas X norte.

La biomasa explotable de la X y XI región alcanzarían las 54.000 toneladas, compuestas por un 3% para Xnor, 28% para Xsur y 69% para XI. Gran parte de la reducción poblacional en toda la X Región se habría debido a extensos períodos de fuertes anomalías en los reclutamientos junto al crecimiento del esfuerzo de pesca sobre especies de menor longitud.

El diagnóstico basado en “proxys” del Brms mostró que en Xnor la biomasa desovante se encuentra sobre-explotada. En esta zona el nivel de reducción poblacional alcanza un 16.40%, muy por debajo del enfoque precautorio del 40% de BD/BDo y 11.6% por debajo de la última evaluación realizada el año 2014. En la zona Xsur también la reducción poblacional es de 25.4%, un 4.6% debajo de la última evaluación de stock realizada el año 2014. Al igual que en Xnor esta zona se encuentra bajo un nivel de sobre-explotación. En XI también la reducción poblacional se estimó en un 44.8%, un aumento de un 6.8% respecto a la última evaluación de stock realizada el año 2014, esto podría deberse al desplazamiento de la flota hacia zonas australes de la región, causando un alza en el índice relativo de abundancia.

La tendencia general de la población de erizos en la X y XI región es a la baja, no se pueden hacer proyecciones de capturas debido a los bajos valores de F en la Xnor y Xsur, solamente se puede hacer sobre XI, pero es arriesgado debido al constante desplazamiento del esfuerzo de pesca hacia zonas más australes. Una evaluación de la condición del stock en toda la región es difícil debido a la limitación espacial de los stocks ya definidos.

Se concluye que se deben disminuir los niveles de mortalidad por pesca con el fin de llegar al F/Frms, por lo tanto para Xnor este valor debería disminuirse en un 40% para alcanzar este objetivo. Para Xsur el valor de F/Frms debe disminuirse en un 20% y para XI el valor de F debe disminuirse en un 4%.





### 3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Arias, E., N. Barahona, G. Jerez y E. Lozada, 1995.** Monitoreo del recurso erizo en la X y XI regiones, 1994. Informe Final FIP 93-13: 1-74.

**Arrau, L., 1958.** Desarrollo del erizo comestible en Chile, *Loxechinus albus* (Molina). Revista de Biología Marina 7: 39-61.

**Bay-Schmith, E., C. Werlinger y J. Silva, 1981.** Ciclo anual de reproducción del recurso *Loxechinus albus* entre la X y XII Región. Informe Final Proyecto de Investigación, Subsecretaría de Pesca, Universidad de Concepción, 68 pp.

**Bustos, E y Olave, S., 2001.** El cultivo del erizo (*Loxechinus albus*). Instituto de Fomento Pesquero, Puerto Montt.

**Bustos, H., R. Troncoso, J. Valencia, A. Reyes, 1987.** Repoblación y cultivo de la ostra chilena y del erizo en la isla de Chiloé. Instituto de Fomento Pesquero, Santiago

**Canales, C, Cavieres, J y Techeira, C, 2014.** Implementación metodológica de evaluación de stock de recursos bentónicos. Programa de "Seguimiento de Pesquerías Bentónicas, 2014. IFOP.

**Canales, C., N. Barahona, P. Araya, J. Cavieres, G. Muñoz y C. Techeira, 2013.** Evaluación de la población de almeja (*Venus antiqua*) explotada en la bahía de Ancud, Chiloé, 1965-2011 (Taller Evaluación de Stock, 24-26 de septiembre, 2013). REPORTE TÉCNICO. Proyecto 1.7 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 2013: 48 pp

**FAO (2014)** Fisheries and aquaculture software. FishStatJ - software for fishery statistical time series. In. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online], Rome.

**Flores, L., B. Ernst y A.M. Parma, 2010.** Growth pattern of the sea urchin, *Loxechinus albus* (Molina, 1782) in southern Chile: evaluation of growth models. Mar. Biol. 157: 967-977.

**Gavaris, S., Ianelli, J. N., 2001.** Statistical issues in fisheries stock assessment. Scand. J. Statistics: Theory and Appl., 29, 245-272.

**Gebauer, P., CA .Moreno, 1995.** Experimental validation of the growth rings of *Loxechinus albus* (Molina, 1872) in the southern Chile (Echinodermata: Echinoidea). Fisheries Research 21: 423-435.

**Guisado, C., E. Arias y E. Pérez, 1998.** Estudio reproductivo del erizo en las regiones I a VIII. Informe Final. Proyecto FIP-IT/96-44:1-233.



**Guisado, C, 1995.** Estrategias de desarrollo larval y ciclo de vida en dos especies de echinoideos regulares del sur de Chile. Tesis de Magister, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 89 pp.

**Guisado, CH y Castilla, JC, 1987.** Historia de vida, reproducción y avances en el cultivo del erizo FRPHVWLEOH chileno *Loxechinus albus* (Malina 1 782) (Echinoidea, Echinidae). En: Arana P (ed) Manejo y Desarrollo Pesquero: 59-68. Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso.

**Kino, S y Agatsuma, Y, 2007.** Reproduction of sea urchin *Loxechinus albus* in Chiloé Island, Chile. *Fisheries Science* 73: 1265-1273.

**Molinet C, Balboa C, Moreno CA, Diaz M, Gebauer P, Niklitschek E, Barahona N. 2013.** Variability in the growth patterns of *Loxechinus albus* along a bathymetric gradient associated with a fishing ground. *Bull Mar Sci* 89:699-716.

**Molinet, C., CA. Moreno, EJ. Niklitschek, M. Matamala, M. Neculman, A. Arévalo, J. Codjambassis, P. Diaz y M. Diaz, 2012.** Reproduction of the sea urchin *Loxechinus albus* across a bathymetric gradient in the Chilean Inland Sea. *Revista de biología marina y oceanografía*, 47(2), 257-272.

**Molinet, C., C. Herrera, P. Gebauer, P. Landaeta y C. A. Moreno, 2010.** Estados tempranos de Echinoidea en el canal Lagreze, Islas Guaitecas, sur de Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 45 (1), 19-33.

**Molinet, C., A. Arevalo, N. Barahona, L. Ariz, J. González, M. Matamala, J. Henríquez, V. Almanza, V. Fuentealba, 2008.** Diagnostico biológico –pesquero para recursos bentónicos de la zona contigua, x y xi Región. Universidad Austral de Chile, FIP 2005-51, Valdivia.

**Moreno, C y Molinet, C, 2013.** The paradigm of the depth distribution of *Loxechinus albus* (Molina) in Chile. *Revista chilena de historia natural*, 86(2), 225-227.

**Moreno, CA., C. Molinet, P. Díaz, M. Díaz, J. Codjambassis y A. Arévalo, 2011.** Bathymetric distribution of the Chilean red sea urchin (*Loxechinus albus*, Molina) in the inner seas of northwest Patagonia: Implications for management. *Fisheries Research* 110, 305-3011.

**Moreno, CA, 2003.** Plan De Manejo Pesquería Erizo Zona Contigua (X-XI Región). Informe Final. Subsecretaría de Pesca. Universidad Austral de Chile, Valdivia.

**Moreno, CA., A. Zuleta, PS. Rubilar, 1996.** Investigación complemento pesquería Erizo 1995. Universidad Austral de Chile, Valdivia.



**Moreno. CA y Vega. R, 1988.** Valor cient3fico de las Reservas Marinas Costeras: un ejemplo de estudio ecol3gico en poblaciones de *Loxechinus albus* (Molina). Informe UNESCO Ciencias del Mar 47: 124-134.

**Pearse. J.S y Pearse. V.B, 1975.** Growth zones in the echinoid skeleton. Am. Zoo. 15, 731- 753.

**Schuhbauer, A., P. Brickle, Al. Arkhipkin, 2010.** Growth and reproduction of *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea) at the southerly peripheries of their species range, Falkland Islands (South Atlantic). Mar Biol. 157:1837–1847.

**Stotz W, Gonz1lez S, L3pez C. 1992.** Siembra experimental del erizo rojo *Loxechinus albus* (Molina) en la costa expuesta del centro-norte de Chile: efectos del erizo negro *Tetrapygus niger* (Molina) sobre la permanencia y crecimiento de los juveniles. Investigaci3n Pesquera (Chile) 37:107-117.

**V1squez J. 2001.** Ecology of *Loxechinus albus*. En: Lawrence JM (ed). Edible sea urchins: Biology and ecology, pp. 161-175. Elsevier Science B.V., Tampa.

**Zamora. S y Stotz. W, 1992.** Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Regi3n, Coquimbo, Chile.



## 4. CAPÍTULO B: ALMEJA

---

### 4.1 ANTECEDENTES GENERALES

#### 4.1.1 Sistema de extracción

La almeja (*Venus antiqua*) se extrae principalmente mediante buceo semi – autónomo. La operación de pesca está condicionada especialmente a los largos tramos que existen entre agregaciones de la X y XI regiones hacia los puertos de desembarque. En localidades cercanas al puerto de desembarque la extracción se realiza comúnmente en “un viaje de pesca”. Estos viajes son monitoreados en los puertos lo cual permite identificar el esfuerzo realizado en la extracción y el rendimiento de pesca obtenido por viaje. Además de identificar las variables antes mencionadas, también es posible registrar las capturas a la talla de los individuos, lo cual proporciona información valiosa para observar el comportamiento de la pesquería a través de los años.

Un aspecto importante que destacar en esta pesquería son las denominadas “faenas de pesca”. Las faenas de pesca son hechas por pescadores de la X Región que van a capturar a la XI y consisten simplemente en extraer el recurso en zonas cercanas a las islas en donde ellos habitan durante varios días. Las zonas de pesca son llamadas “procedencias” y gracias al intercambio de información con los propios pescadores estas están georreferenciadas perfectamente. El recurso extraído es trasladado mediante “lanchas acarreadoras” que lo llevan a los puertos de desembarque más cercano. Cabe señalar que estas lanchas acarreadoras también llevan el recurso directo a plantas faenadoras.

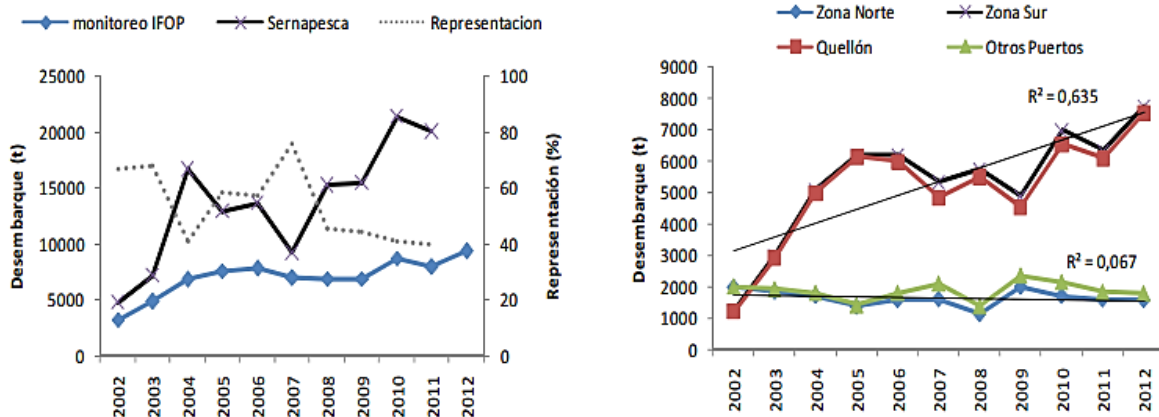
#### 4.1.2 Capturas

IFOP realiza un monitoreo en los puertos de desembarque dentro del proyecto “Seguimiento de Recursos Bentónicos X y XI regiones”. Estos monitoreos registran las capturas de las lanchas provenientes de las zonas de pesca (procedencias) los cuales datan de información desde 1986 hasta el año 2013 para la X Región pero la XI Región contiene años faltantes en la serie. La representatividad de los monitoreos de IFOP sobre las capturas globales (periodo 2002 – 2013) son cercanas al 40% - 80% del total para estas regiones (Gonzales y Barahona, 2007).

Los datos de capturas indican que las localidades de Quellón, Dalcahue y Queílen han aumentado su volumen de desembarque con el tiempo, mientras que las localidades de Ancud, Carelmapu, Calbuco, Maulin y Pudeto han registrado una leve pero continua baja. El indicador de captura regional está fuertemente influenciado por el puerto de Quellón donde se desembarcan los mayores volúmenes de captura lo cual no refleja la situación de la zona norte de la X Región que representa volúmenes significativamente menores (**Figura 1**) (Araya, 2014). De acuerdo a los monitoreos,

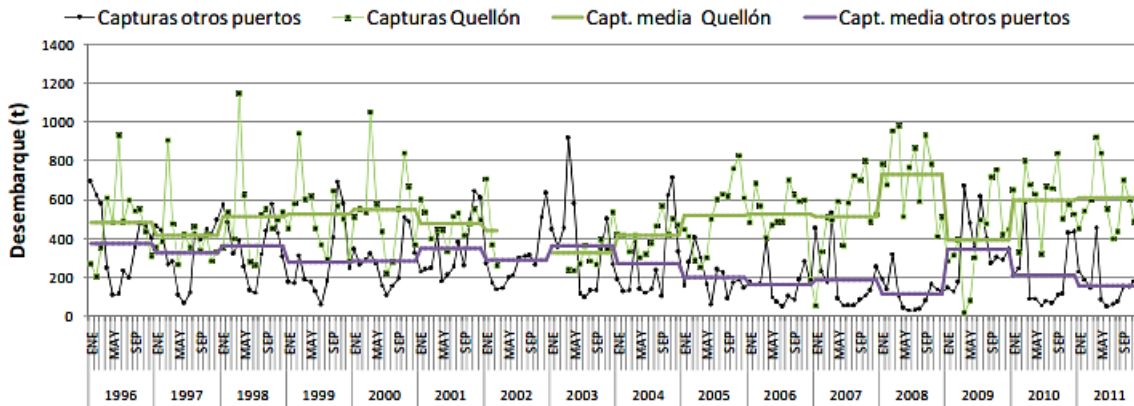


durante el periodo 2005 – 2011 un 15% de capturas tuvo como destino el mercado industria y el recto de fresco. En el año 2013 el mercado industria solo alcanzo el 10%.



