

# DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE EVALUACIÓN DE STOCK DE ERIZO

## Contents

<b>1. Erizo Zona X Norte</b>	<b>5</b>
1.1. Ajustes y residuos . . . . .	5
1.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X norte . . . . .	13
1.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X norte . . . . .	14
1.4. Análisis de sensibilidad a la Mortalidad natural - Modelo base . . . . .	15
1.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - Modelo base . . . . .	16
1.6. Variables de estado . . . . .	17
1.7. Puntos Biológicos de Referencia . . . . .	19
1.8. Estatus del erizo de la zona norte de la Región de Los Lagos . . . . .	20
<b>2. Erizo zona X Sur</b>	<b>21</b>
2.1. Ajustes y residuos . . . . .	21
2.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X sur - modelo base . . . . .	25
2.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X sur - modelo base . . . . .	26
2.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural . . . . .	27
2.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica . . . . .	28
2.6. Variables de estado de erizo Zona X sur. . . . .	29
2.7. Puntos Biológicos de Referencia . . . . .	31
2.8. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos . . . . .	32
<b>3. Erizo zona XI</b>	<b>33</b>
3.1. Ajustes y residuos de erizo zona XI . . . . .	33
3.2. Análisis retrospectivo de erizo zona XI . . . . .	37
3.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI . . . . .	38
3.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural de erizo zona XI . . . . .	39
3.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica . . . . .	40
3.6. Variables de estado de erizo zona XI . . . . .	41
3.7. Puntos Biológicos de Referencia de erizo zona XI . . . . .	43
3.8. Estatus del erizo de la Región de Aysén . . . . .	44
<b>4. Análisis integrado de las tres zonas de estudio</b>	<b>45</b>



## List of Figures

1	Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo . . . . .	5
2	Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte . . . . .	6
3	Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de Biomasa, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo . . . . .	7
4	Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte . . .	8
5	Modelo base. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996. . . . .	9
6	Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte . . . . .	10
7	Modelo alternativo. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996. . . . .	11
8	Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte . . . . .	12
9	Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) . . .	13
10	Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona X norte . . . . .	14
11	Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 119.85$ mm y $M = 0.25$ año <sup>-1</sup> )	15
12	Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de $L_{00}$ de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 119.85$ mm y $M = 0.25$ año <sup>-1</sup> ) . .	16
13	Modelo base. Variables de biomazas totales, desovantes, reclutamientos y desvíos estimadas por el modelo para el erizo de la zona X Norte período 1960 - 2019. . . . .	17
14	Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona X Norte . . . . .	18
15	Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Norte . . . . .	19
16	Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Norte . . . . .	20
17	Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo . . . . .	21
18	Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur . . . . .	22
19	Modelo base. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur . . . . .	23
20	Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur . . . . .	24
21	Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos . . . . .	25
22	Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona X sur . . . . .	26
23	Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona X sur. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 119.85$ mm y $M = 0.282$ año <sup>-1</sup> )	27
24	Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de $L_{00}$ de erizo de la zona X sur. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 119.85$ mm y $M = 0.282$ año <sup>-1</sup> ) . .	28
25	Modelo base. Variables poblacionales de Erizo zona X Sur . . . . .	29
26	Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona X sur . . . . .	30



27	Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur . . . . .	31
28	Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Sur . . . . .	32
29	Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo . . . . .	33
30	Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI . . . . .	34
31	Modelo base. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI . . . . .	35
32	Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI . . . . .	36
33	Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos . . . . .	37
34	Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona XI . . . . .	38
35	Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{\infty} = 132.8$ mm y $M = 0.20$ año <sup>-1</sup> ) . . .	39
36	Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de $L_{\infty}$ de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{\infty} = 132.8$ mm y $M = 0.20$ año <sup>-1</sup> ) . . . . .	40
37	Modelo base. Variables poblacionales de Erizo zona XI . . . . .	41
38	Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona XI . . . . .	42
39	Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI . . . . .	43
40	Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona XI . . . . .	44
41	Biomassas Totales y Desovantes . . . . .	48

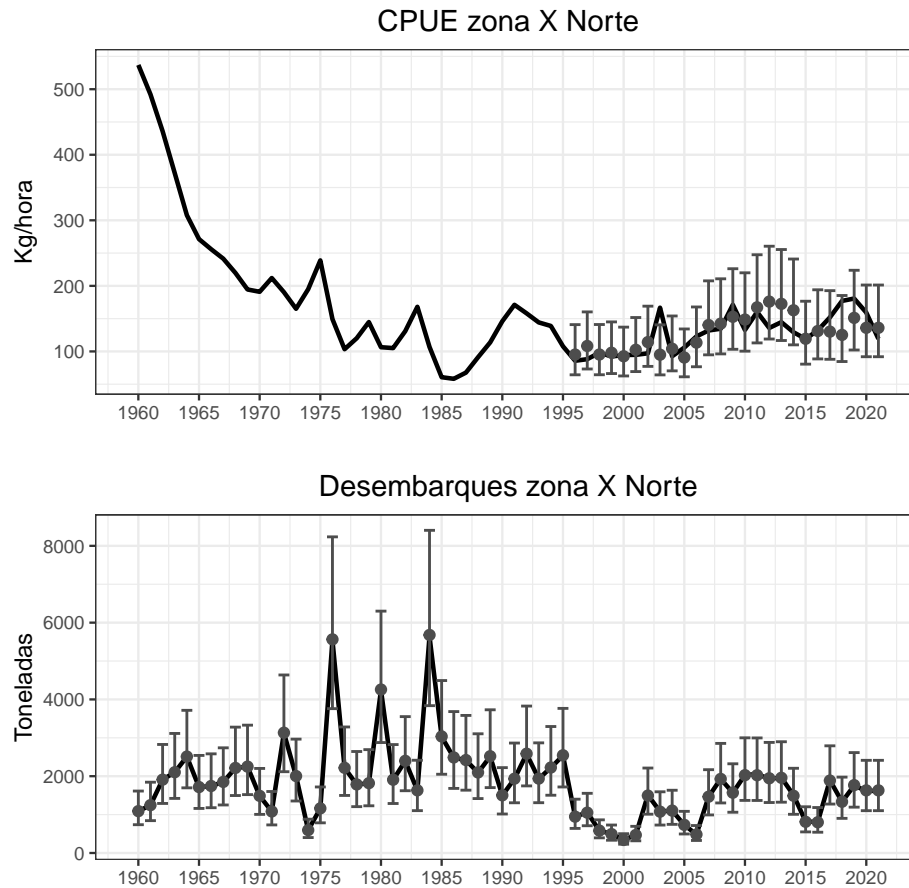


## List of Tables

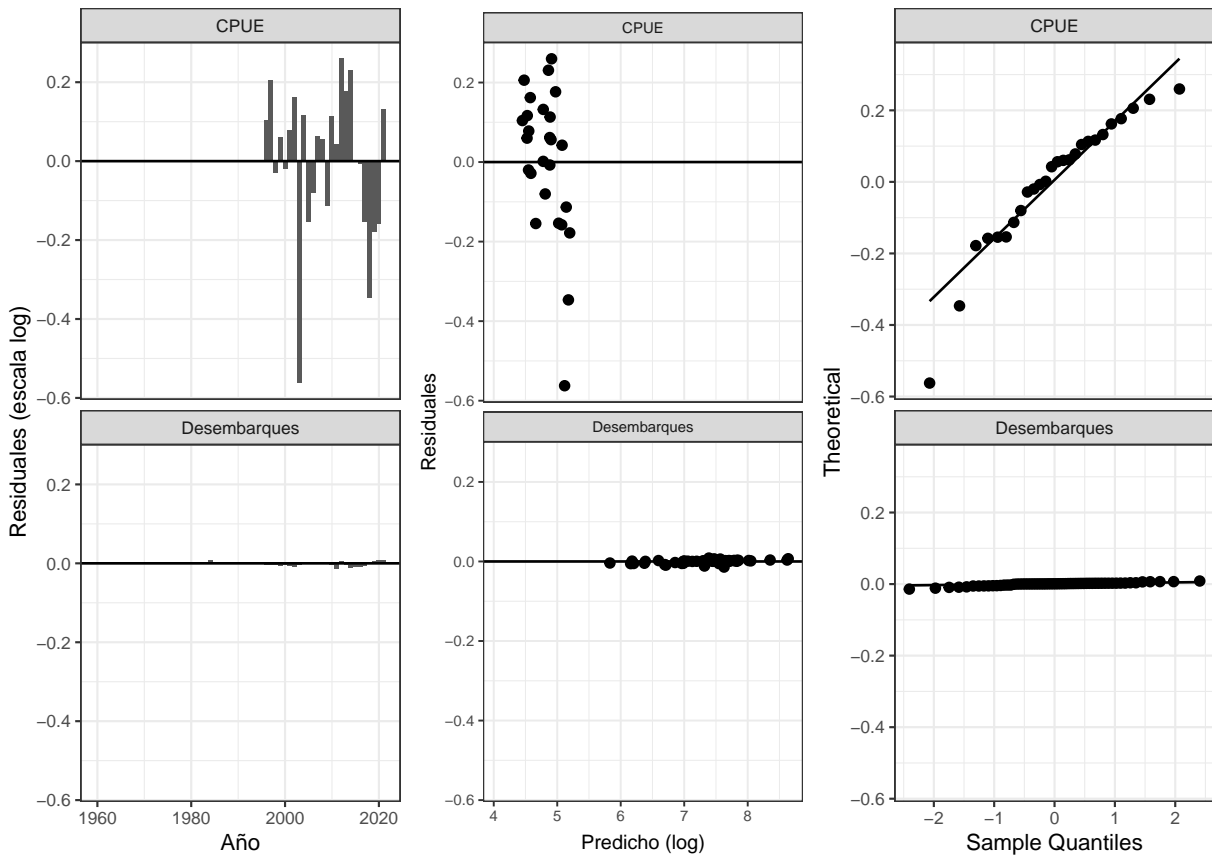
1	Biomاسas Totales por zona . . . . .	45
---	-------------------------------------	----