**Figura 1.** Capturas monitoreadas por IFOP y Sernapesca periodo 2002 – 2012. En eje secundario “% representación monitoreo IFOP en relación al desembarque de Sernapesca”. (Izq) Captura monitoreada en la zona norte, sur, Quellón y otros puertos de la X Región. Periodo 2002 – 2012. Fuente: Proyecto Seguimiento IFOP y Sernapesca.

La concentración de los mayores volúmenes de captura se registra en el periodo primavera – verano en desmedro de otoño – invierno. El puerto actualmente es donde se registra un mayor nivel de desembarque, alcanzando incluso el 90% del desembarque (capturas mensuales). En la zona norte de la X Región, la temporalidad de las capturas presenta valores mínimos en la temporada otoño – invierno con un leve incremento en primavera – verano (**Figura 2**).



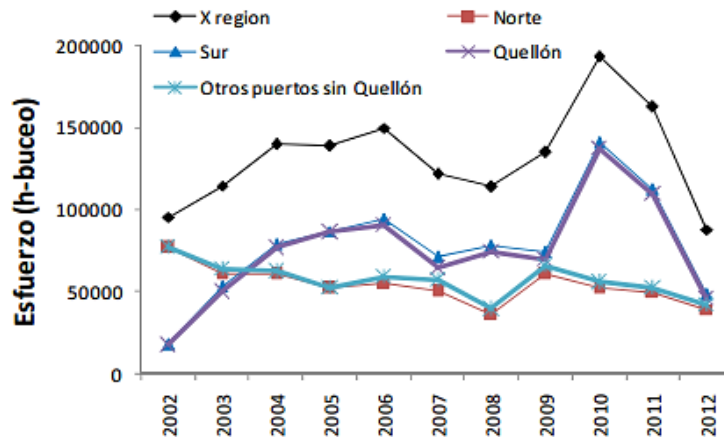
**Figura 2.** Capturas mensuales por año monitoreadas en Quellón y en los puertos restantes de la X Región, periodo 1996 – 2011.

Fuente: Proyecto Seguimiento Bentónicos IFOP (Ex. IFOP, 2014).



### 4.1.3 Esfuerzo

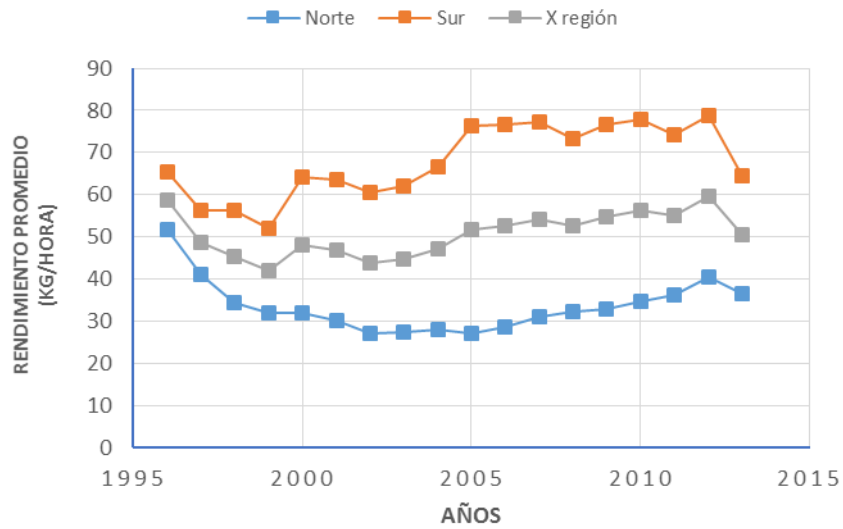
El esfuerzo de pesca está expresado como horas de buceo y presenta desde el año 2010 una tendencia a la baja principalmente en la zona sur de la X Región (asociada principalmente al puerto de Quellón) (**Figura 3**).



**Figura 3.** Esfuerzo de pesca X Región, por zonas y puertos, periodo 2002 – 2011.  
Fuente: Seguimiento Bentónico IFOP (Ex. IFOP 2014).

### 4.1.4 Rendimientos

Los rendimientos registrados en el periodo 1996 – 2013 para la Región X muestran que la zona norte está por debajo de la zona sur y desde el año 2004 tuvo una tendencia al alza para luego decaer el año 2012 (**Figura 4**). Los rendimientos están estrechamente relacionados con la profundidad en la cual se encuentra el recurso, lo que en el análisis exploratorio genera tremenda incertidumbre por la aparición de “superbuzos” que obtienen rendimientos por encima de los promedios (especialmente en la zona norte de la X Región).



**Figura 4.** Rendimientos de pesca promedio por procedencia de captura, periodo 1996 – 2013. Fuente: Proyecto Seguimiento IFOP (Ex. IFOP, 2014)



## 4.2 METODOLOGÍA

### 4.2.1 Zona de estudio

La zona de estudio comprende a toda la X Región (Puerto Montt hasta Isla Guafo) y la XI Región (Isla Guafo hasta las coordenadas 42.25° LS). Con el fin de generar una espacialidad concreta y delimitar geográficamente la extensa zona comprendida entre la X y XI regiones, las procedencias se asociaron a los polígonos de capturas detallados en el proyecto FIP 2005 – 51 (Molinet *et al.*, 2008 y 2011). Esta asociación fue basada en al maestro procedencias de pesca del proyecto de Seguimiento de Bentónicos de IFOP. Mediante dicha asociación es que se proponen 3 para el análisis y su delimitación de muestra en la **Tabla 1**

- a) Zona norte de la X Región (**Xnor**)
- b) Zona sur de la X Región (**Xsur**)
- c) XI Región (**XI**)

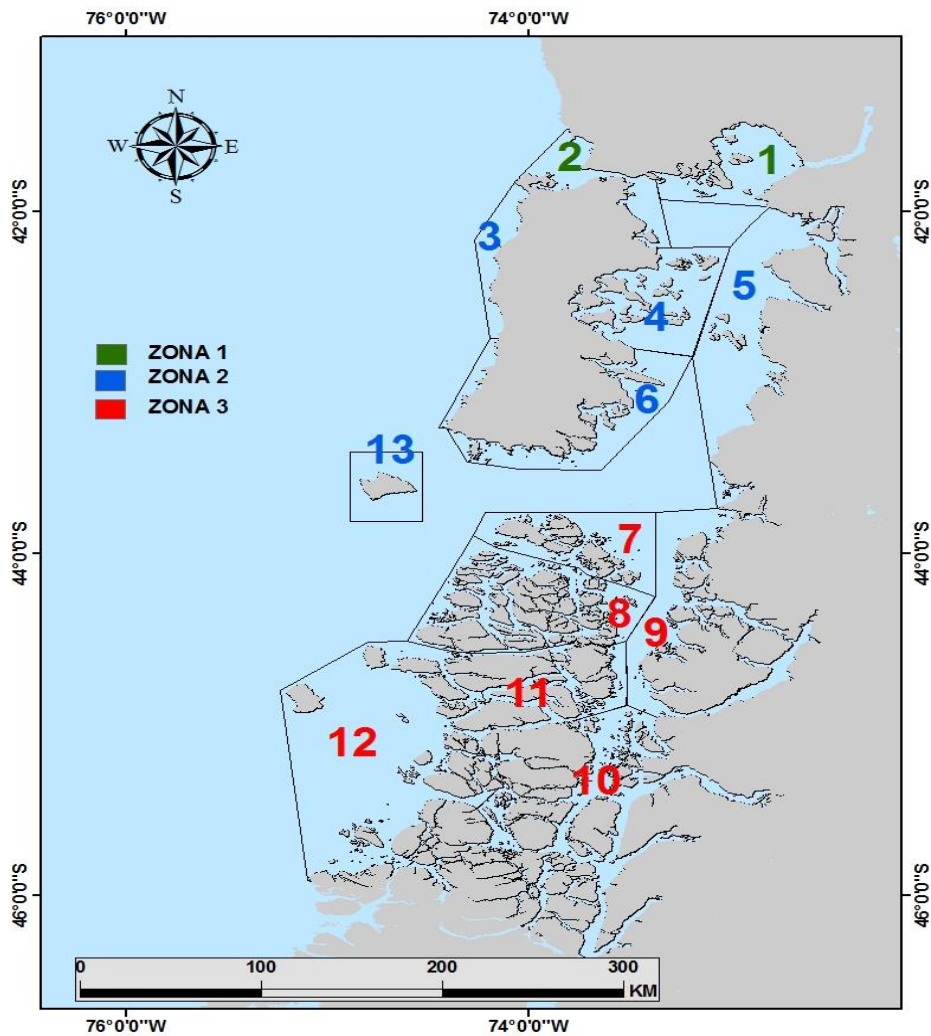
**Tabla 1.** Zonas propuestas en función de los polígonos de captura.

Zonas	Delimitación	Polígonos
<b>Xnor</b>	Puerto Montt (41.28S) - Butachauques (42.15S)	1 y 2
<b>Xsur</b>	Butachauques (42.15S) - Isla Guafo (43.42S)	4, 5, 6 y 13
<b>XI</b>	Isla Guafo (43.42S) - 42.25S	7, 8, 9, 10, 11 y 12

Las **Figuras 1 y 2** muestran las procedencias de capturas y los polígonos de captura propuestos por Molinet *et al.*, 2011







**Figura 6.** Polígonos espaciales de la operación de pesca principales recursos bentónicos X y XI Región (Molinet *et al.*..., 2008 y 2011)



#### **4.2.2 Datos empleados**

Los datos empleados provienen del programa de monitoreo realizado por IFOP desde el año 1986 – 2014 en el marco del proyecto “Seguimiento de Recursos Bentónicos” en la X y XI Región.

Adicionalmente se ocuparon los desembarques oficiales informados por SERNAPESCA en este periodo.

#### **4.2.3 Desembarques**

Con el fin de proporcionar una serie de capturas históricas como datos de entrada al modelo se analizaron los datos informados por SERNAPESCA en el periodo 1967 – 1995 asociándolos a los principales puertos de desembarques cercanos a las zonas propuestas. Para el periodo comprendido entre 1986 – 2013 el criterio fue el siguiente:

##### Xnor

1967 – 1995: Las capturas informadas para los puertos de Puerto Montt, Calbuco y Ancud representan la totalidad de la zona propuesta.

1996 – 2014: Se obtiene la proporción de las capturas informadas por SERNAPESCA en función de las capturas monitoreadas por IFOP

##### Xsur

1967 – 1995: Las capturas informadas para los puertos de Castro y Quellón (en menor medida en ese tiempo) representan la totalidad de la zona propuesta.

1996 – 2014: Se obtiene la proporción de las capturas informadas por SERNAPESCA en función de las capturas monitoreadas por IFOP

##### XI

Se hace un análisis diferenciado para esta zona basado completamente en estructura de tallas de los últimos años (2012, 2013 y 2014).



La proporcionalidad aplicada a los desembarques oficiales de SERNAPESCA en función de las monitoreadas por IFOP se debe a que gran parte de los desembarques son informados en el puerto de Quellón pero provienen de la XI Región. Por lo anterior es que se genera un enmascaramiento de las capturas provenientes de una zona en particular asignándolas a otra (XI y Xsur respectivamente). Durante el año 2013, el Grupo Técnico Asesor del Erizo (*Loxechinus albus*) de la comisión de Manejo de Pesquerías Bentónicas COMPEB de la X y XI Región, señaló que las capturas provenientes de la XI representan cerca del 70% del desembarque total del recurso entre la X y XI Región. Esto hace pensar que en la pesquería de la almeja ocurre lo mismo, ya que en términos de volumen de desembarques, es la segunda de mayor importancia después del erizo.

Las **Tablas 2, 3 y 4** muestran el detalle de los desembarques históricos por puerto, las proporciones de capturas monitoreadas por IFOP y la proporción final de los desembarques en base a la metodología empleada



**Tabla 2.** Capturas oficiales de SERNAPESCA por puerto periodo 1967 – 1995

Años	Pto.Montt	Calbuco	Ancud	Castro	Quellón	Aysén	Xnor <sup>1</sup>	Xsur <sup>2</sup>	XI <sup>3</sup>	TOTAL
1967	4141	660	394	59	0	100	5195	59	100	5354
1968	5636	1448	4046	256	0	155	11129	256	155	11540
1969	5254	1106	2383	343	0	141	8743	343	141	9227
1970	4776	1324	793	194	0	114	6893	194	114	7200
1971	694	884	824	267	0	47	2402	267	47	2716
1972	598	4022	2686	530	0	191	7306	530	191	8027
1973	3379	3754	855	302	0	320	7988	302	320	8610
1974	0	6334	67	341	0	115	6401	341	115	6857
1975	6600	2903	301	176	0	173	9804	176	173	10153
1976	33	10042	403	303	0	266	10478	303	266	11047
1977	6473	2320	2590	413	0	176	11383	413	176	11973
1978	2938	3677	8105	3000	0	137	14721	3000	137	17858
1979	7917	6325	11591	7617	0	164	25833	7617	164	33613
1980	11592	6705	10572	1491	0	131	28869	1491	131	30491
1981	10339	2395	10023	1762	0	127	22757	1762	127	24646
1982	6692	1506	9661	2766	0	143	17859	2766	143	20768
1983	6431	1337	10950	4069	0	149	18718	4069	149	22936
1984	8388	1194	14137	4698	0	217	23719	4698	217	28634
1985	1546	890	23961	576	2719	1183	26397	3295	1183	30875
1986	5478	1372	21325	1333	5761	679	28175	7094	679	35948
1987	5963	1319	20187	1451	3488	560	27469	4939	560	32968
1988	4187	4617	18996	2389	9437	903	27800	11826	903	40529
1989	2639	616	18115	2989	6991	125	21370	9980	125	31475
1990	3030	452	10507	2734	6028	74	13989	8762	74	22825
1991	2854	743	12153	2232	17118	358	15750	19350	358	35458
1992	2305	2550	8260	3003	15499	326	13115	18502	326	31943
1993	1697	3662	3714	1640	9654	394	9073	11294	394	20761
1994	836	634	1914	1845	8960	37	3384	10805	37	14226
1995	1049	284	3054	2007	6433	133	4387	8440	133	12960

**Xnor<sup>1</sup>:** Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA puertos: Puerto Montt, Calbuco y Ancud.

**Xsur<sup>2</sup>:** Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA puertos: Castro y Quellón.

**XI<sup>3</sup>:** Suma de las capturas informadas por SERNAPESCA puerto de Aysén.



**Tabla 3.** Proporción de las capturas por zonas en función del monitoreo de IFOP.

<b>Años</b>	<b>Xnor</b>	<b>Xsur</b>	<b>XI</b>	<b>Prop_Xnor</b>	<b>Prop_Xsur</b>	<b>Prop_XI</b>
1996	2700	6317	1351	0.260	0.609	0.130
1997	2265	5388	1246	0.255	0.605	0.140
1998	2544	6317	1606	0.243	0.603	0.153
1999	1915	5267	2388	0.200	0.550	0.250
2000	1874	6884	1251	0.187	0.688	0.125
2001	3255	13999	2732	0.163	0.700	0.137
2002	3741	5342	51	0.410	0.585	0.006
2003	2500	10631	63	0.190	0.806	0.005
2004	2576	13810	84	0.156	0.839	0.005
2005	2345	14958	41	0.135	0.862	0.002
2006	2479	13669	252	0.151	0.833	0.015
2007	2398	14356	0	0.143	0.857	0.000
2008	1925	18257	85	0.095	0.901	0.004
2009	3054	14594	19	0.173	0.826	0.001
2010	2693	16565	54	0.139	0.858	0.003
2011	2501	15871	8	0.136	0.863	0.000
2012	1242	8096	130	0.131	0.855	0.014
2013	1146	6165	34	0.156	0.839	0.005
2014	875	5220	31	0.143	0.852	0.005



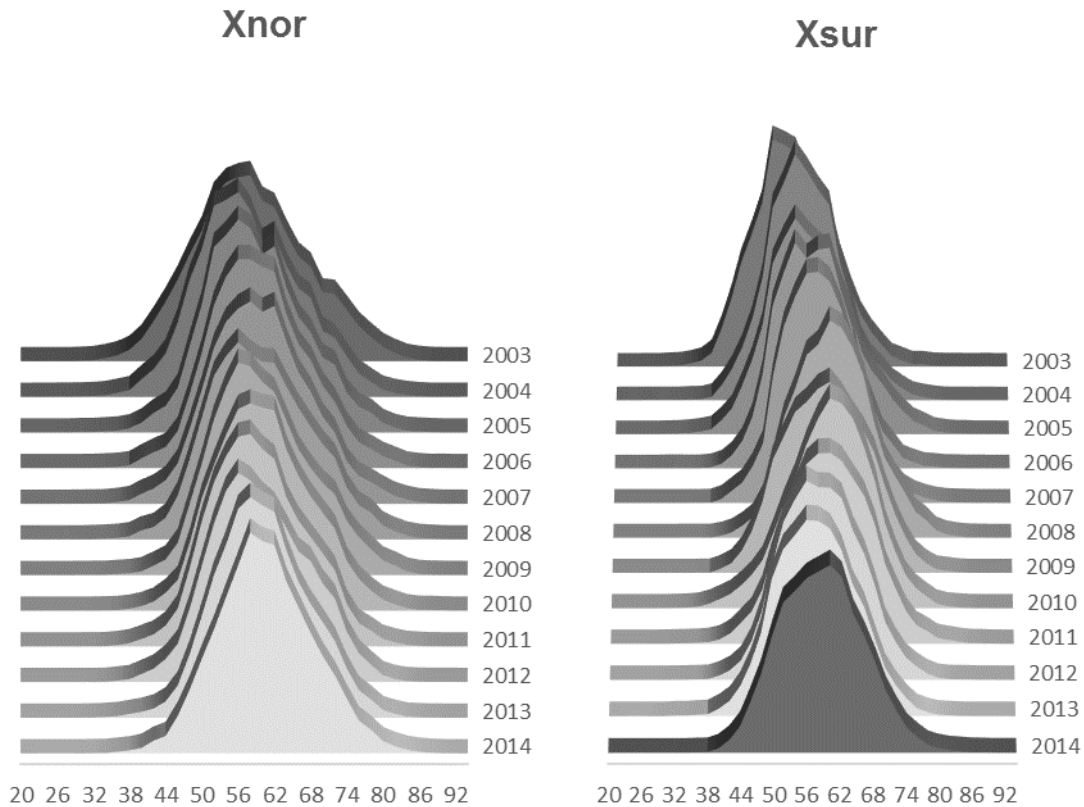
**Tabla 4.** Capturas por zonas proporcionadas en función del monitoreo de IFOP periodo 1967 – 2014.

<b>Años</b>	<b>Xnor</b>	<b>Xsur</b>	<b>XI</b>	<b>TOTAL</b>	<b>Años</b>	<b>Xnor</b>	<b>Xsur</b>	<b>XI</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1967</b>	5195	59	100	5354	<b>1991</b>	15750	19350	358	35458
<b>1968</b>	11129	256	155	11540	<b>1992</b>	13115	18502	326	31943
<b>1969</b>	8743	343	141	9227	<b>1993</b>	9073	11294	394	20761
<b>1970</b>	6893	194	114	7200	<b>1994</b>	3384	10805	37	14226
<b>1971</b>	2402	267	47	2716	<b>1995</b>	4387	8440	133	12960
<b>1972</b>	7306	530	191	8027	<b>1996</b>	4603	10771	2304	17677
<b>1973</b>	7988	302	320	8610	<b>1997</b>	2377	5655	1307	9339
<b>1974</b>	6401	341	115	6857	<b>1998</b>	5655	14040	3571	23265
<b>1975</b>	9804	176	173	10153	<b>1999</b>	2943	8095	3671	14709
<b>1976</b>	10478	303	266	11047	<b>2000</b>	2899	10652	1937	15488
<b>1977</b>	11383	413	176	11973	<b>2001</b>	4198	18054	3523	25775
<b>1978</b>	14721	3000	137	17858	<b>2002</b>	1962	2802	27	4791
<b>1979</b>	25833	7617	164	33613	<b>2003</b>	1347	5725	34	7105
<b>1980</b>	28869	1491	131	30491	<b>2004</b>	2600	13937	84	16621
<b>1981</b>	22757	1762	127	24646	<b>2005</b>	1743	11116	31	12890
<b>1982</b>	17859	2766	143	20768	<b>2006</b>	2054	11322	209	13585
<b>1983</b>	18718	4069	149	22936	<b>2007</b>	1312	7856	0	9168
<b>1984</b>	23719	4698	217	28634	<b>2008</b>	1445	13706	64	15214
<b>1985</b>	26397	3295	1183	30875	<b>2009</b>	2670	12758	17	15444
<b>1986</b>	28175	7094	679	35948	<b>2010</b>	2979	18325	60	21364
<b>1987</b>	27469	4939	560	32968	<b>2011</b>	2738	17375	9	20122
<b>1988</b>	27800	11826	903	40529	<b>2012</b>	1412	9202	148	10762
<b>1989</b>	21370	9980	125	31475	<b>2013</b>	908	4883	27	5818
<b>1990</b>	13989	8762	74	22825	<b>2014</b>	1221	7282	43	8545



#### 4.2.4 Composici3n de tallas

La informaci3n de las tallas observadas proviene del proyecto de "Seguimiento de Recursos Bent3nicos" ejecutado por IFOP. Las estructuras de tallas est3n asociadas de la misma forma en que se asignaron los desembarques, pero con la particularidad que s3lo existen series cronol3gicas de tiempo para Xnor y Xsur durante el periodo 1986 – 2014. Para XI existen datos faltantes en diferentes a3os y no se pudo establecer una serie con estructura de tallas hist3rica. Como se coment3 anteriormente la XI recibir3 un tratamiento diferente a las dos zonas de la X Regi3n. Las **Figura 7 y 8** muestran el desplazamiento de la estructura de tallas para Xnor, Xsur y XI en el tiempo.

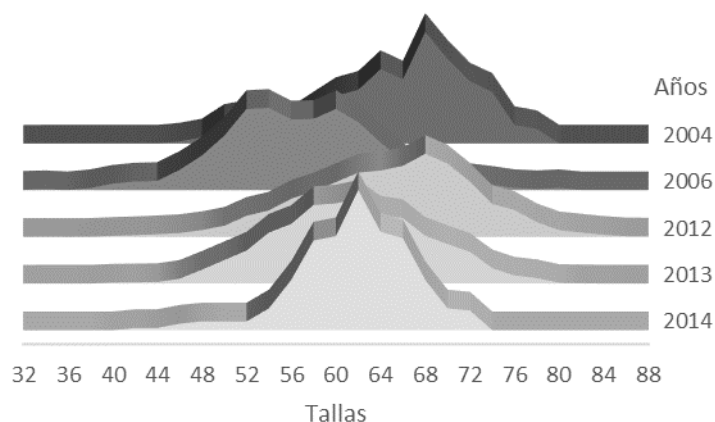


**Figura 7.** Proporción de las tallas observadas según monitoreo de IFOP periodo 2003 – 2014





XI



**Figura 8.** Proporción de las tallas observadas según monitoreo IFOP con datos faltantes

#### 4.2.5 Parámetros Biológicos

Los parámetros biológicos utilizados para el análisis tienen que ver con el crecimiento, la mortalidad natural y la madurez. El crecimiento es modelado mediante la función de Von – Bertalanffy por medio del primer grupo de edad de manera que las tallas a la edad sucesivas se estiman siguiendo la ecuación de Ford - Walford. El desove se supone ocurre en el mes de enero ( $dt = 0.0$ ) mientras que la tasa de mortalidad natural utilizada fue la calculada por Reyes *et al.*, 1994 a través de lectura de anillos ( $M = 0.28$ ).

La **Tabla 5** muestran los parámetros de vida y biológicos utilizados en el modelo de evaluación



**Tabla 5.** Parámetros biológicos utilizados para la evaluaci3n de stock de almeja Xnor y Xsur

Parámetro	Fuente	Valor
L <sub>∞</sub> y k	Reyes <i>et al.</i> , 1994	96.45
	(Lectura de anillos)	0.13
Rango de edades	-	1 – 10+ años
Rango de tallas	-	20 – 94 mm
M (1/año)	Reyes <i>et al.</i> , 1994	0.28
	(Lectura de anillos)	
Factor de condici3n (Xnor y Xsur)	Relaci3n Talla – Peso	0.0004; 0.0004
Coficiente de Isometría (Xnor y Xsur)	Relaci3n Talla - Peso	2.95; 2.97
L <sub>50%</sub>	Estimada Modelo Logístico	32.7 mm



#### 4.2.6 Modelo de Evaluaci3n Zonas 1 y 2 (MOBENTO)

Los datos informativos sobre estructura de tallas, CPUE y desembarques fueron analizados mediante el modelo estadístico de captura a la edad con datos observados a la talla MOBENTO (Canales *et al.*, 2013) el cual es codificado en el software ADMB. El modelo supone que la almeja de las Zonas 1 y 2 tienen 10 grupos de edades y pertenecen a un stock cerrado donde el reclutamiento (primer a1o de edad) est1 en funci3n de los desoves conjunto de agrupaciones cercanas y la sobrevivencia est1 sujeta a variaciones ambientales. Por lo anterior, es que la relaci3n stock – recluta est1 condicionada a procesos estoc1sticos con variaciones aleatorias difusas.

Las capturas son estimadas a la edad, pero mediante un arreglo probabilístico son convertidas a la talla las cuales describen la probabilidad condicional de la talla en cada grupo de edad. La variabilidad de la composici3n de las tallas corresponde al proceso de explotaci3n (selectividad) y del aporte de reclutamientos anuales a la talla. La CPUE muestra la variaci3n de la biomasa explotable y los cambios del patr3n de explotaci3n. Los reclutamientos se suponen comienzan a inicios de cada a1o y estaría en torno a los 42 mm.