## 1. Erizo Zona X Norte

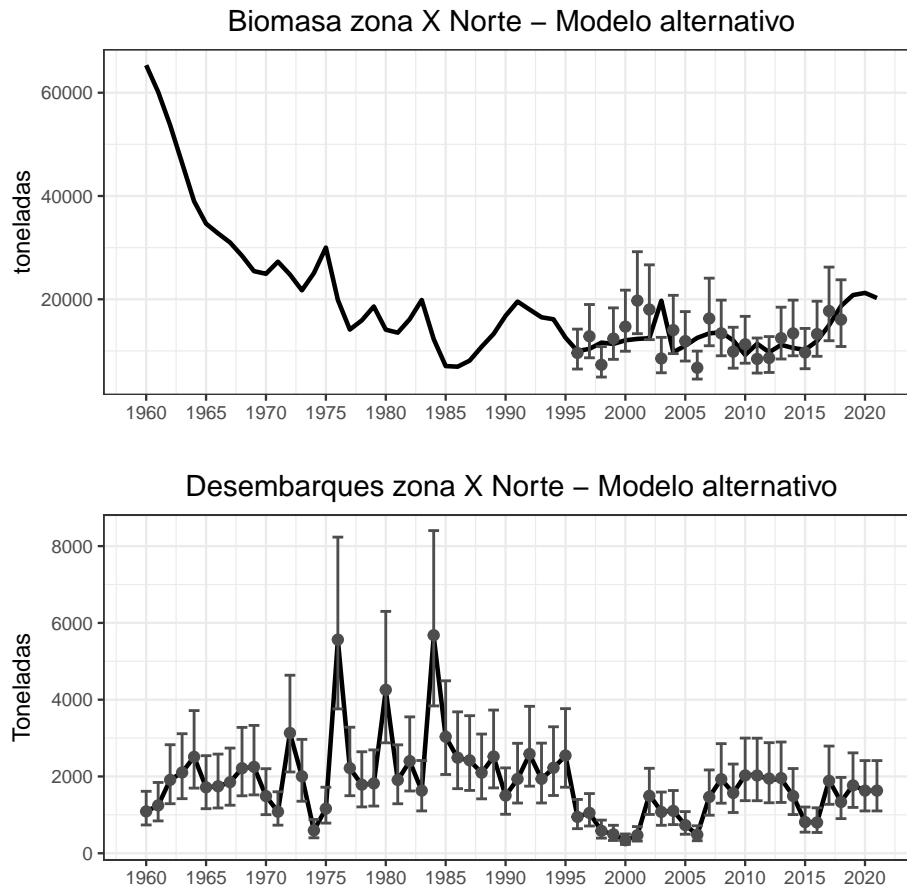
### 1.1. Ajustes y residuos



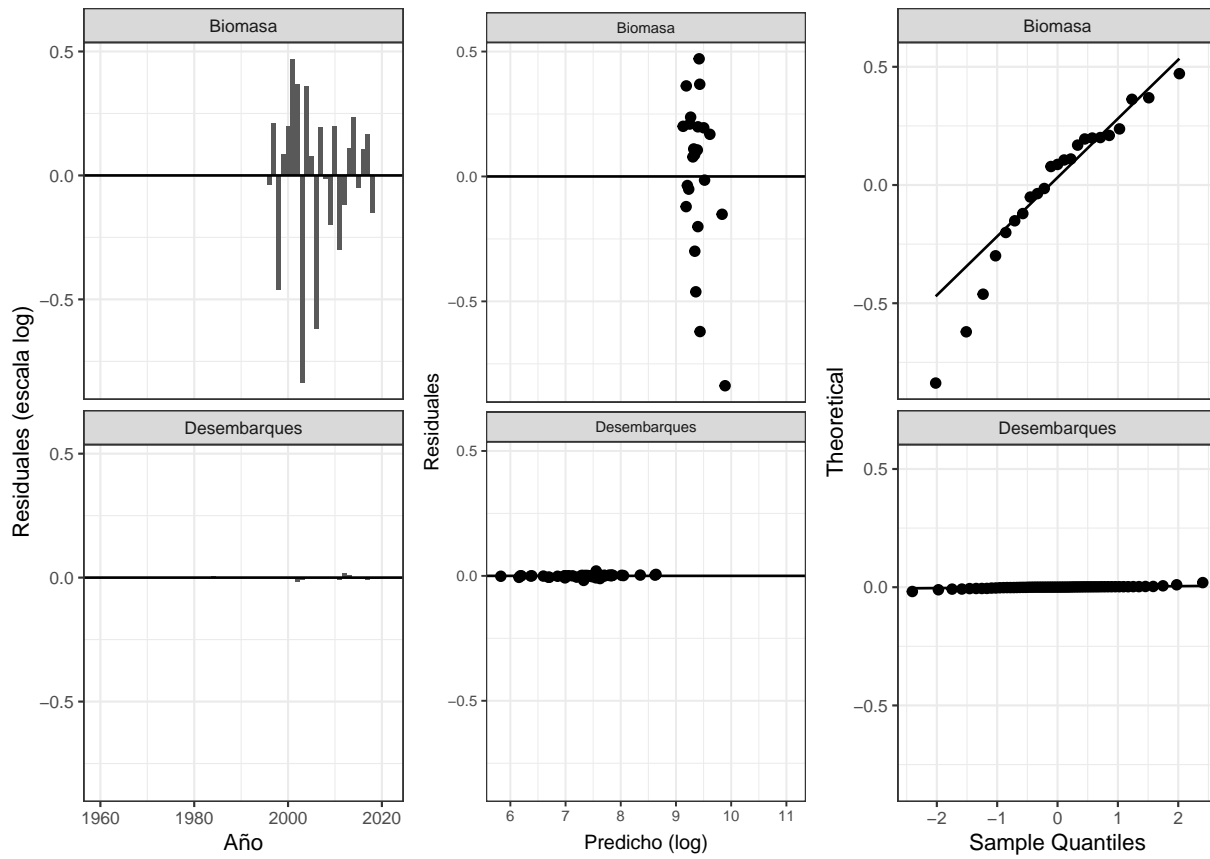
**Figura 1.** Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



**Figura 2.** Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte

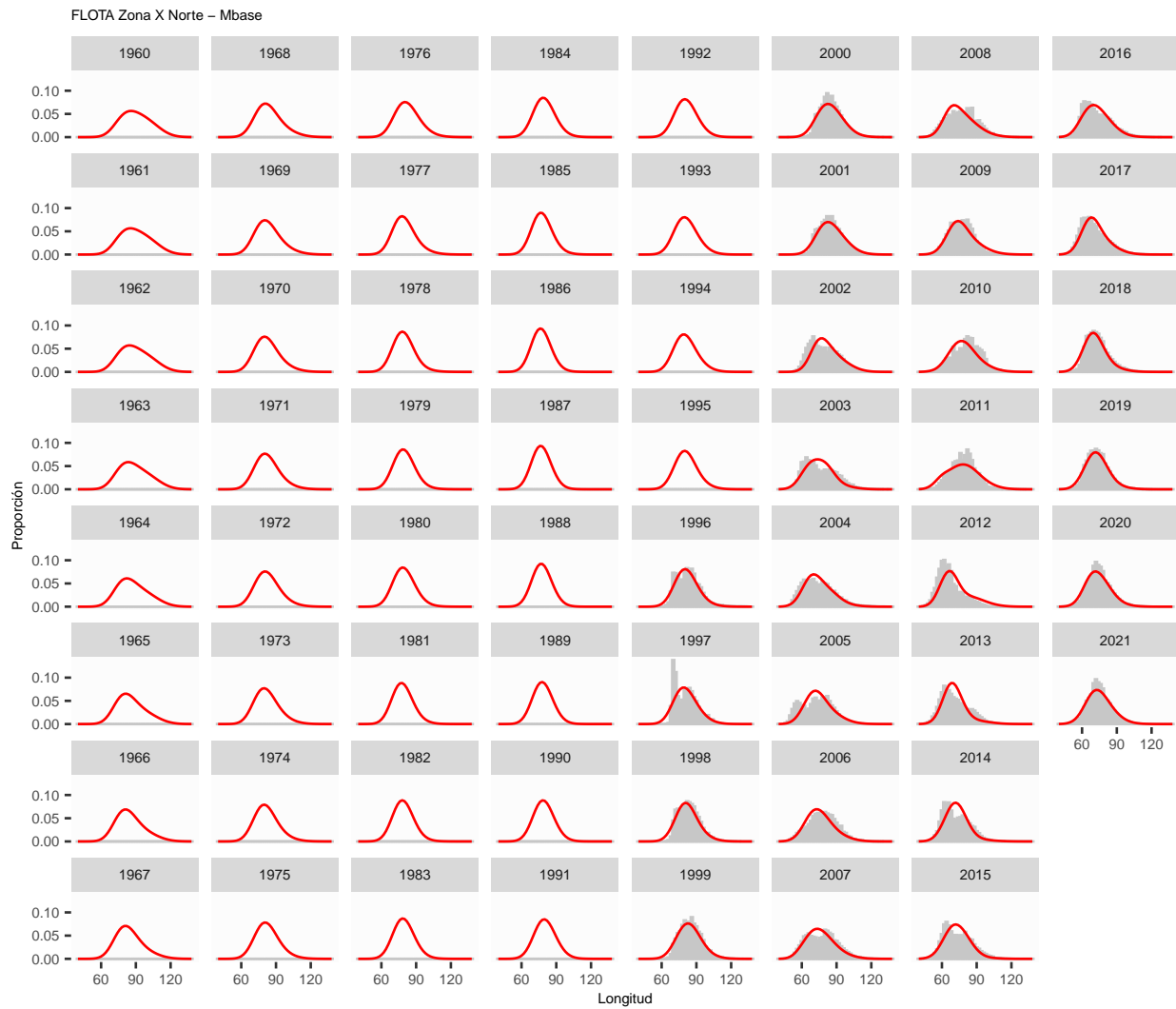


**Figura 3.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de Biomasa, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo

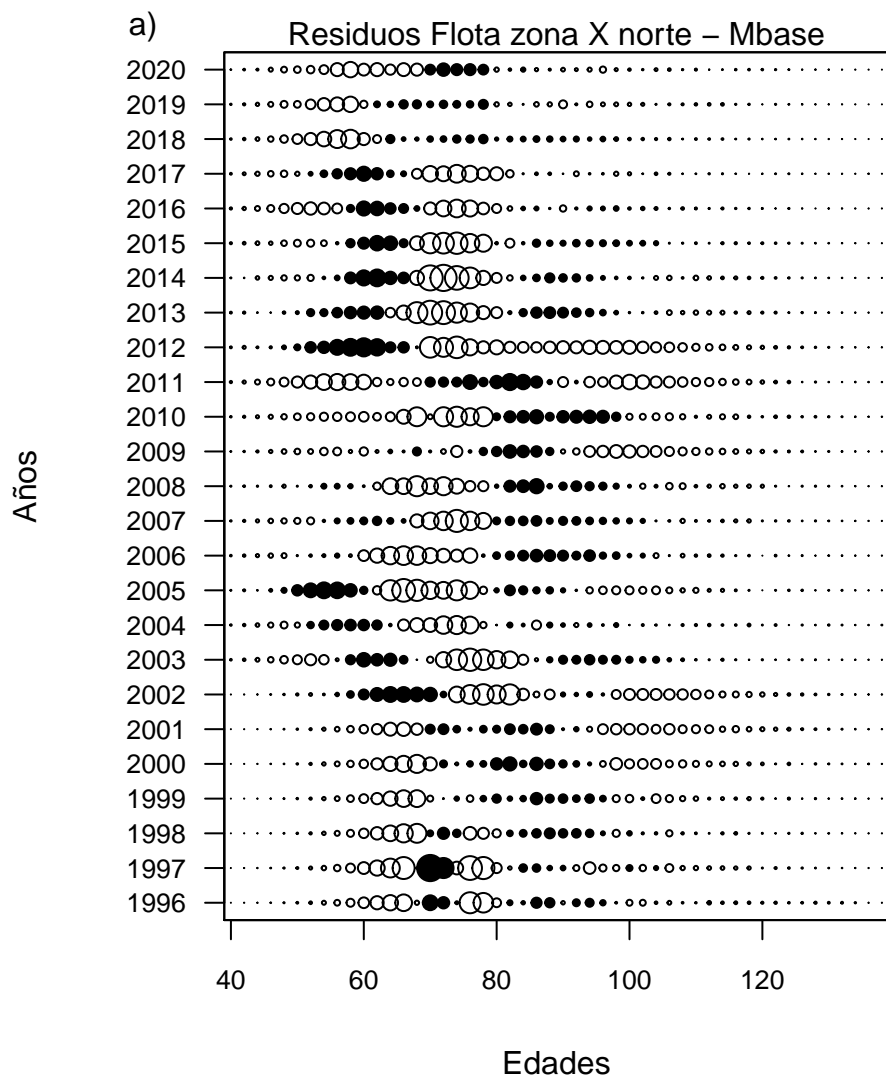


**Figura 4.** Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte

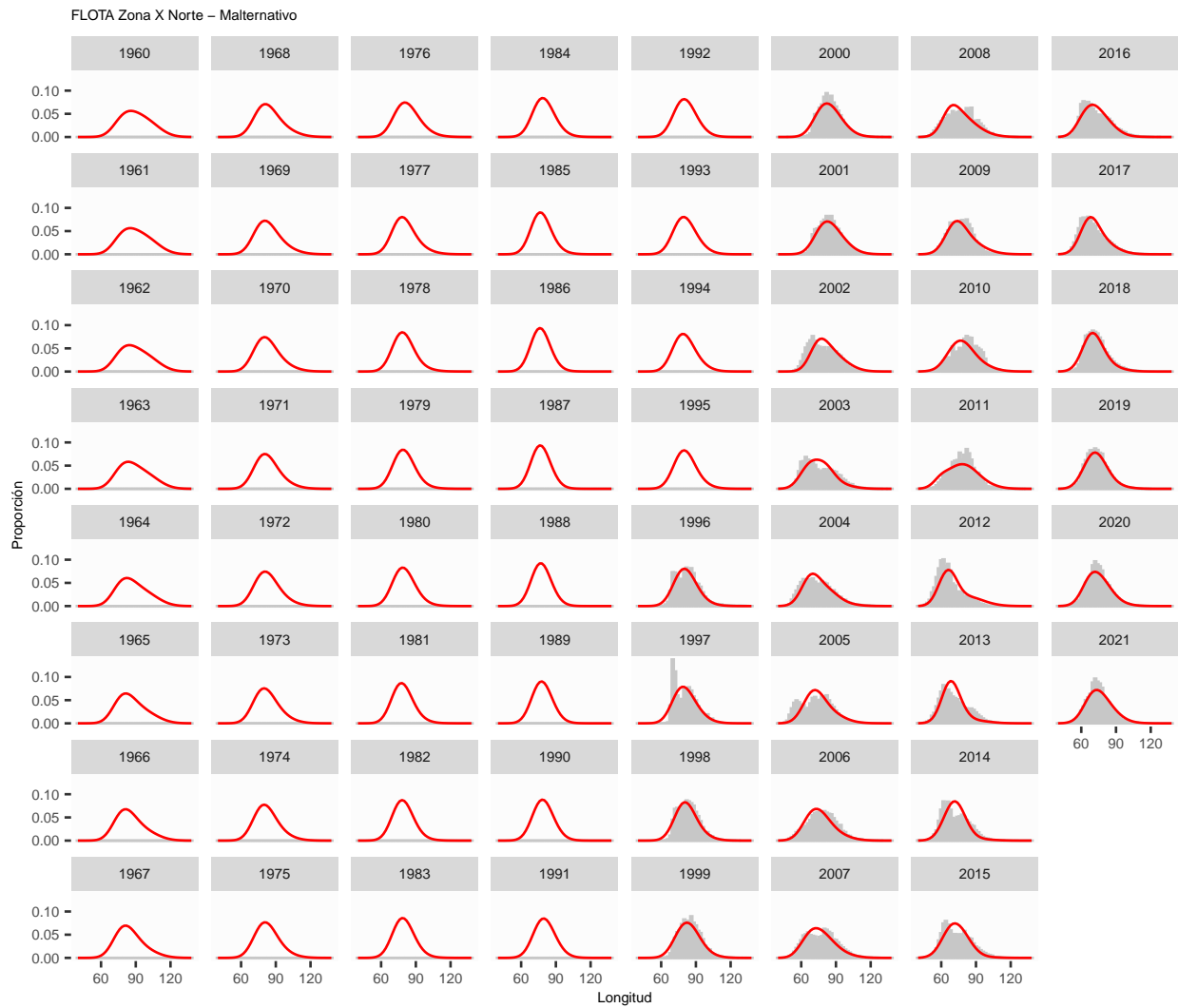




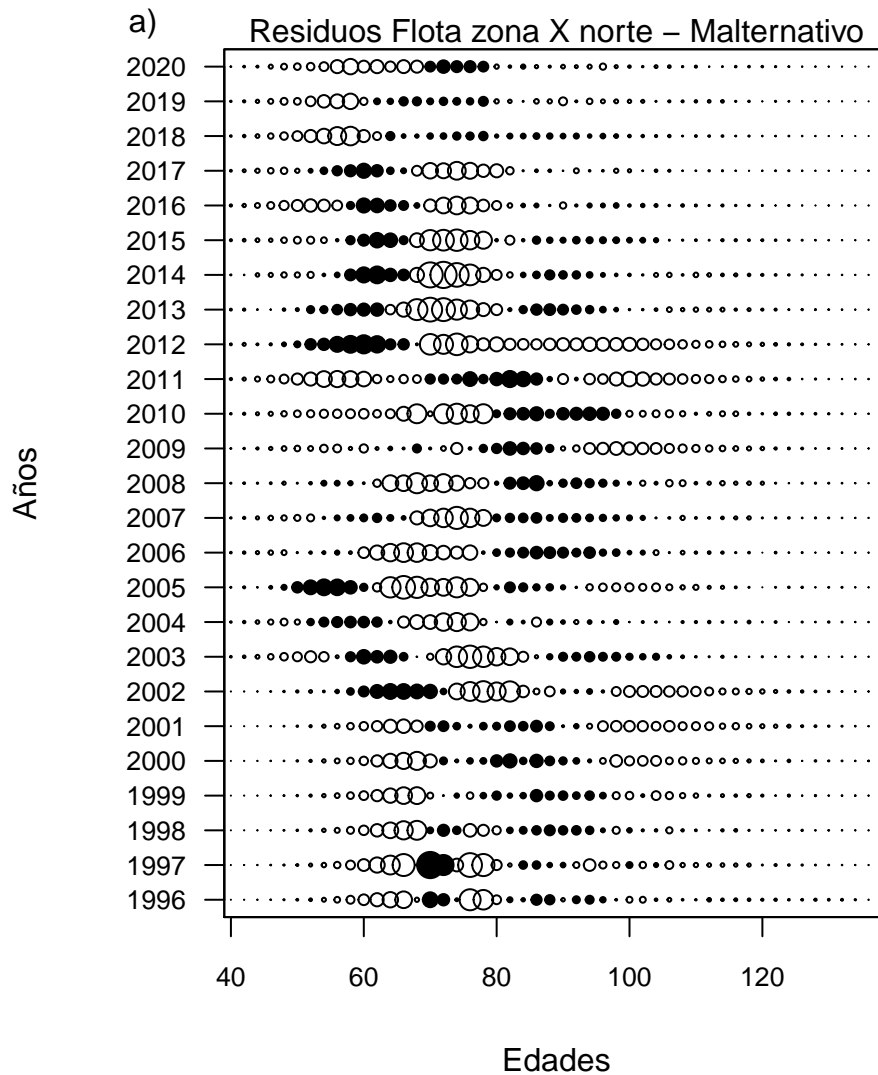
**Figura 5.** Modelo base. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996.