El modelo de evaluaci3n trabaja en funci3n de par1metros supuestos conocidos y otros los cuales son estimados en el proceso mismo de an1lisis. La estimaci3n se realiza mediante la maximizaci3n de la verosimilitud de la distribuci3n a priori de los par1metros, con errores de observaci3n, distribuciones a priori o penalizaciones en los par1metros de interés. La **Tabla 6** detalla el modelo de din1mica poblacional utilizado

**Tabla 6.** Modelo MOBENTO (Canales *et al.*, 2013) utilizado para evaluaci3n de stock de Xnor y Xsur

Objetivos, supuestos y prior	Ecuaci3n
<p><u>Sobrevivencia</u></p> <p><math>a</math> es la edad y <math>t</math> es el a1o (1967-2014). La edad comprende los grupos [1 2, ..., 10+].</p> <p>A=10 (edad plus)</p>	$N_{a,t} = N_{a-1,t-1} S_{a-1,t-1}$ $N_{A,t} = N_{a-1,t} S_{a-1,t-1} + N_{A,t-1} S_{A,t-1}$ $S_{a,t} = \exp(-Z_{a,t})$
<p><u>Mortalidad total</u></p> <p><math>F_t</math> es el efecto anual o mortalidad por pesca de completo reclutamiento.</p> <p>M es la mortalidad natural anual y <math>\Psi</math> la selectividad</p>	$Z_{a,t} = M + F_t \Psi_a$



**Continuación Tabla 6**

<p><u>Selectividad</u> Donde A50 es la edad al 50% de retención y s el parámetro de dispersión</p>	$\psi_{a,t} = \begin{cases} \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_1^2}\right] & a \leq A50 \\ \exp\left[-\frac{(a - A50)^2}{2s_2^2}\right] & a > A50 \end{cases}$
<p><u>Población inicial</u> (en equilibrio)</p>	$N_{a,t=1} = R_0 e^{-\sum_{i=1}^{a-1} Z_{i,1}}$ $N_{A,t=1} = N_{A,t=1} / (1 - e^{-Z_{A,1}})$ $BD_0 = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t=1}) w_l O_l$
<p><u>Reclutamiento anual</u> <math>\sigma_R^2 = 0.6</math> h=0.9 (supuesto)</p>	$N_{a=1,t>1} = \frac{\alpha BD_{t-1}}{\beta + BD_{t-1}} e^{\delta_t + 0.5\sigma_R^2}$ $\alpha = \frac{4hRo}{(5h-1)}; \beta = \frac{(1-h)BD_0}{(5h-1)}$
<p><u>Capturas estimadas en edad y año</u></p>	$\hat{C}_{a,t} = \frac{F_{a,t}}{Z_{a,t}} N_{a,t} (1 - S_{a,t})$
<p><u>Capturas estimadas por tallas y año</u></p>	$\hat{C}_{l,t} = P_{l,a} C_{a,t}$
<p><u>Probabilidad de la talla a la edad</u> Donde: l es la talla, <math>L_{00}</math> y k los parámetros de crecimiento (k anual), <math>\sigma</math> la desviación de la talla a la edad y cv el coeficiente de variación.</p>	$P_{l,a} = \int_{l_1}^{l_2} \exp\left\{-\frac{1}{2\sigma_a^2} (l - L_a)^2\right\} dl$ $L_a = L_{00}(1 - e^{-k}) + e^{-k} L_{a-1}$ $\sigma_a = \phi + cv L_a$
<p><u>Desembarques en peso</u> <math>w_l</math> es el peso teórico a la talla supuesto invariante entre años</p>	$\hat{Y}_t = \sum_l C_{l,t} w_l$
<p><u>Biomasa anual y desovante</u> <math>O_l</math> corresponde a la ojiva de madurez sexual a la talla. BD es la biomasa desovante</p>	$B_t = \sum_l (P_{l,a} N_{a,t}) w_l$ $BD_t = \sum_l (P_{l,a} [N_{a,t} e^{-0.91Z_{a,t}}]) w_l O_l$



<p><u>Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE)</u>  <math>q</math> es la capturabilidad, <math>b</math> el parámetro de hiper-estabilidad y el factor 0.5 corresponde a la mitad del año.</p>	$CPUE_t = q \left[ \sum_l P_{l,a} (N_{a,t} \psi_a e^{-0.5Z_{a,t}}) w_l \right]^b$
<p><u>Proporción de la captura a la talla</u></p>	$\hat{p}_{l,t} = \frac{P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}{\sum_l P_{l,a} \hat{C}_{a,t}}$

### Modelo de los errores y función objetivo

Función/fuente	-log-verosimilitud
<p><u>Índice de abundancia y desembarques</u>  <math>\sigma_t</math> es la desviación estándar del índice o desembarques en escala logarítmica (logaritmo natural)</p>	$-l(I) = \frac{1}{2\sigma_t^2} \sum_t \left( \frac{\log \hat{I}_t}{\log I_t} \right)^2 + cte$
<p><u>Proporción de la captura a la talla</u>  Corresponde a las capturas a la talla o de edades, y <math>n^a</math> es el tamaño de muestra efectivo empleado para las edades y <math>n^l</math> para las tallas.</p>	$-l(p) = n p_{l,t} \ln \hat{p}_{l,t}$
<p><u>Función objetivo</u>  Máximo a posteriori: Corresponde al negativo de las sumas de log-verosimilitud marginales más el logaritmo de las priors (<math>\pi</math>), las que recaen sobre el error del proceso del reclutamiento, talla del reclutamiento y coeficiente de variación de la talla a la edad</p>	$\sum l(x) + \sum \pi(\theta)$ $\log(L_0) \sim N(54, 0.1)$ $\log(cv) \sim N(0.1, 0.1)$ $\delta_t \sim N(0, 0.6)$

#### 4.2.6.1 Condiciones iniciales

El análisis de los datos comienza el año 1967, pero como existen registros que en la X Región la pesquería ya estaba en explotación, el modelo supone una condición no virginal. Durante este periodo la mortalidad total ( $Z$ ) explica la disminución de los individuos a partir de los reclutamientos.



#### 4.2.6.2 Reclutamientos

El reclutamiento de los individuos a la pesquería corresponde al grupo de ejemplares de una misma edad que comienza a ser capturado bajo la normativa de una talla mínima legal de extracción. El reclutamiento corresponde a variables aleatorias provenientes de una relación stock – recluta (S-R) tipo Beverthon & Holt con error de proceso. Los desvíos son modelados en escala logarítmica proveniente de una distribución normal con media 0 y desviación  $\sigma_R$ . Esto significa que, si existiese una relación entre reclutas y desovantes, estos están condicionados por procesos aleatorios en función de cambios ambientales y ecológicos. En el caso de los recursos bentónicos, estos están sujetos al aporte larval de localidades vecinas, cuyo éxito de asentamiento está sujeto al factor ambiental u oceanográfico característica de la zona. La relación S – R es parametrizado en términos del reclutamiento virginal y la pendiente de escarpamiento (h) es supuesta en 0.9.

#### 4.2.6.3 Selectividad y mortalidad por pesca

La selectividad es modelada mediante una distribución doble normal pero adaptada al tipo logístico, lo que significa que la explotación está orientada a ciertos individuos con una determinada talla, donde los pescadores mediante buceo buscan los calibres de las almejas acordes para su exportación.

La edad de primera captura está entre los 5 y 6 años, pero este parámetro luego es estimado en el modelo de evaluación incluyendo bloques de selectividad (cambios en el patrón de explotación a lo largo de los años). El incorporar cambios en la selectividad en la serie de tiempo obedece a evitar la auto-correlación en el proceso de ajuste del modelo y, por otra parte, integrar el comportamiento de búsqueda de los buzos los cuales rotan las áreas de pesca ya sea en términos batimétricos o latitudinales.

#### Xnor

En Xnor las capturas de almeja están orientadas principalmente al consumo fresco pero desde el año 2002 el esfuerzo de pesca ha ido en aumento hacia ejemplares más pequeños con destino industria y con un fuerte desplazamiento de la moda hacia tallas inferiores en el rango de 50 – 55 mm (González y Barahona, 2007).



### Xsur

El esfuerzo de pesca en la Xsur est1 orientado a los ejemplares m1s peque1o debido a la gran demanda existente de almeja por parte de la Industria. En relaci3n al patr3n de explotaci3n, en el a1o 2002 la explotaci3n del recurso deriv3 en un desplazamiento de la estructura de tallas hacia los ejemplares m1s peque1os ya que el cambio fue a nivel regional (Gonz1lez y Barahona, 2007). La **Tabla 7** detalla los bloques utilizados en el modelo de evaluaci3n

**Tabla 7.** Bloques de selectividad usados en el modelo.

Zona	Bloques de Selectividad	Fundamento
<b>Xnor</b>	1967 – 2002	Requerimientos del mercado orientado a tallas m1s peque1as
	2003 - 2014	
<b>Xsur</b>	1967 – 2002	Requerimientos del mercado orientado a tallas m1s peque1as
	2003 - 2014	

#### **4.2.6.4 Capturabilidad**

Por lo general, la extracci3n de recursos bent3nicos manifiesta una din1mica bien particular, ya que los pescadores capturan el recurso en una determinada localidad (procedencia) buscando mejores rendimientos y calibres, para luego desplazarse a otras localidades si esta ya no cumple con sus expectativas. Esta rotaci3n de 1reas hace que el recurso pueda recuperar su abundancia en el tiempo y contin1e siendo una opci3n real de extracci3n para un pr3ximo viaje de pesca. Esta din1mica extractiva proporcionaría la híper - estabilidad de la CPUE a trav1s del tiempo. Esta se manifiesta como una tasa de disminuci3n de la CPUE mucho menor que la verdadera. Esta condici3n se daría en la pesquería de la almeja por lo que la CPUE estaría en funci3n de la biomasa explotable.

Por cambios en la eficiencia de captura y desplazamiento a otras zonas de pesca se proponen bloques de capturabilidad para las dos zonas (**Tabla 8**)

**Tabla 8.** Bloques de capturabilidad usadas en el modelo.

Zona	Bloques de Capturabilidad	Fundamento
Xnor	1967 – 2014	No presenta grandes variaciones en la CPUE (rendimiento)
	1967 – 2001	Efecto de marea roja que provocó mayor intensidad de capturas sobre bancos específicos y capturas provenientes en Aysén registradas en puerto de Quellón
Xsur	2002 – 2009	
	2010 - 2014	

#### 4.2.6.5 Peso estadístico de la información

El ajuste estadístico del modelo a los datos observados cumple una labor importante en los supuestos ocupados en la evaluación de stock. Para tales efectos es necesario precisar el nivel de error que pudiese tener esta conforme al supuesto de su distribución estadística, destacándose que a menudo los resultados son condicionales a la escala de los desembarques supuestos con mínimo error de observación. Los coeficientes de variación de los índices de abundancia y capturas se establecen en base al juicio experto como hiper-prior (**Tabla 9**).

**Tabla 9.** Factores de ponderación empleados como entrada al modelo de evaluación de stock almeja

Zona	sd(logCPUE)	sd(logC)
Xnor	0.15	0.05
Xsur	0.15	0.05





#### 4.2.6.6 Modelo de an3lisis XI (MODACT)

Debido a datos faltantes asociados a las capturas y estructura de tallas para la XI se utiliza un modelo de an3lisis en equilibrio estructurado por rango de tallas iguales y con paso de tiempo variable. El modelo es codificado en ADMB (Automatic Differentiation Model Builder) y como informaci3n de entrada se alimenta por la estructura de tallas (2012, 2013 y 2014), el vector de madurez y pesos medios a la talla y los par3metros biol3gicos de vida mencionados en el punto 2.5. Este modelo de evaluaci3n nos da indicios del patr3n de explotaci3n actual de la pesquería en esa zona, el nivel de mortalidad por pesca y los Puntos Biol3gicos de Referencia (PBR) que son de gran utilidad para el diagn3stico. La **Tabla 10** muestra en detalle el modelo de Rendimiento por Recluta



Tabla 10. Modelo MODACT (Canales *et al.*, 2014) utilizado para evaluación de stock de XI.

Procesos/estados	Modelo	Definiciones
Sobrevivientes por intervalo de tallas	$N_{l(i)} = N_0 \exp\left(-\sum_{i=1}^{nl-1} Z_{l(i-1)} \Delta t_{l(i-1)}\right)$ $\Delta t_{l(i)} = t_{l(i)} - t_{l(i-1)}$ $t_{l(i)} = -\frac{1}{K} \ln\left\{1 - \frac{l(i)}{L_{\infty}}\right\}$	<p><math>l(i)</math> es el <math>i</math>-ésimo intervalo de talla, <math>N</math> la abundancia, <math>N_0</math> la abundancia de individuos en el primer intervalo de tallas (a estimar), <math>\Delta t</math> es el tiempo en crecer entre dos intervalos de tallas consecutivos y <math>Z</math> la mortalidad total</p> <p><math>K</math> y <math>L_{\infty}</math> son los parámetros de crecimiento supuestos conocidos</p>
Mortalidad	$Z_{l(i)} = F_{l(i)} + M$ $F_{l(i)} = S_{l(i)} F_{cr}$	<p><math>M</math> es la mortalidad natural, <math>F_{cr}</math> la mortalidad por pesca de las tallas completamente reclutadas y <math>S</math> la selectividad a la talla</p>
Selectividad	$S_{l(i)} = \left[1 + \exp\left(2.94 \left(\frac{(l_i - l_{50})}{\delta}\right)\right)\right]^{-1}$	<p><math>l_{50}</math> y <math>\delta</math> son parámetros por estimar</p>
Captura estimada por intervalo de talla	$\hat{C}_{l(i)} = \frac{F_{l(i)}}{Z_{l(i)}} N_{l(i)} \{1 - \exp(-Z_{l(i)} \Delta t_{l(i)})\}$	
Biomasa parental o desovante	$B = N_{l(i)} w_{l(i)} O_{l(i)} \exp(-\tau Z_{l(i)})$	<p><math>w</math> y <math>O</math> son vectores de peso y madurez a la talla respectivamente. <math>\tau</math> es la fracción del año donde ocurre el desove</p>
Modelo de error de observación (Función objetivo)	$L = -n \sum_{i=1}^{nl} \frac{C_{l(i)}}{\sum C_{l(i)}} \ln\left(\frac{\hat{C}_{l(i)}}{\sum \hat{C}_{l(i)}}\right)$	<p><math>n</math> es el tamaño de muestra teórico efectivo (fijo)</p>



### 4.3. RESULTADOS

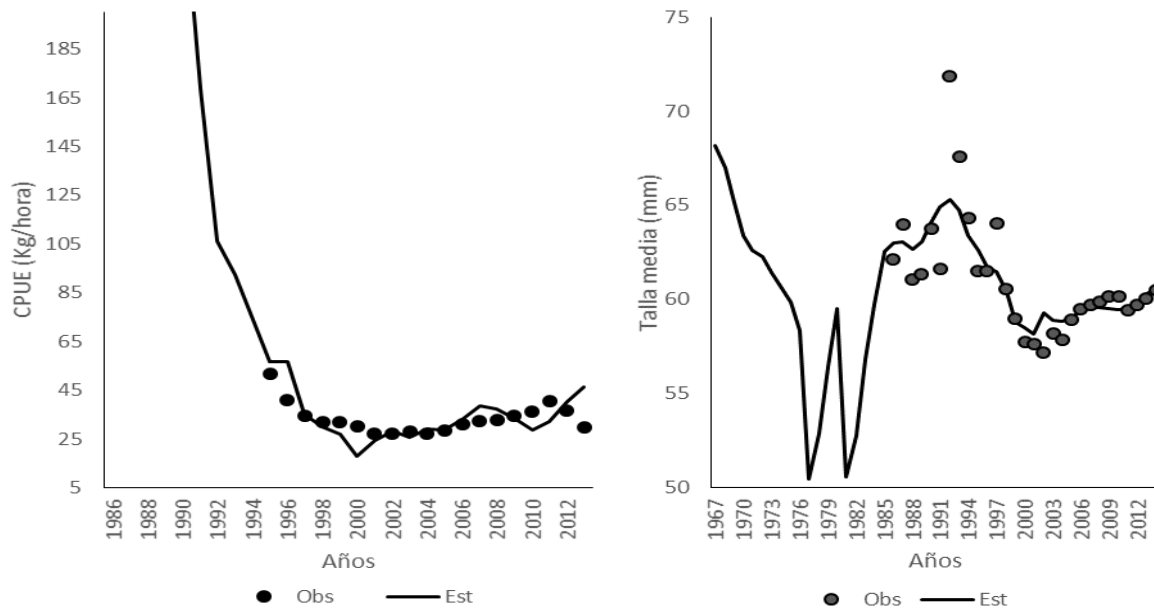
#### 4.3.1. Ajuste del Modelo de Evaluación MODBENTO (Xnor y Xsur)

El modelo se ajustó de buena forma a los datos observados (especialmente a la tallas medias) pero con una gran incertidumbre en los reclutamientos y las CPUE en donde no existen datos observados con niveles muy altos. La variabilidad del ajuste se explica en gran parte por estas componentes.