**Figura 6.** Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte

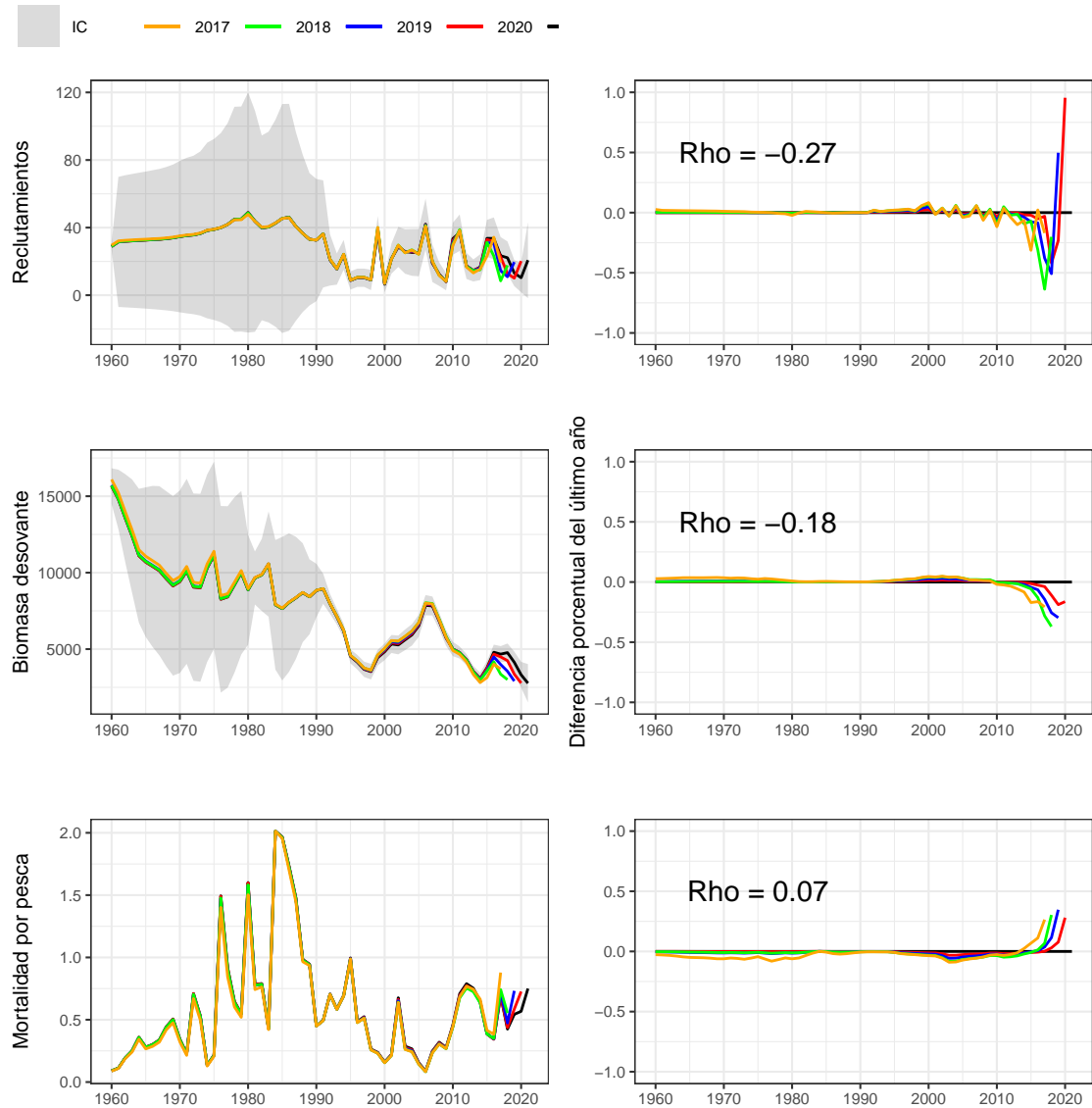


**Figura 7.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996.



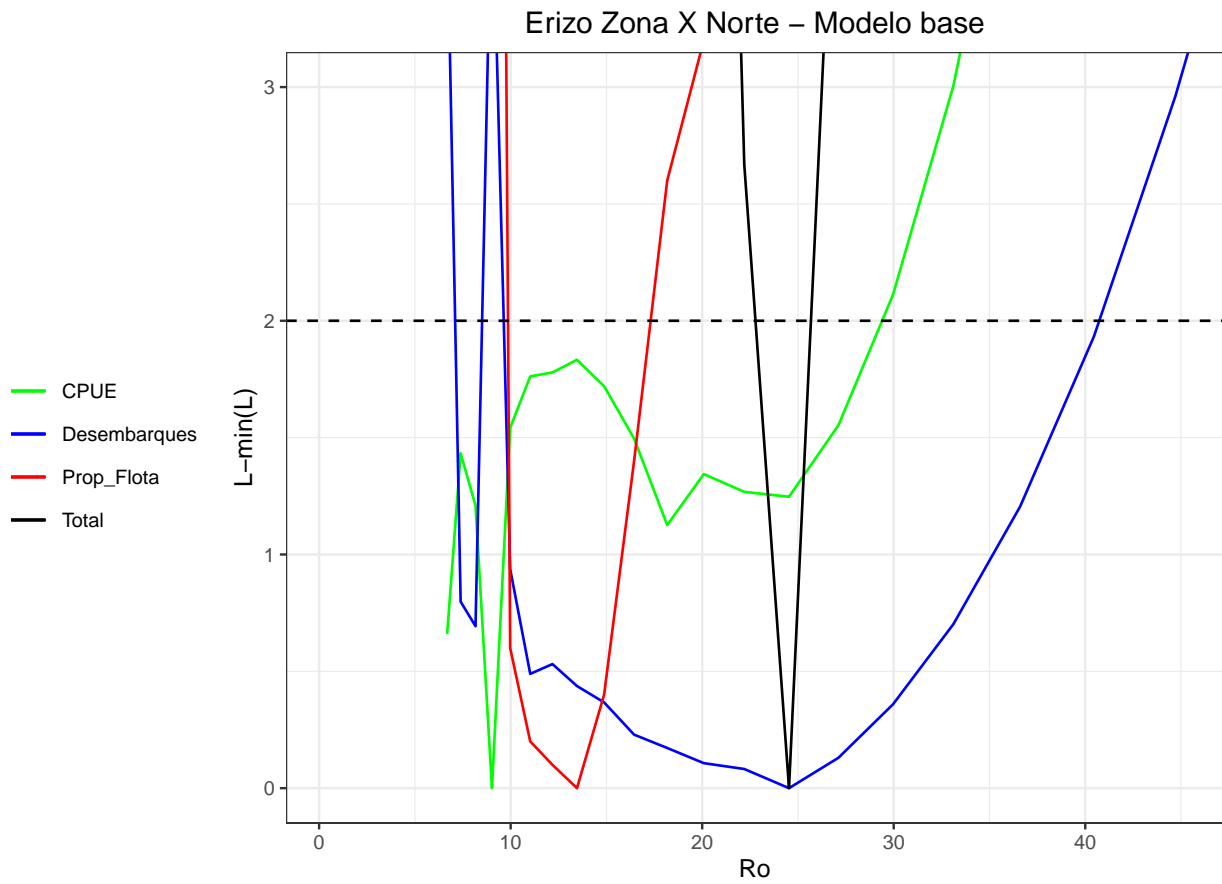
**Figura 8.** Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte

## 1.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X norte



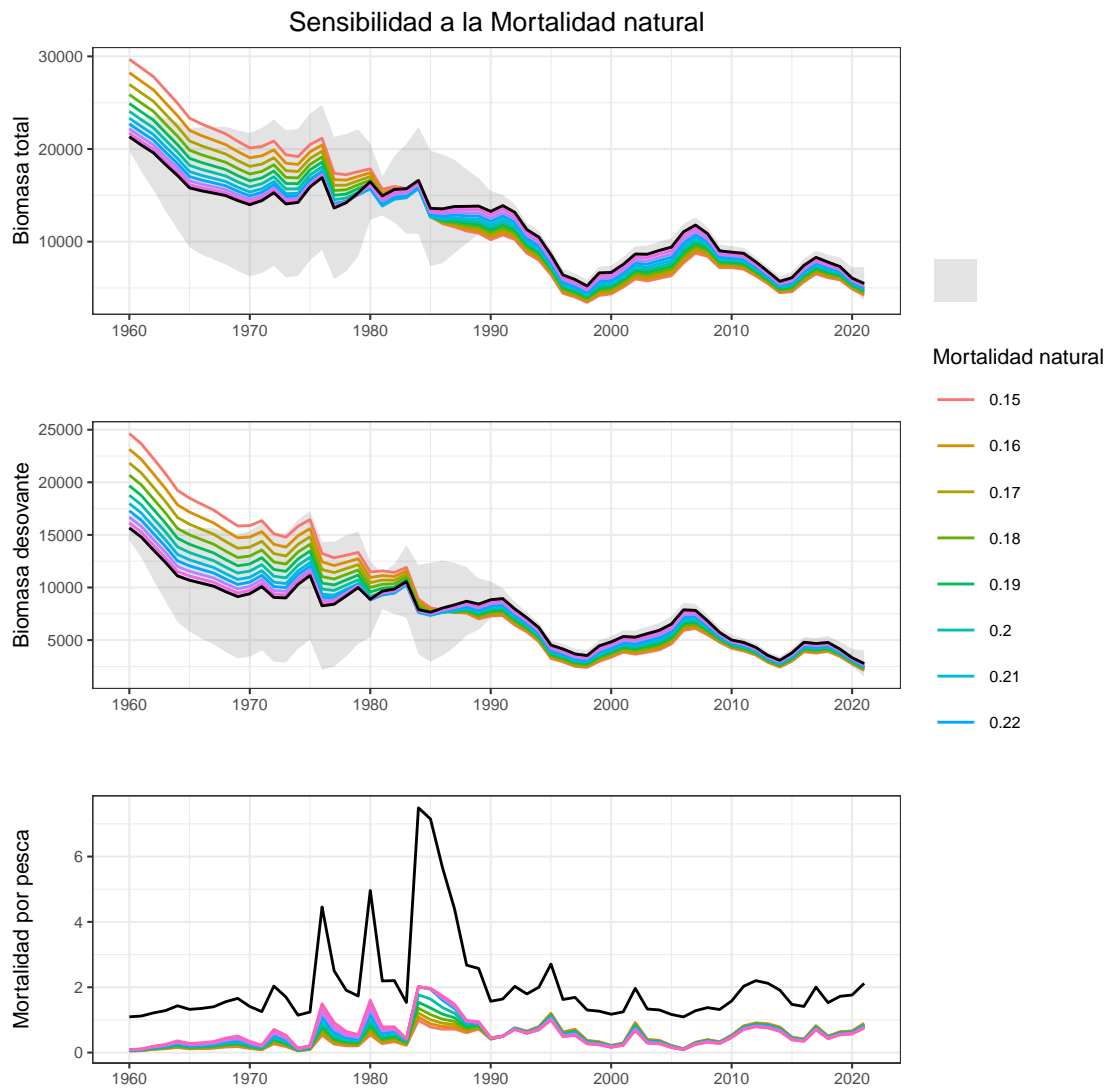
**Figura 9.** Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho)

### 1.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X norte



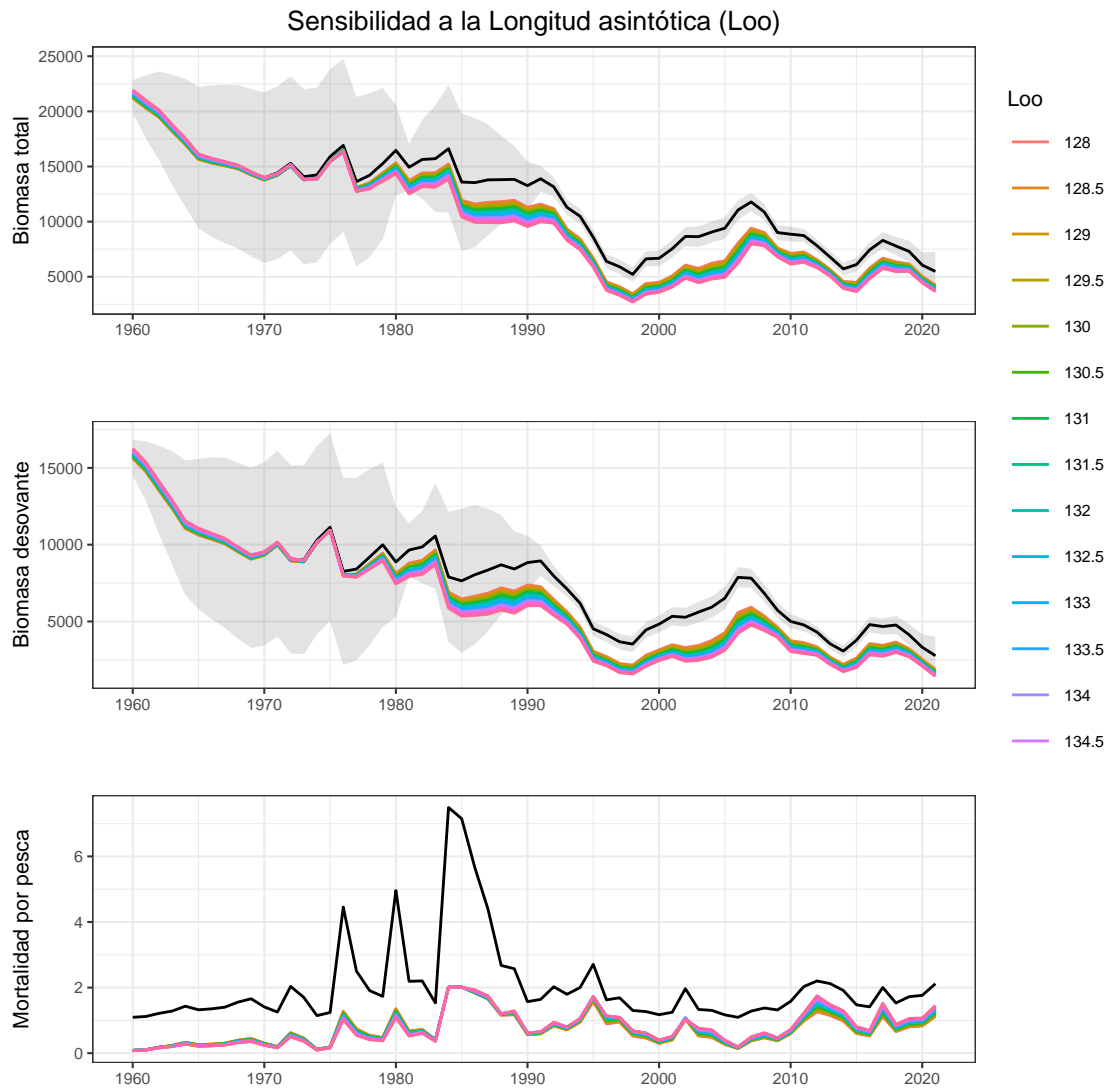
**Figura 10.** Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona X norte

## 1.4. Análisis de sensibilidad a la Mortalidad natural - Modelo base



**Figura 11.** Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{\infty} = 119.85$  mm y  $M = 0.25$  año<sup>-1</sup>)

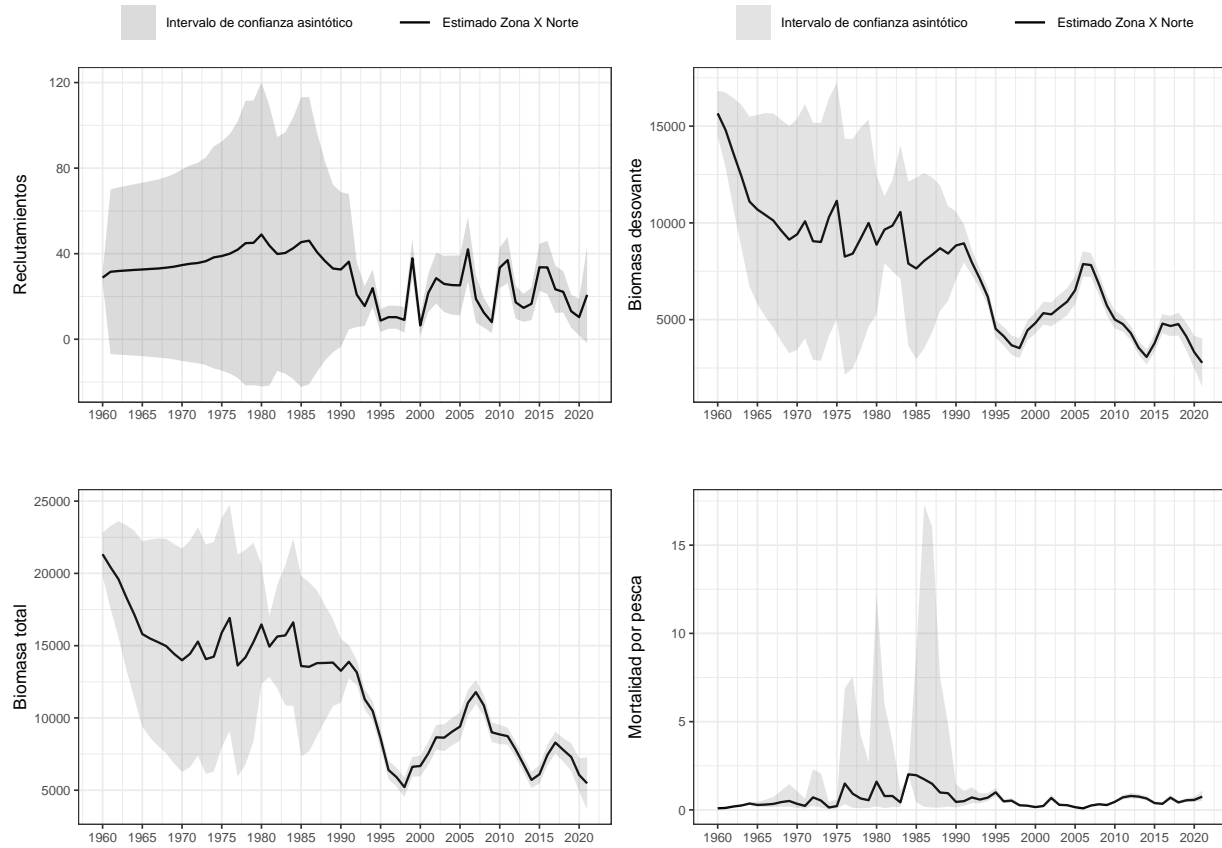
## 1.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - Modelo base



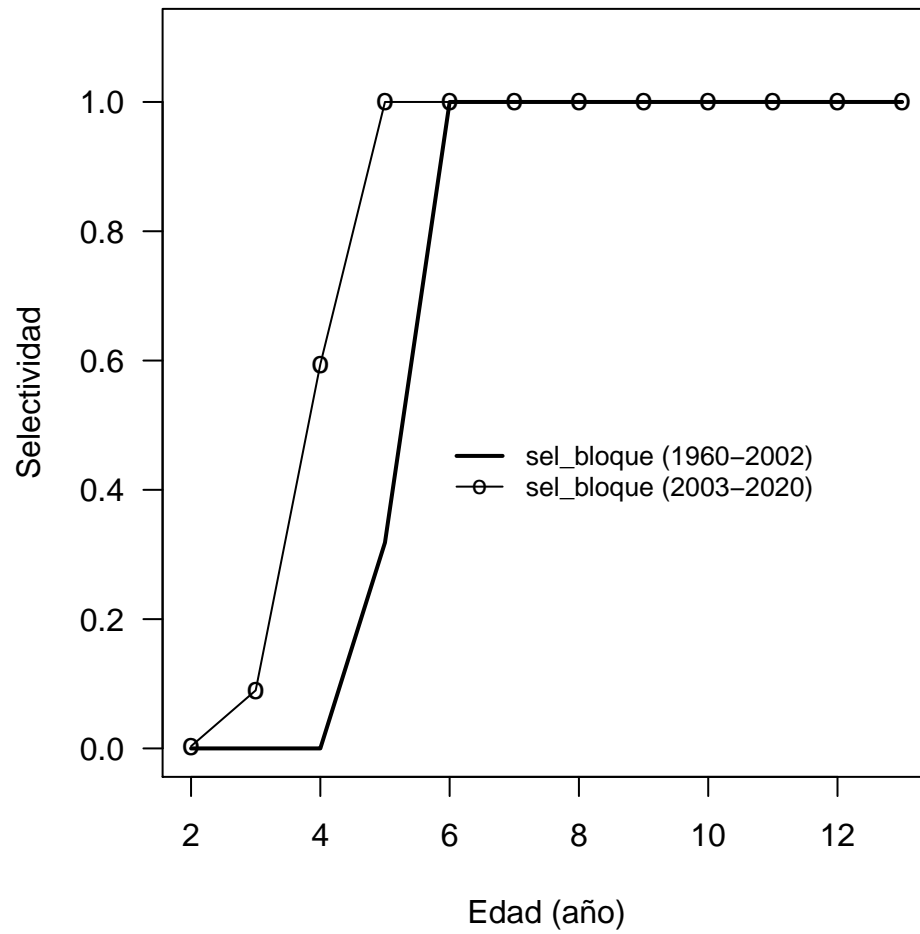
**Figura 12.** Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y M = 0.25 año-1)