##### Xnor

La CPUE en esta zona muestra una constante a través del tiempo, teniendo una leve alza en el último año. El rendimiento de captura se ha mantenido en torno a una media ya que las capturas no sobrepasan el valor de las 2000 toneladas promedio desde el año 2000 según la proporción propuesta.

Las tallas medias han presentado variaciones en el tiempo, teniendo en cuenta que esta Zona está orientada al abastecimiento de consumo fresco, la aparición de la venta a industria del recurso hizo que las tallas disminuyeran su calibre (**Figura 9**)



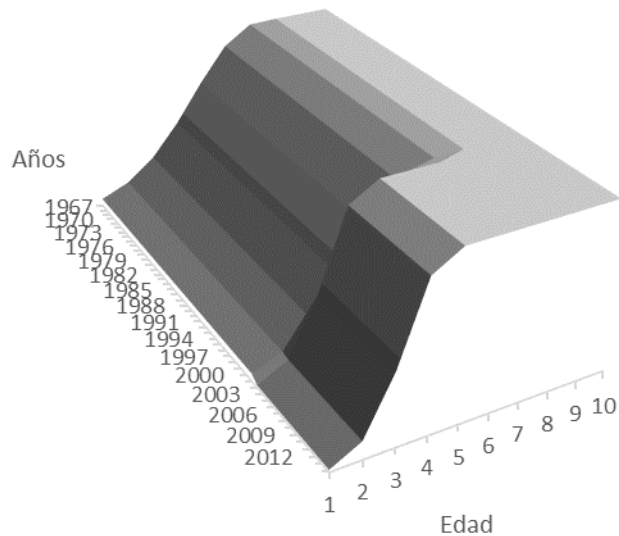
**Figura 9.** Ajuste del modelo de evaluación a los datos observados de CPUE y tallas medias Xnor periodo 1967 -2014



Las estimaciones de mortalidad por pesca y bloques de selectividad a través del tiempo se muestran en las **Figuras 10 y 11**.



**Figura 10.** Mortalidad por pesca estimada para Xnor periodo 1967 - 2014



**Figura 11.** Bloques de selectividad a la edad estimados Xnor



**Tabla 11.** Parámetros estimados por el modelo MODBENTO ajustado a los datos observados Xnor

---

# Number of parameters = 113 Objective function value = 6486.61 Maximum gradient component = 3.12947e-006

# log\_L50:  
1.98079 1.57577

# log\_sigma1:  
0.810297 0.111489

# log\_sigma2:  
9.20000 9.20000

# log\_Ro:  
5.21074335516

# dev\_log\_Ro:  
0.192080926675 0.217618394241 0.243576457752 0.270598264530 0.299014425054 0.319331837612 0.307326063400  
0.258112532764 0.199639980812 0.152357960298 3.61363270200 0.198739938931 0.301920975977 0.413649179180  
2.16007171234 0.362066849819 1.87857870249 0.861484296922 1.68056113627 0.605522750155 0.715690532461  
0.000202447784898 -0.356606947203 -0.321731663782 -0.563904906250 -0.262328969850 -0.418156893813 -0.718243519789 -  
0.785865337131 -0.546039534560 -0.473810172669 -0.910647810377 -0.860760177887 -0.840495687244 -0.633388298135 -  
0.787294576495 -0.854397617102 -0.901731539024 -0.690045094014 -0.589072520888 -0.622739145624 -0.649192081440 -  
0.737491466274 -0.768047799475 -0.644062665528 -0.326716608205 -0.0301810366586 0.0411740019604

# dev\_log\_No:  
0.121745778010 0.102063316963 0.0856177022783 0.0722542028418 0.0608952566551 0.0508354286210 0.0418661348601  
0.0336994498070 0.0264345573903 0.0883154770995

# log\_F:  
-1.80365125625 -0.815143576291 -0.760908488937 -0.786350758252 -1.81354508887 -0.698137362536 -0.489793478146 -  
0.630262119067 -0.0782832741332 0.245637821656 0.699999884922 0.699999609976 0.558470186410 -0.0655196211902 -  
0.854757499441 -1.44892234482 -1.53820902282 -1.22396331096 -0.931446921091 -0.722817400727 -0.609352457040 -  
0.417161143837 -0.502231386459 -0.798447821395 -0.495367626792 -0.310614279191 -0.215849090322 -0.911748079762 -  
0.498796407684 -0.243935192616 -0.806647520076 0.292850249435 -0.0295356379843 0.0680458708765 0.699999989545 -  
0.258497262481 -0.711350648998 -0.113843428335 -0.575844846050 -0.470741939686 -0.984263238708 -1.02952473279 -  
0.470407373071 -0.290276681888 -0.280373866462 -1.00129995351 -1.65775653545 -1.56523973047

# log\_qflo:  
-5.06647622207

# log\_b:  
0.00000000000

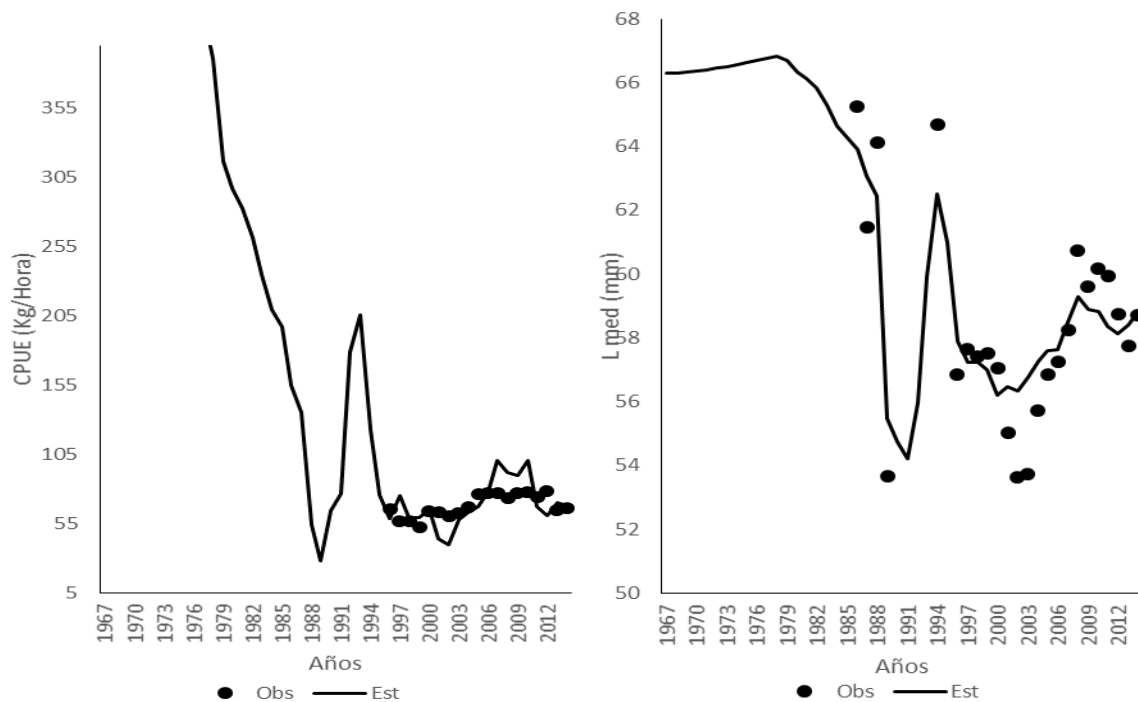
# log\_Lo:  
3.70675363615

# log\_cv\_edad:  
-2.30258509299



## Xsur

La CPUE ha presentado cambios a lo largo del tiempo, desde el año 1986 que es donde existen registros, la variabilidad es alta y no sigue un patrón constante. Esto podría deberse a que, durante los años 2000 hasta aproximadamente 2010, las capturas registradas en el puerto de Quellón provendrían desde la Región de Aysén generando un falso aumento de los rendimientos en las zonas cercanas a la Xsur. Las tallas medias desde el año 2002 registran un constante aumento, llegando a los 59 mm en el año 2009 para luego decaer a los 57 mm en el año 2013 (**Figura 12**)



**Figura 12.** Ajuste del modelo de evaluación a los datos observados de CPUE y tallas medias Xsur periodo 1967 -2014

La Mortalidad por pesca ha presentado una importante baja desde el año 2001 en donde ha presentado variabilidad con valores altos y bajos presentando una tendencia a la baja desde el año 2011 (**Figura 13**). El patrón de explotación ha sido el mismo a través de los años, representado por la estructura de tallas de las capturas (**Figura 14**). Los parámetros estimados en el modelo de evaluación se presentan en la **Tabla 12** La variación en los reclutamientos presenta aleatoriedad y distintas tendencias a lo largo de los años en las zonas propuestas. Esto da indicios del comportamiento particular de cada unidad de stock (**Figura 15**)

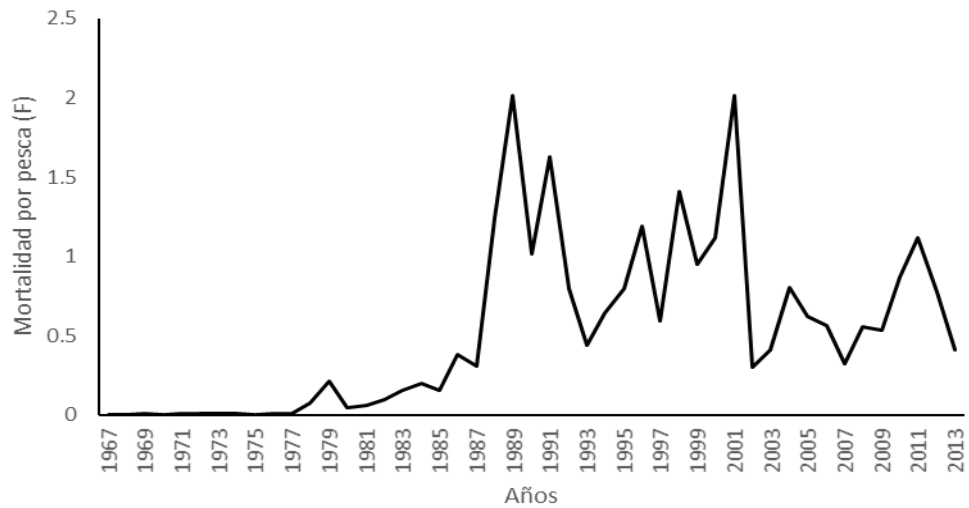


Figura 13. Mortalidad por pesca estimada Xsur periodo 1967 -2014.

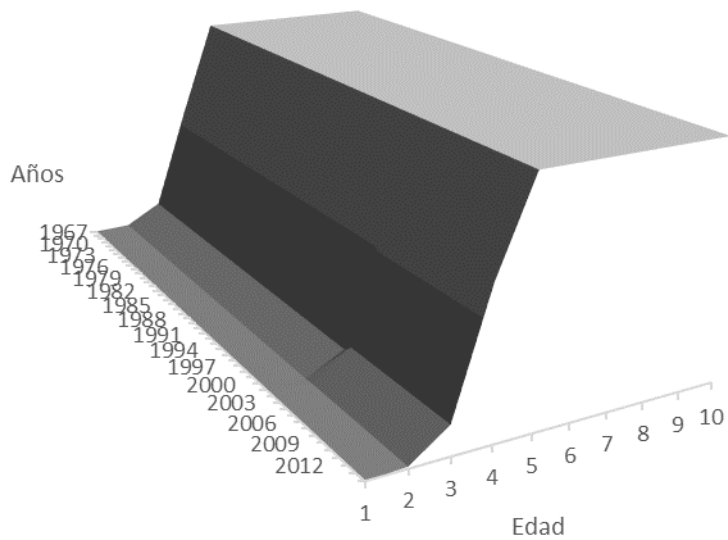


Figura 14. Bloques de selectividad a la edad estimados Xsur



**Tabla 12.** Parámetros estimados por el modelo MODBENTO ajustado a los datos observados Xsur

---

# Number of parameters = 115 Objective function value = 5024.28 Maximum gradient component = 2.57008e-005

# log\_L50:  
1.60624 1.59071

# log\_sigma1:  
-0.0890256 -0.0639224

# log\_sigma2:  
9.20000 9.20000

# log\_Ro:  
5.72008698987

# dev\_log\_Ro:  
-0.0867536914338 -0.107385228964 -0.132443620664 -0.160577131653 -0.193006988721 -0.229683059505 -0.270257942348 -  
0.315774915269 -0.373920479574 -0.445310203908 -0.498133822372 -0.499049525123 -0.412711899977 -0.327267247849 -  
0.448461136243 -0.566063867869 -0.222806522148 -1.14338629974 -0.592498980961 0.869229298406 0.198342723273  
1.87479122122 -0.411573574381 -1.13948209950 -0.681304463017 0.339125247069 -0.0770257490823 0.508775341341 -  
0.0647293475647 0.376296856040 0.722668248113 -0.00478993836468 0.208255243553 0.764846545925 0.399718088120  
0.720398160310 0.720711331323 0.209232236517 0.679181660301 0.510977989031 0.515011952073 0.172266248639 -  
0.0506409846507 -0.0632499972162 -0.162208458263 -0.0862460813403 -0.0147031437633 -0.00838198978046

# dev\_log\_No:  
-0.0623466113661 -0.0490232631098 -0.0383406594776 -0.0298673888170 -0.0231735571498 -0.0178887037367 -  
0.0137467865172 -0.0105197762294 -0.00801601641331 -0.0244636911709

# log\_F:  
-6.77580522732 -5.30307161985 -5.00182161556 -5.56257115134 -5.23298878971 -4.53182088486 -5.07667608195 -  
4.93747036226 -5.57990360176 -5.01507874557 -4.67807421760 -2.63462967453 -1.54970833539 -3.05008362966 -  
2.83608940938 -2.32275160709 -1.85126032032 -1.60954914778 -1.88713737124 -0.967429116428 -1.16732224876  
0.216221877680 0.699999975016 0.0167738551773 0.486194195489 -0.228356822411 -0.826612753690 -0.443222004277 -  
0.230253945467 0.176736196291 -0.522950913808 0.344003656155 -0.0519228819293 0.113187709805 0.699999996018 -  
1.20826412984 -0.900102700118 -0.222176949535 -0.477336587851 -0.579585695579 -1.12787182467 -0.587163994797 -  
0.621455800209 -0.141893794006 0.113381439726 -0.259682655763 -0.898869708939 -0.540246457220

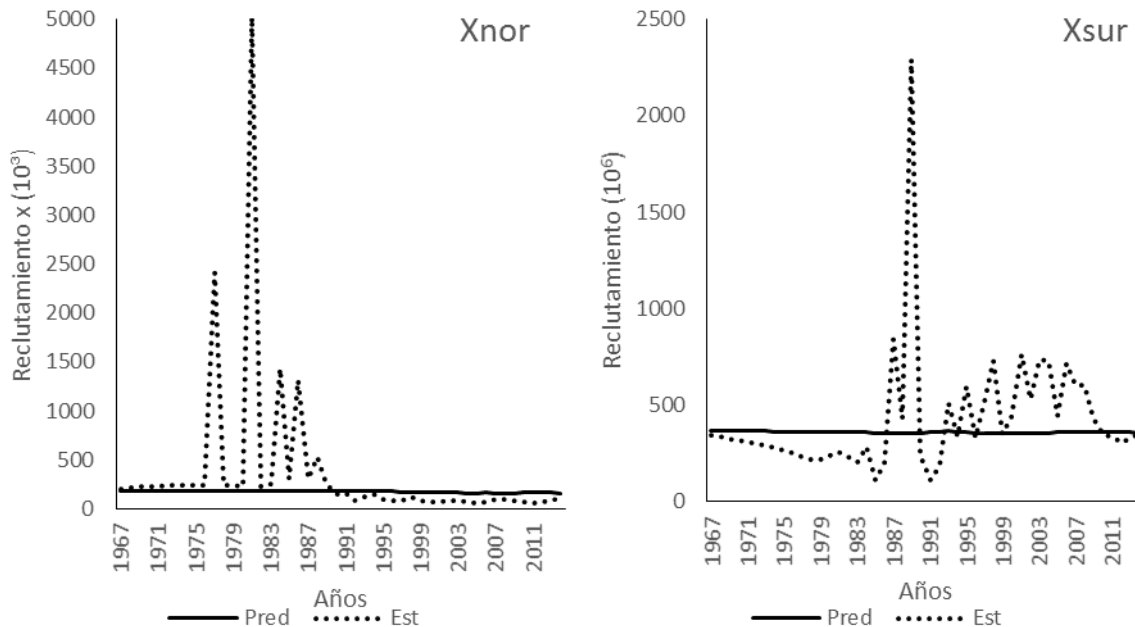
# log\_qflo:  
-4.52569280059 -5.25122688542 -4.88239530126

# log\_b:  
0.00000000000

# log\_Lo:  
3.57945420336

# log\_cv\_edad:  
-2.30258509299





**Figura 15.** Reclutamientos estimados Xnor y Xsur periodo 1967 – 2014. La línea punteada representa la relación S-R con  $h = 0.9$ .

#### 4.3.2. Variables poblacionales

Existe una gran diferencia de reducción poblacional entre zonas con una alta disparidad en las variables de interés de los stocks analizados. La estimación de la biomasa desovante para Xnor revela un alto grado de incertidumbre en los reclutamientos producidos en el año 1981 donde incluso estos podrían haber generado un nivel mayor (en términos de abundancia) que la biomasa virginal (**Figura 16; Tabla 13**). El progresivo aumento de la mortalidad por pesca en la década de 1970 tuvo una drástica caída a inicios de 1980, coincidiendo con el reclutamiento fuerte en ese periodo, lo que propicio un aumento en la biomasa en su punto más alto a mediados de los 80. Después de este periodo de grandes anomalías (sobre todo en el reclutamiento) las capturas han ido decayendo notoriamente en esta zona llegando a niveles críticos y representando solo el 15% de la captura global de la X Región (de acuerdo a la proporción propuesta).

En Xsur se presentan mayores fluctuaciones de biomasa durante el periodo de tiempo analizado pero la variación no es tan pronunciada como en Xnor. Existe un gran reclutamiento el año 1988 generando altos volúmenes de biomasa durante 1992 hasta 1994. La mortalidad por pesca empieza



a mostrar un alto nivel desde 1988 y progresivamente va en aumento hasta el a1o 2001 que es donde presenta su m1ximo hist3rico (**Figura 17, Tabla 14**). Esto coincide con la historia de la pesquer1a que indica que en ese a1o los pescadores de Quell3n y zonas cercanas iban a capturar a la Regi3n de Ays3n, pero en ese periodo aparece con fuerza el problema de la marea roja que impide a pescadores extraer recursos de la XI, provocando una baja en la intensidad de explotaci3n y por ende en la mortalidad por pesca asociada.

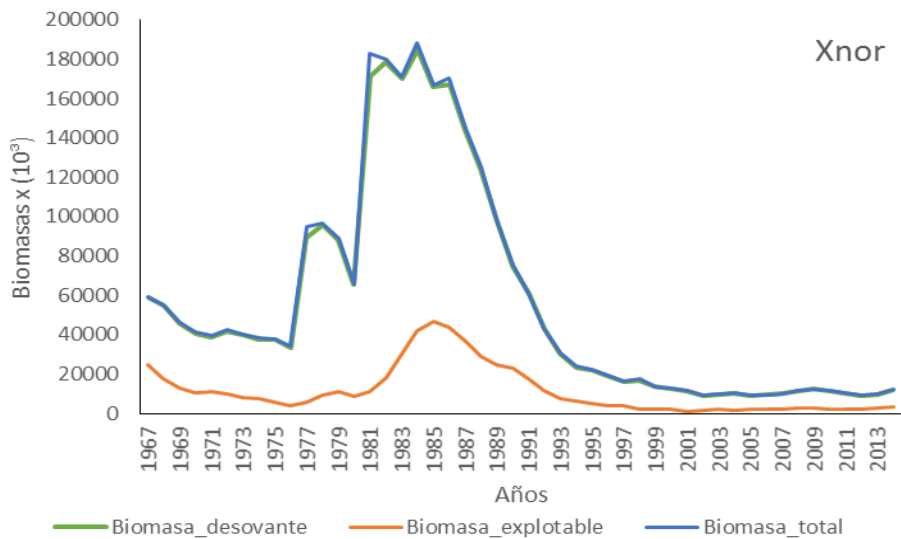


Figura 16. Biomosas de almeja estimada Xnor

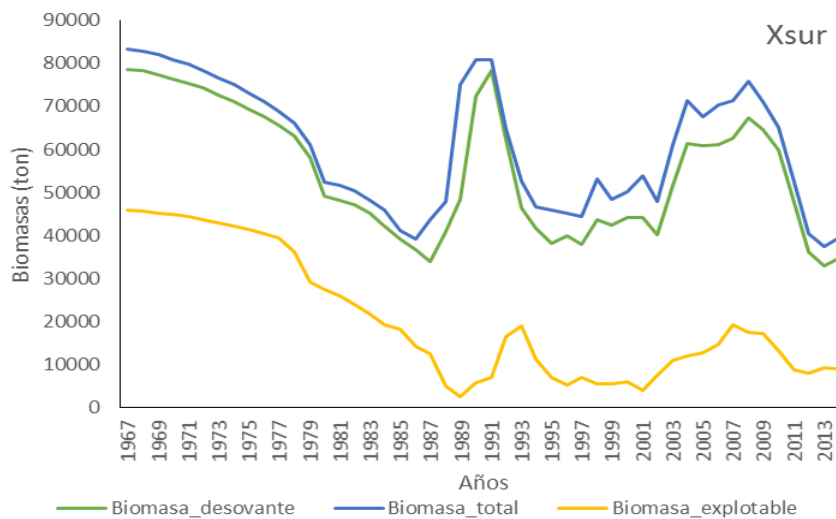


Figura 17. Biomosas de almeja estimada Xsur



**Tabla 13.** Variables poblacionales estimadas por el modelo Xnor periodo 1967 – 2014

<b>Años</b>	<b>B_desov</b>	<b>B_explo</b>	<b>B_tot</b>	<b>F</b>	<b>Años</b>	<b>B_desov</b>	<b>B_explo</b>	<b>B_tot</b>	<b>F</b>
<b>1967</b>	58729	24707	59262	0.18	<b>1991</b>	60560	17446	60994	0.64
<b>1968</b>	54470	17508	55038	0.48	<b>1992</b>	43077	11601	43328	0.77
<b>1969</b>	45590	12823	46173	0.51	<b>1993</b>	30181	7294	30502	0.84
<b>1970</b>	40740	10375	41335	0.50	<b>1994</b>	23455	6356	23850	0.42
<b>1971</b>	38734	11142	39340	0.18	<b>1995</b>	22165	5090	22443	0.63
<b>1972</b>	41810	9852	42428	0.56	<b>1996</b>	19231	3895	19453	0.83
<b>1973</b>	39834	8307	40462	0.70	<b>1997</b>	16289	3895	16518	0.48
<b>1974</b>	37609	7749	38249	0.62	<b>1998</b>	16965	2416	17293	1.41
<b>1975</b>	37372	5917	38017	1.11	<b>1999</b>	13438	2057	13674	1.00
<b>1976</b>	33643	4090	34280	1.59	<b>2000</b>	12350	1869	12539	1.09
<b>1977</b>	89002	5921	94790	1.41	<b>2001</b>	11246	1223	11436	2.01
<b>1978</b>	95572	9095	96644	1.25	<b>2002</b>	9127	1677	9345	0.81
<b>1979</b>	88335	11160	88985	1.64	<b>2003</b>	9403	1946	9609	0.53
<b>1980</b>	65232	8474	65830	2.01	<b>2004</b>	10124	1771	10310	0.97
<b>1981</b>	171087	10988	183101	1.46	<b>2005</b>	9168	2001	9334	0.64
<b>1982</b>	178467	18039	180059	0.80	<b>2006</b>	9362	1972	9548	0.73
<b>1983</b>	170229	29797	170959	0.52	<b>2007</b>	9899	2271	10143	0.44
<b>1984</b>	184831	41962	188306	0.46	<b>2008</b>	11318	2653	11561	0.42
<b>1985</b>	166118	47004	167172	0.44	<b>2009</b>	12293	2575	12514	0.73
<b>1986</b>	167062	43755	170293	0.49	<b>2010</b>	11413	2309	11594	0.86
<b>1987</b>	143813	36328	144849	0.56	<b>2011</b>	9990	1976	10155	0.91
<b>1988</b>	124082	29150	125439	0.69	<b>2012</b>	8877	2221	9045	0.48
<b>1989</b>	97760	24942	98492	0.63	<b>2013</b>	9655	2765	9862	0.27
<b>1990</b>	75131	22742	75555	0.47	<b>2014</b>	12177	3195	12488	0.31

B\_desov: Biomasa desovante; B\_tot: Biomasa total; B\_explot: Biomasa explotable; R\_est: Reclutamiento; F: Mortalidad por pesca.



**Tabla 14.** Variables poblacionales estimadas por el modelo Xsur periodo 1967 – 2014

<b>Años</b>	<b>B_desov</b>	<b>B_explot</b>	<b>B_tot</b>	<b>F</b>	<b>Años</b>	<b>B_desov</b>	<b>B_explot</b>	<b>B_tot</b>	<b>F</b>
<b>1967</b>	78618	45927	83378	0.001	<b>1991</b>	48358	5920	72389	1.017
<b>1968</b>	78184	45622	82840	0.005	<b>1992</b>	72389	7097	78241	1.626
<b>1969</b>	77394	45194	81950	0.007	<b>1993</b>	78241	16494	62387	0.796
<b>1970</b>	76391	44837	80836	0.004	<b>1994</b>	62387	18985	46366	0.438
<b>1971</b>	75411	44355	79735	0.005	<b>1995</b>	46366	11362	41565	0.642
<b>1972</b>	74203	43574	78391	0.011	<b>1996</b>	41565	6989	38279	0.794
<b>1973</b>	72582	42894	76622	0.006	<b>1997</b>	38279	5397	39926	1.193
<b>1974</b>	71063	42123	74944	0.007	<b>1998</b>	39926	6974	37832	0.593
<b>1975</b>	69338	41390	73048	0.004	<b>1999</b>	37832	5452	43782	1.411
<b>1976</b>	67597	40459	71105	0.007	<b>2000</b>	43782	5473	42502	0.949
<b>1977</b>	65494	39328	68767	0.009	<b>2001</b>	42502	5992	44285	1.120
<b>1978</b>	63065	36089	66157	0.072	<b>2002</b>	44285	4077	44266	2.014
<b>1979</b>	58057	29223	61109	0.212	<b>2003</b>	44266	7616	40084	0.299
<b>1980</b>	49229	27453	52493	0.047	<b>2004</b>	40084	11098	51569	0.407
<b>1981</b>	48079	26078	51620	0.059	<b>2005</b>	51569	11944	61271	0.801
<b>1982</b>	47184	24126	50434	0.098	<b>2006</b>	61271	12896	60797	0.620
<b>1983</b>	45186	21646	48080	0.157	<b>2007</b>	60797	14900	61128	0.560
<b>1984</b>	42217	19302	45960	0.200	<b>2008</b>	61128	19184	62733	0.324
<b>1985</b>	39248	18213	41277	0.152	<b>2009</b>	62733	17600	67413	0.556
<b>1986</b>	36620	14279	39161	0.380	<b>2010</b>	67413	17164	64527	0.537
<b>1987</b>	33871	12499	43770	0.311	<b>2011</b>	64527	13295	59929	0.868
<b>1988</b>	41036	5036	47960	1.241	<b>2012</b>	59929	8906	47664	1.120
<b>1989</b>	48358	2614	75042	2.014	<b>2013</b>	47664	7965	36177	0.771
<b>1990</b>	72389	5920	80806	1.017	<b>2014</b>	36176.7	9220.13	33065.7	0.407

B\_desov: Biomasa desovante; B\_tot: Biomasa total; B\_explot: Biomasa explotable; R\_est: Reclutamiento; F: Mortalidad por pesca.