## 1.6. Variables de estado

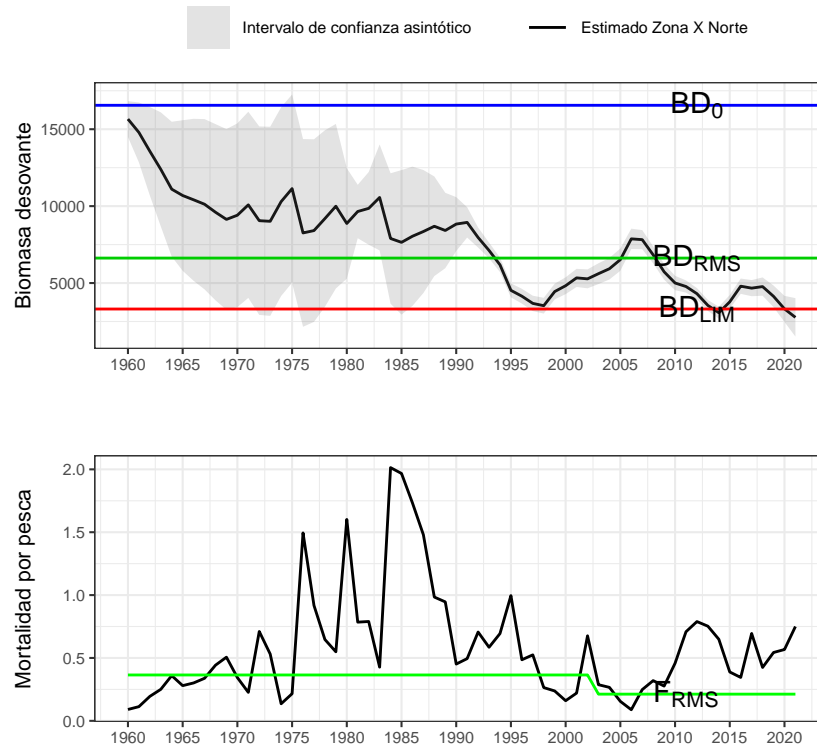


**Figura 13.** Modelo base. Variables de biomazas totales, desovantes, reclutamientos y desvíos estimadas por el modelo para el erizo de la zona X Norte período 1960 - 2019.



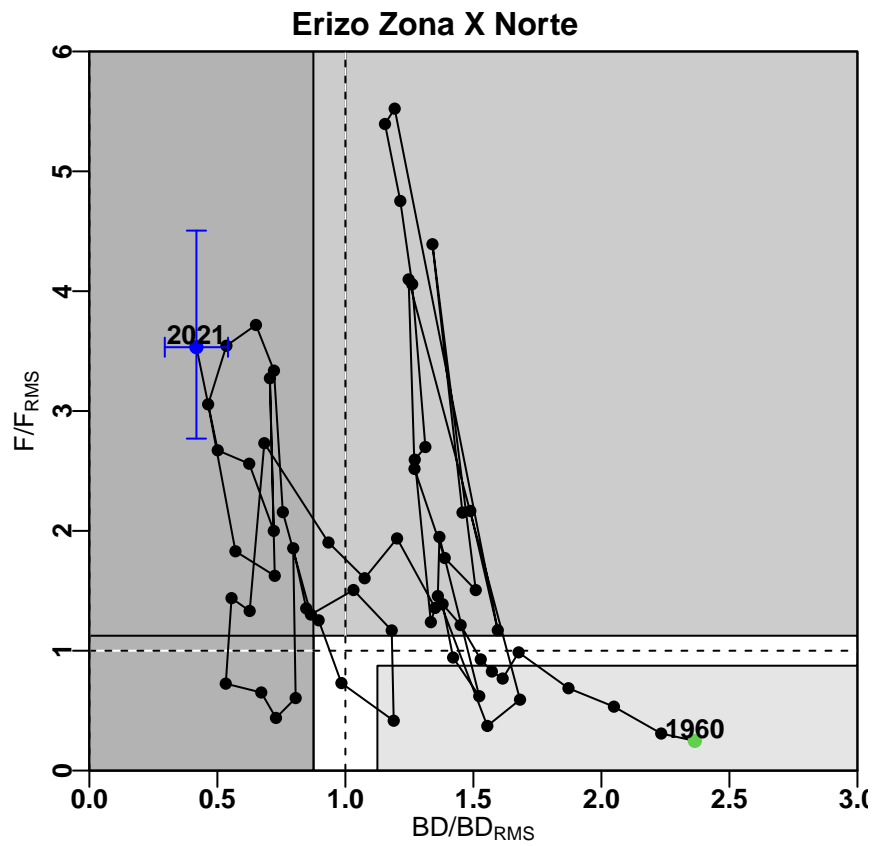
**Figura 14.** Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona X Norte

## 1.7. Puntos Biológicos de Referencia



**Figura 15.** Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Norte

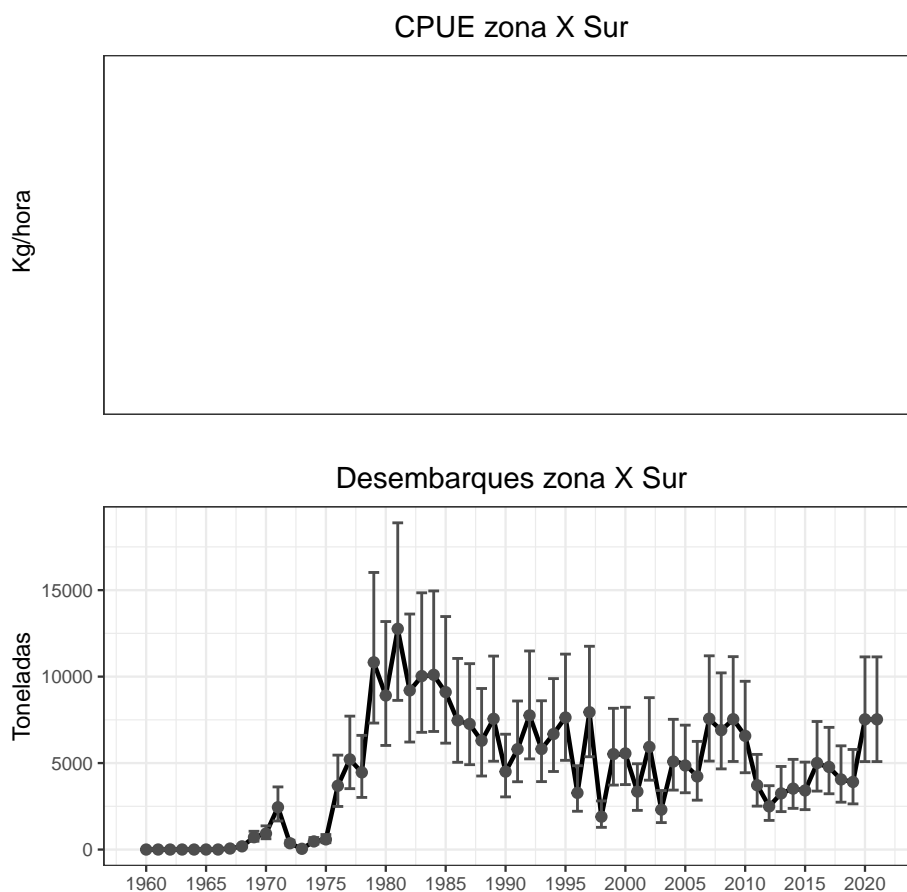
## 1.8. Estatus del erizo de la zona norte de la Región de Los Lagos