### 4.3.3. Análisis de sensibilidad

La evaluación de stock incorpora dentro del modelado fuentes de incertidumbre relativa a los supuestos o hiper-priors. Pequeños cambios en los supuestos empleados pueden generar variaciones en las estimaciones globales de verosimilitud y sesgando los cálculos entre valores observados y predichos. Para la evaluación de almeja, el parámetro  $h$  (steepness) de la relación stock – recluta puede generar proyecciones de biomazas distintas en cuanto a su valor supuesto conocido.

En el escenario 1 el valor de  $h$  disminuyó a 0.5, asumiendo una relación stock – recluta bastante fuerte para las zonas propuestas. En el escenario 2 el valor aumentó a 0.7 con el fin de evaluar si la densidad-dependencia es fuerte o débil en cuanto a la conexión larval que puede existir en las zonas. Este se evaluó en escenarios distintos a los del escenario base. Los resultados muestran que las sumas de los componentes de verosimilitud con un  $h=0.5$  y  $0.7$  es menor a la utilizada en el escenario base ( $h=0.9$ ), la cual indica que la condición del stock en la  $X_{nor}$  podría ser incluso menor al 22% estimado, ya que en ambos escenarios la razón de  $BD/BDo$  llegaría al 16%. En  $X_{sur}$  estas variaciones en el valor de  $h$  también tienen importancia en términos de la condición del stock pero la verosimilitud total sigue siendo mayor a la del escenario base.

A su vez, el supuesto del grupo etario que conforma la población también se analizó en las dos zonas en propuestas mediante el MODBENTO. Para esto se usaron grupos etarios de 8 y 12 años para ver si la estructura de tallas explica el ciclo de vida que supondría debe tener la población. De acuerdo a los parámetros de crecimiento fijados, en  $X_{nor}$  el grupo de edades sí tiene influencia sobre el modelado y sugiere que las edades contempladas en el modelo son correctas de acuerdo a la condición actual del stock. En cambio, en  $X_{sur}$ , los grupos de edades no difieren en mayor magnitud en relación a la reducción de stock y la suma de los componentes de verosimilitud incluso es menor cuando se utilizan 8 grupos de edades en vez de 10. Los **Tablas 15 y 16** muestran los resultados obtenidos en los escenarios propuestos en las dos zonas.



**Tabla 15.** Verosimilitudes, reducción poblacional y mortalidad por pesca en cada escenario propuesto, XNOR

Xnor	CPUE	Desemb	Prop	dev_Rt	dev_No	SUMA	F	BD/Bdo
<b>Base</b>	<b>9.99</b>	<b>0.43</b>	<b>6427</b>	<b>55.47</b>	<b>0.06</b>	<b>6493</b>	<b>0.30</b>	<b>0.22</b>
s1	9.79	0.39	6427	43.35	0.08	6481	0.31	0.16
s2	9.79	0.39	6427	43.35	0.08	6481	0.37	0.16
s3	9.68	0.41	6428	43.07	0.07	6481	0.31	0.16
s4	4.29	0.14	6421	44.55	0.13	6470	0.09	0.38

**Tabla 16.** Verosimilitudes, reducción poblacional y mortalidad por pesca en cada escenario propuesto, XSUR

Xsur	CPUE	Desemb	Prop	dev_Rt	dev_No	SUMA	F	BD/Bdo
<b>Base</b>	<b>9.40</b>	<b>0.59</b>	<b>4995</b>	<b>19.28</b>	<b>0.01</b>	<b>5024</b>	<b>0.58</b>	<b>0.43</b>
s1	9.47	0.58	4995	22.60	0.12	5027	0.58	0.37
s2	9.43	0.59	4995	20.36	0.03	5025	0.58	0.41
s3	11.82	0.47	5000	19.63	0.02	5032	0.65	0.41
s4	10.02	0.39	4987	21.18	0.00	5018	0.50	0.46

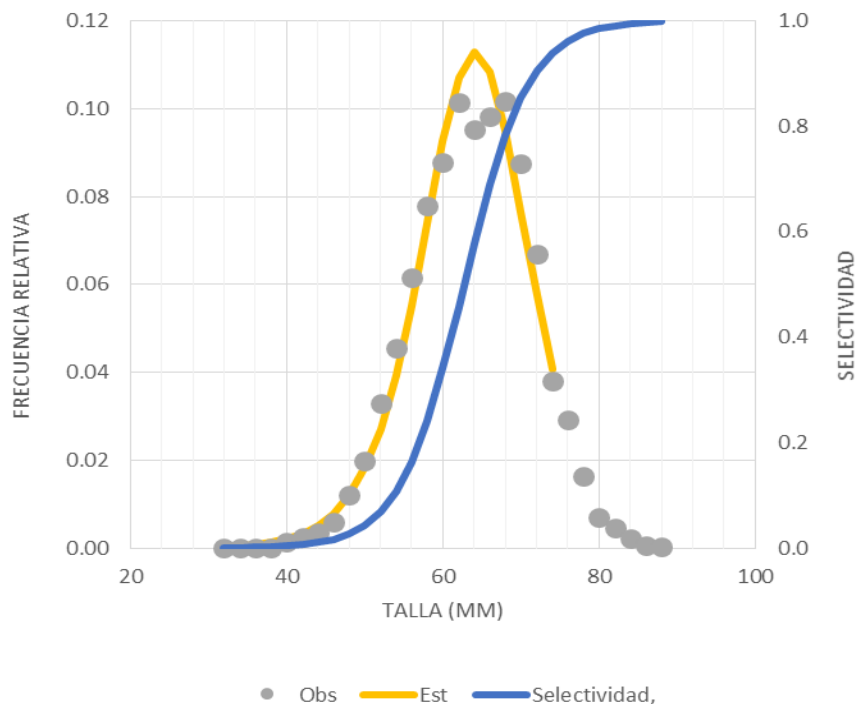


#### 4.3.4. Ajuste del Modelo de Evaluaci3n MODACT (XI)

La **Figura 18** muestra como el modelo se ajusta correctamente a la frecuencia de tallas observadas relativas de la captura en XI. La estimaci3n de la talla al 50% de selectividad da como resultado 62.71 mm (**Tabla 17**) con una talla media de 63.77 mm. Las Figuras **18** y **19** muestran el rendimiento por recluta, la reducci3n de biomasa desovante virginal en el largo plazo y la reducci3n en el tiempo ante distintos niveles de mortalidad por pesca, respectivamente

**Tabla 17.** Log-verosimilitud del ajuste del modelo a las composiciones de tallas y estimaci3n de la talla al 50% de selectividad seg3n escenario de crecimiento considerado

	log-verosimilitud	Talla al 50% selectividad (mm)
Resultado	161.88	62.71



**Figura 18.** Ajuste del modelo a los datos de talla observados y selectividad estimada en XI

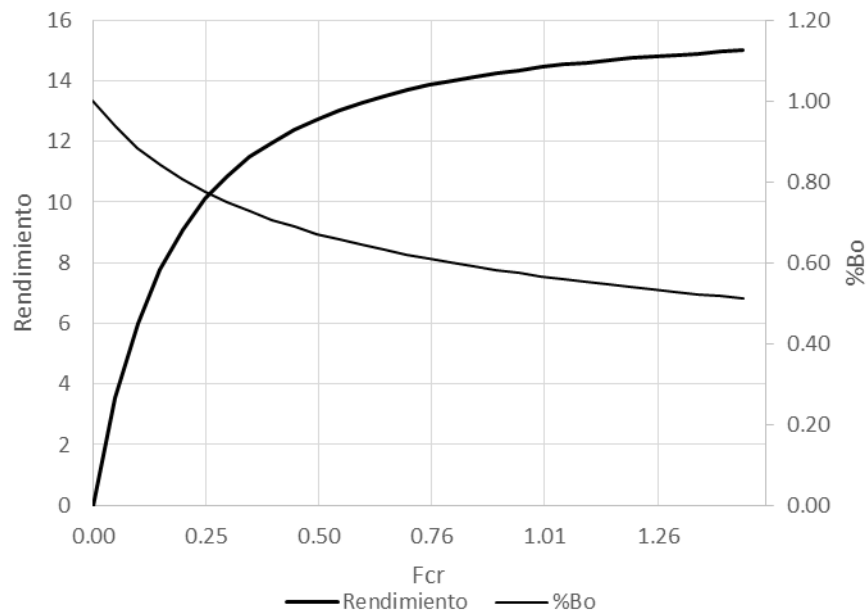


Figura 19. Curva de rendimiento por recluta y reducción de biomasa virginal a distintos niveles de mortalidad por pesca (F) XI

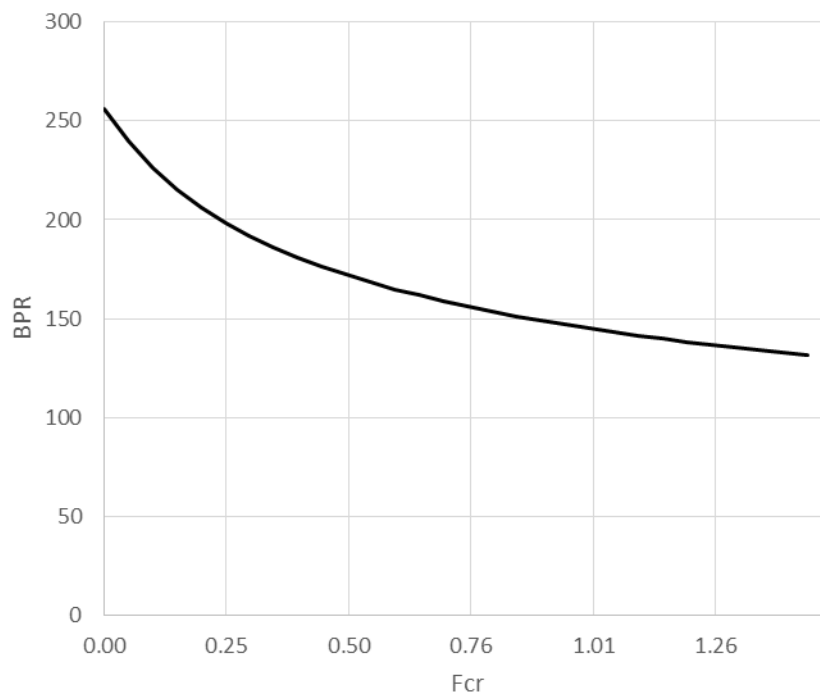


Figura 20. Curva de biomasa por recluta a distintos niveles de mortalidad por pesca (F) XI



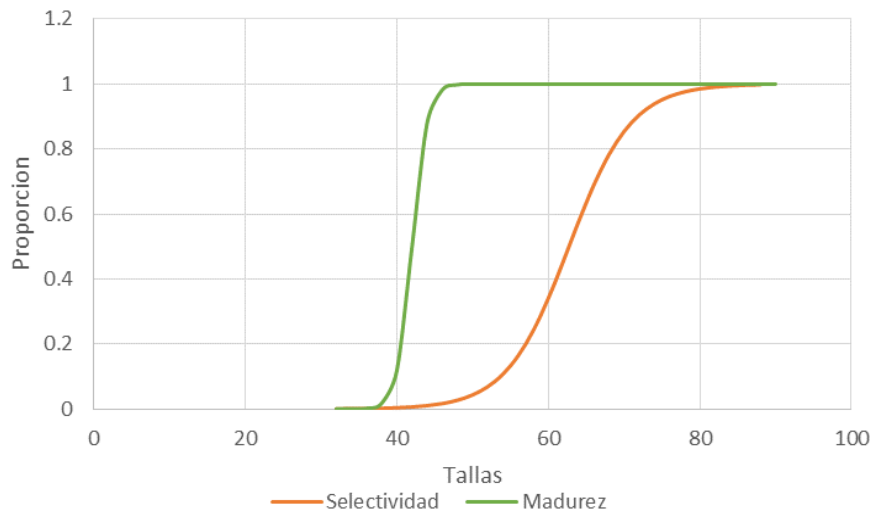


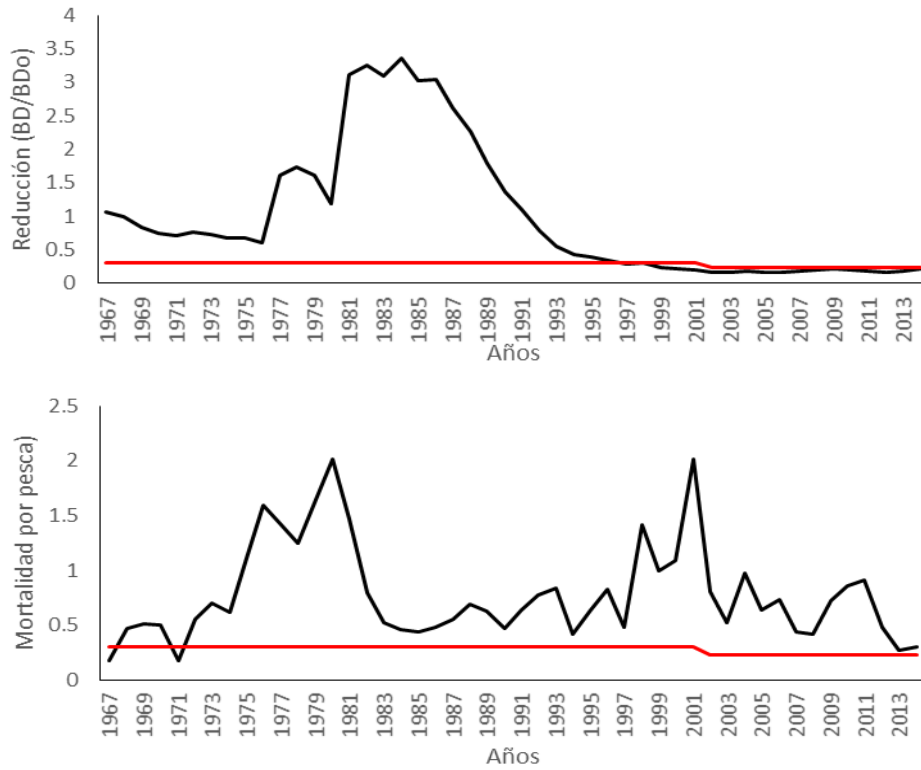
Figura 21. Curvas de madurez y selectividad analizadas XI