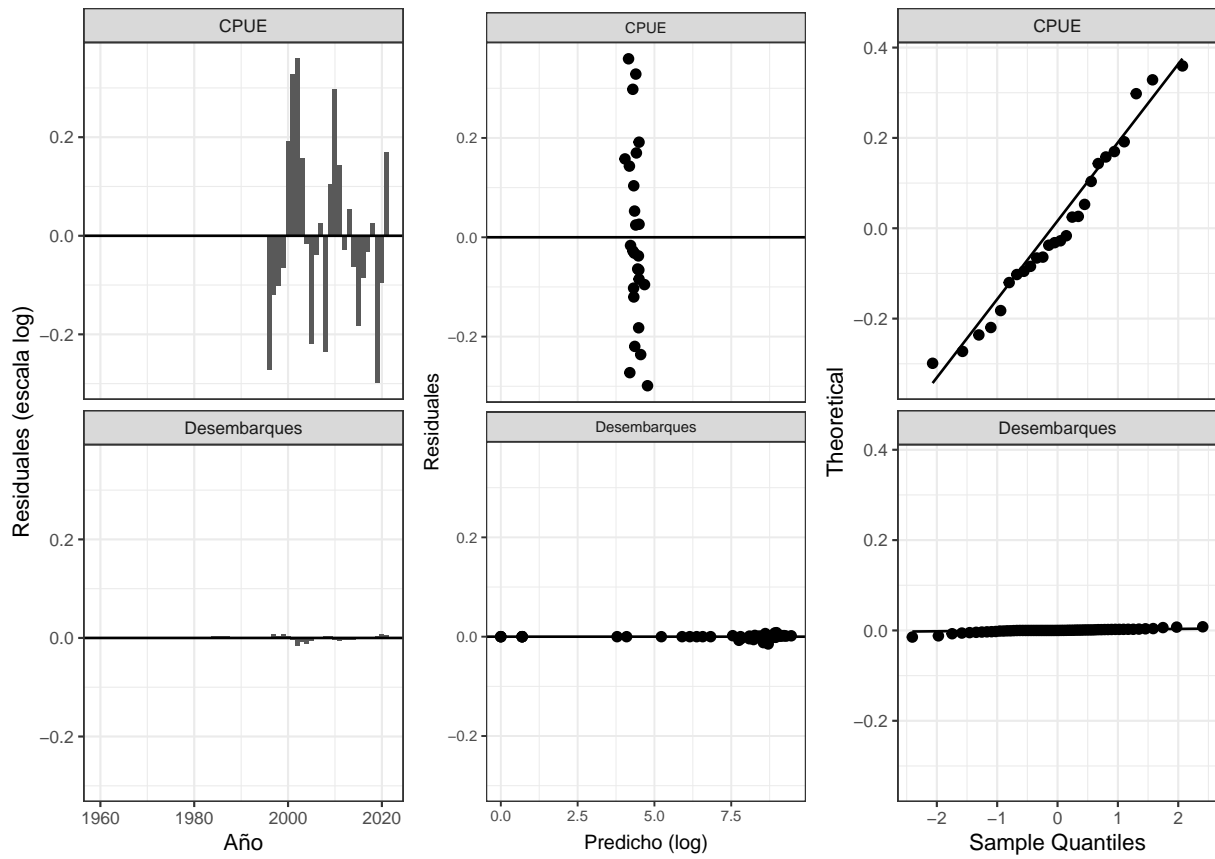
**Figura 16.** Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Norte

## 2. Erizo zona X Sur

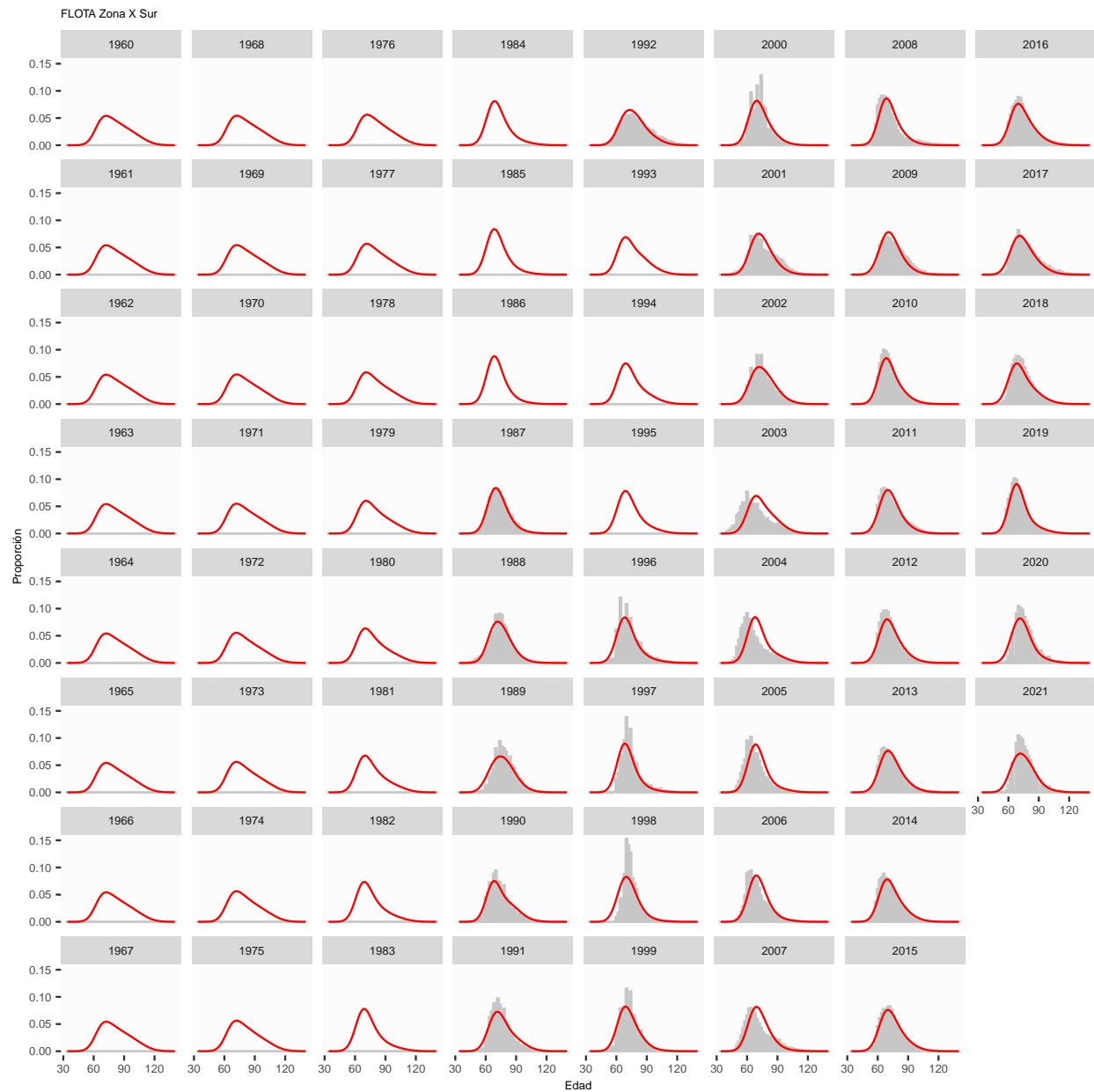
### 2.1. Ajustes y residuos



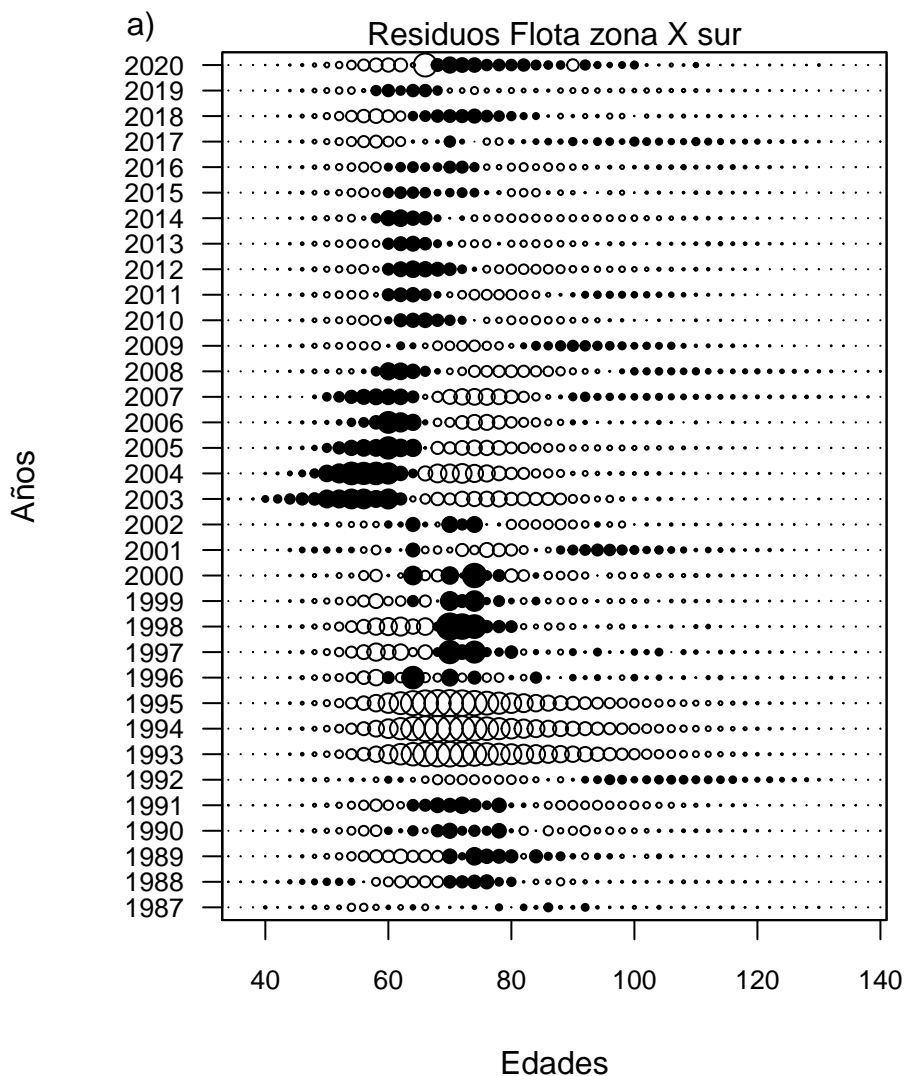
**Figura 17.** Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