#### 4.3.5. Diagnóstico de la población

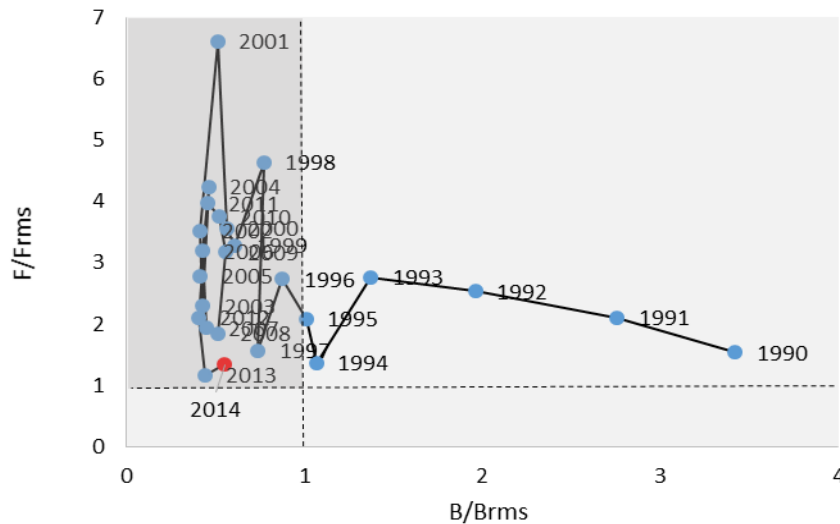
Al igual que en el recurso erizo, para la almeja se utilizaron proxys del RMS, el cual está relacionado con el valor objetivo del 40% de la biomasa desovante actual sobre la biomasa desovante virginal (BD/BDo). De la relación stock – recluta utilizada con un  $h=0.9$  se estimaron valores de  $F$  en toda la serie de datos utilizada (1967 – 2014) que consideraron las particularidades pesqueras de cada zona definida.

El reclutamiento del largo plazo que no es sometido a ningún tipo de explotación nos permite calcular la biomasa virginal en el año 1 y la reducción de esta variable se estima como la razón entre la biomasa desovante para cada año con respecto a la virginal. Por lo anterior, la reducción de biomasa desovante en el último año es de un 22% para Xnor y de un 43% para Xsur. Para XI (zona analizada mediante modelo MODACT) la reducción está en el orden del 68%.

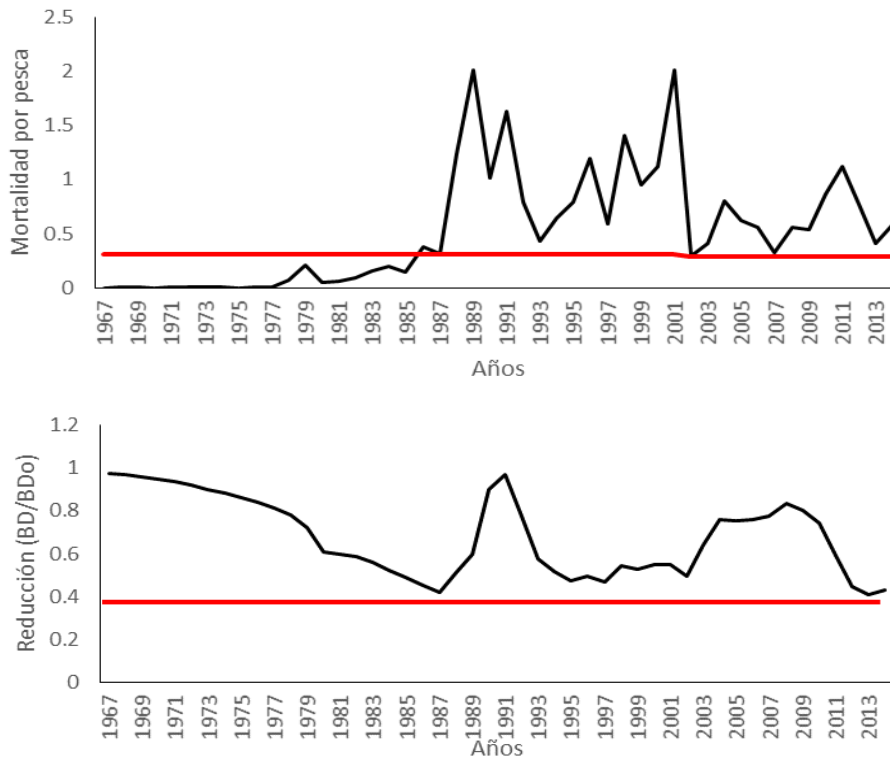
Xnor es la zona que presenta un mayor nivel de sobreexplotación y desde el año 1994 que no sale de esta condición, además la mortalidad por pesca se encuentra por sobre la del  $F_{rms} = F_{40\%}$ , por lo tanto el recurso aún no puede recuperar los niveles de biomasa cercanos al objetivo (Figuras 22 y 23). La condición de del stock desovante de Xsur esta por sobre el objetivo del 40% de reducción poblacional, pero desde el año 2007 que la mortalidad por pesca ha presentado variaciones que han generado un baja sostenida de la biomasa desovante desde el año 2009 (Figuras 24 y 25). Finalmente, en XI se encuentra con un valor de  $B_{rms}$  por encima del 40%, pero esto puede deberse a la extensa zona en donde aún existen localidades sin explotar y por la constante rotación de áreas de captura.



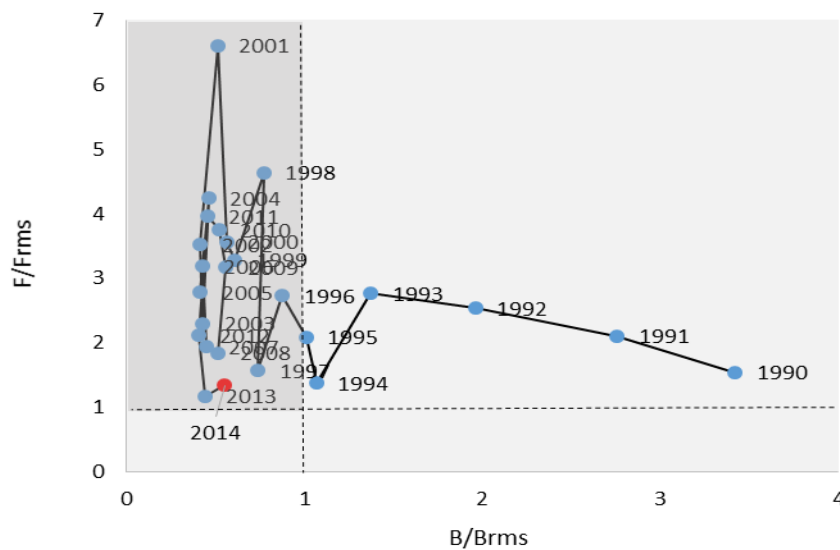
**Figura 22.** Mortalidad por pesca y biomasa desovante respecto del Punto Biol3gico de Referencia 40%Bo (lnea roja). Almeja Xnor



**Figura 23.** Diagrama de explotaci3n B-F Almeja Xnor. El cuadro m1s oscuro es la zona donde coincide el estado de sobre-pesca y sobre-explotaci3n.



**Figura 24.** Mortalidad por pesca y biomasa desovante respecto del Punto Biol3gico de Referencia 40%Bo (lnea roja). Almeja Xsur



**Figura 25.** Diagrama de explotaci3n B-F Almeja Xsur. El cuadro m3s oscuro es la zona donde coincide el estado de sobre-pesca y sobre-explotaci3n.



La **Tabla 18** muestra en resumen los valores de las variables de inter3s en el modelo de evaluaci3n de stock utilizado en la almeja.

**Tabla 18.** Variables poblaciones de inter3s para determinar estatus del recurso.

<b>Zona</b>	<b>BD/BDo</b>	<b>Factual</b>
Xnor	0.22	0.30
Xsur	0.43	0.58
XI	0.68	0.45



#### 4.4. CONCLUSIONES

Del análisis previo se observa que Xnor era la pesquería que representaba el mayor número de desembarques hasta el año 1985, luego de este periodo aparece con un explosivo aumento de los desembarques el puerto de Quellón, generando un cambio en la dinámica de la flota y una orientación de las capturas hacia individuos más pequeños. Luego la pesquería fue desplazándose a zonas más australes, probablemente por el alto nivel de mortalidad por pesca en Xnor (convirtiéndola en una localidad no productiva) y encontrando bancos vírgenes en XI, lo que tuvo como resultado la incorporación de las denominadas “faenas de pesca” en islas cercanas a los puertos de desembarques de la XI Región

La evaluación de stock muestra que Xnor está sobreexplotada con una reducción de la biomasa desovante sobre la virginal de un 22%. Esta condición se ha mantenido por casi 20 años lo que sugiere implementar medidas de manejo con el fin de recuperar la pesquería a un punto cercano del proxy de la Brms=40%

Xsur se encuentra sobre el objetivo del 40% (43%) pero con un progresivo aumento de la mortalidad por pesca y dos puntos porcentuales debajo de la última evaluación de stock realizada (2014). Las estructuras de tallas en esta zona podrían contener información relacionada con la XI ya que el monitoreo se realiza en puertos en donde en gran parte del recurso podría venir de la XI región. El monitoreo in situ de las capturas llevadas por las lanchas acarreadoras, desde las faenas de pesca hasta las plantas podría ser de gran ayuda para despejar esta interrogante. En la actualidad existen proyectos que ayudaran con esta información y así mejorar la incertidumbre generada por la realidad de las estructuras de tallas en cada zona.

La XI fue analizada por un modelo talla – estructurado en el equilibrio con el fin de determinar su estatus, ya que la información disponible es sesgada en el tiempo. La evaluación indica que esta zona es la que se encuentra en mejores condiciones biológicas con una reducción del 68% y una mortalidad por pesca por debajo del Frms (0.45). El alto nivel de abundancia en este sector podría deberse a la extensa área demográfica que tiene la XI Región, la cual podría contar aún con bancos virginales de almeja en sectores lejanos a los puertos de desembarque o donde se instalan las faenas de pesca. La rotación de áreas también ayudaría a la recuperación de los bancos y, en esta zona que es tan amplia, la búsqueda de nuevas áreas de pesca permitiría tal recuperación.



#### 4.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Araya, P. y Barahona, N. 2014.** Pesquería del recurso almeja *Venus antiqua*. Reporte Técnico. Convenio I Asesoría Integral para la Pesca y Acuicultura, 2013. Proyecto 1.7 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013. Subsecretaría de Economía y Empresas de Menor Tamaño.

**Canales, C, Cavieres, J y Techeira, C, 2014.** Implementación metodológica de evaluación de stock de recursos bentónicos. Programa de "Seguimiento de Pesquerías Bentónicas, 2014. IFOP.

**Canales, C., N. Barahona, P. Araya, J. Cavieres, G. Muñoz y C. Techeira, 2013.** Evaluación de la población de almeja (*Venus antiqua*) explotada en la bahía de Ancud, Chiloé, 1965-2011 (Taller Evaluación de Stock, 24-26 de septiembre, 2013). REPORTE TÉCNICO. Proyecto 1.7 Programa de Seguimiento de las Pesquerías Bentónicas, 2013. Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, 2013: 48 pp

**Gonzales, J y Barahona, N. 2007.** Situación de la pesquería del recurso almeja (*Venus antiqua*) en la X Región. REPORTE TECNICO Proyecto "Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales, 2007. Subsecretaria de Pesca y Acuicultura, Valparaíso, 2007.

**Jaramillo, E., Garrido, O., Gallardo, C., y H. Contreras. 2003.** Bases biológicas para el ordenamiento de las pesquerías de almeja en la X y XI regiones. Universidad Austral de Chile. Proyecto FIP N° 2001-27. Informe Final.

**Lozada E. y H. Bustos. 1984.** Madurez sexual y fecundidad de *Venus antiqua antiqua* King & Broderip 1835, en la bahía de Ancud (Mollusca; Bivalvia: Veneridae). Revista de Biología Marina, Valparaíso (Chile) 20: 91 – 112.

**Reyes, A., Barahona A., Carmona A., Rojas C., Arias E., Arias J., y V. Pezo. 1994.** Diagnóstico de las principales pesquerías nacionales bentónicas III, IV y X regiones. Estado de situación y perspectivas del recurso. Instituto de Fomento Pesquero. SGI-IFOP 94/7. 33pp.

**Reyes, A. y N. Barahona. 1995.** Monitoreo de la pesquería del recurso almeja en la X Región, 1994. Informe técnico IFOP – Fondo de Investigación Pesquera.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

---



---

**INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO**

Sección Ediciones y Producción  
Almte. Manuel Blanco Encalada 839  
Fono 56-32-2151500  
Valparaíso, Chile  
[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)

---







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