**Figura 18.** Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur



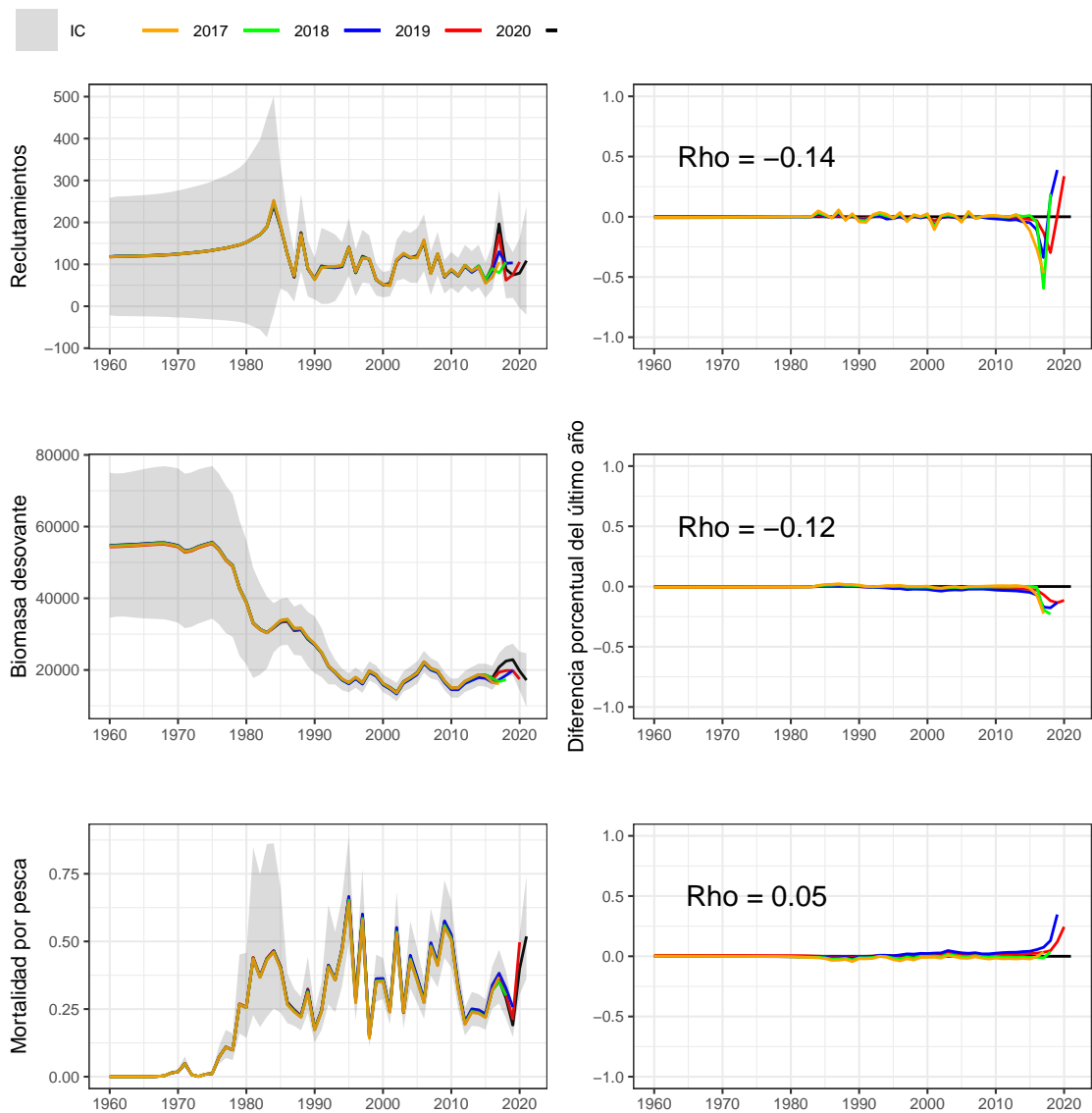
**Figura 19.** Modelo base. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur



**Figura 20.** Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur

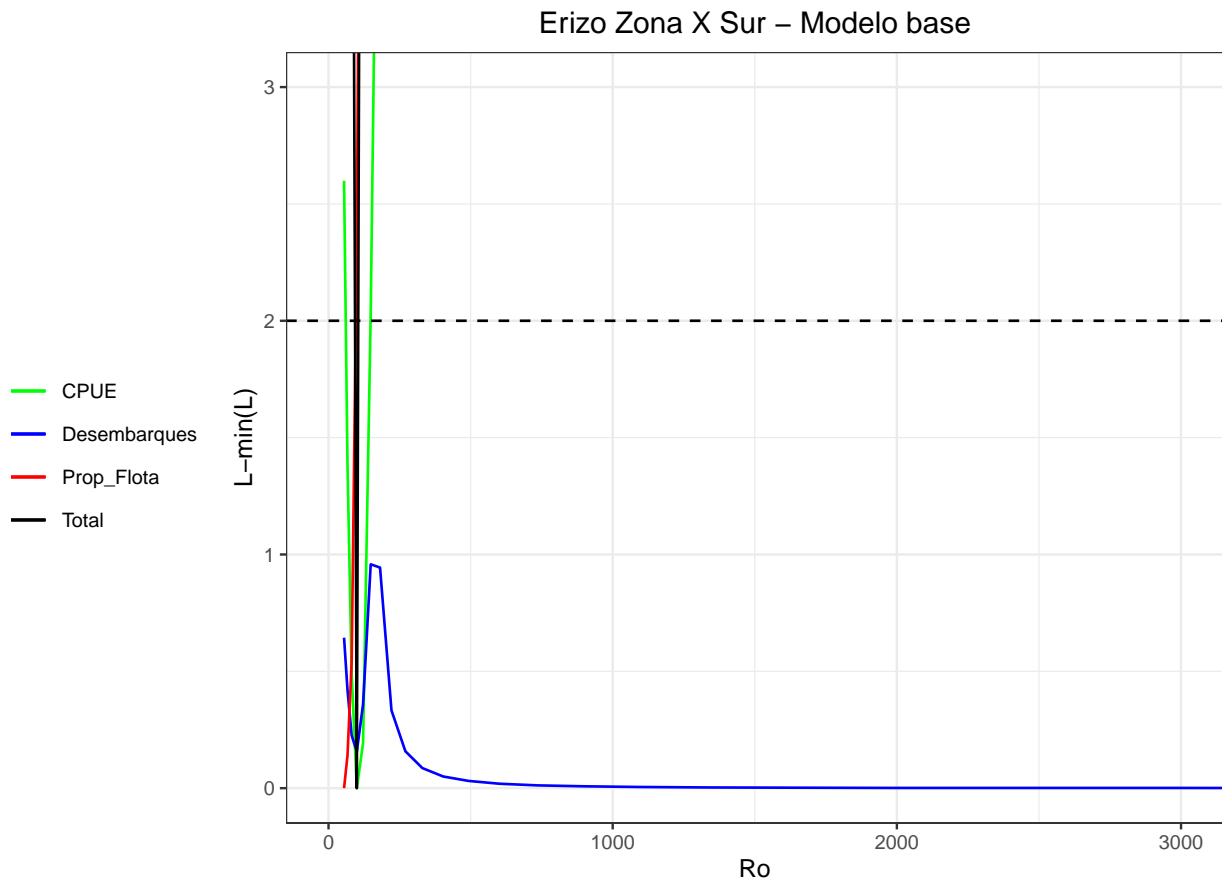


## 2.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X sur - modelo base



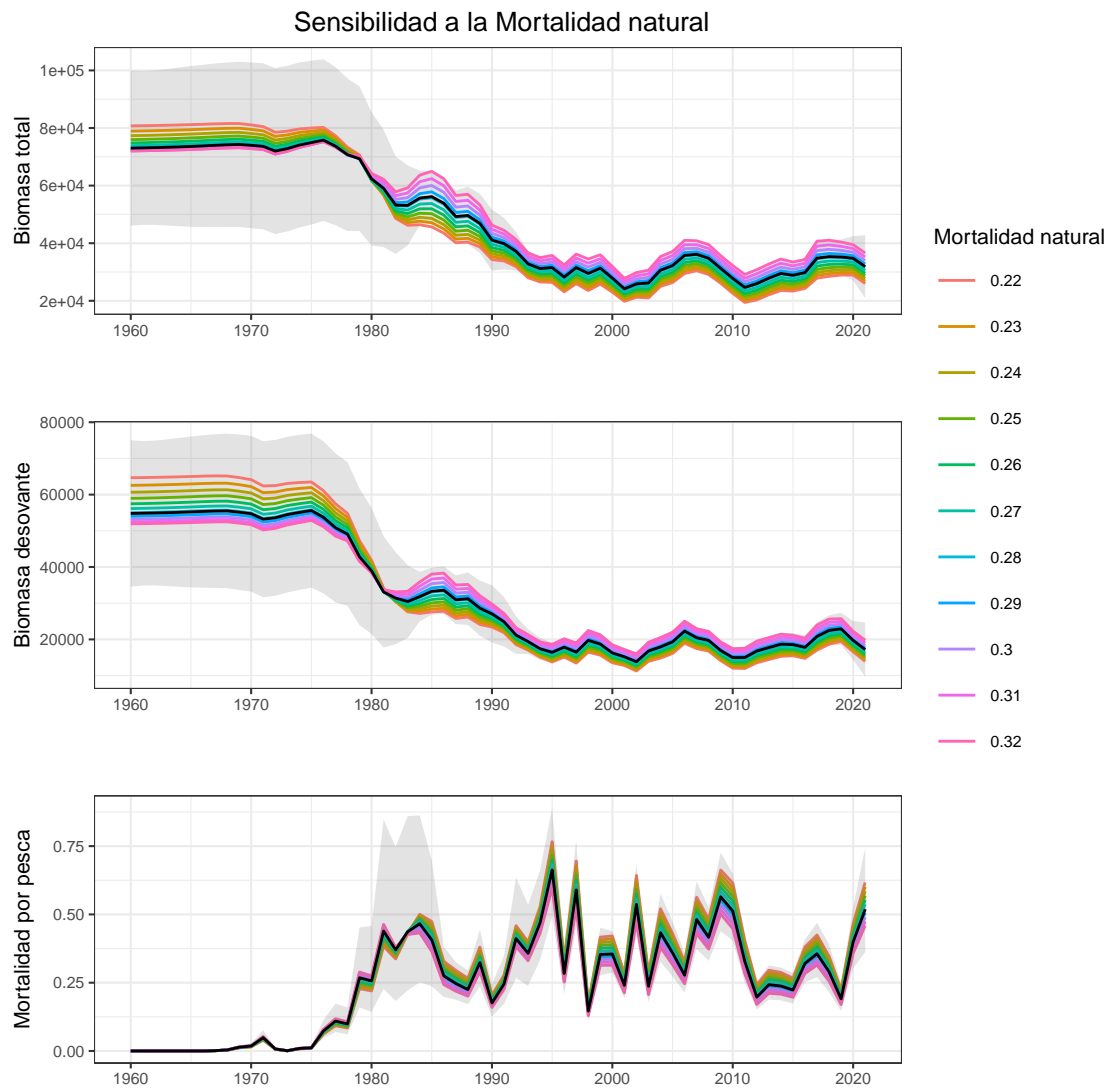
**Figura 21.** Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

### 2.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X sur - modelo base



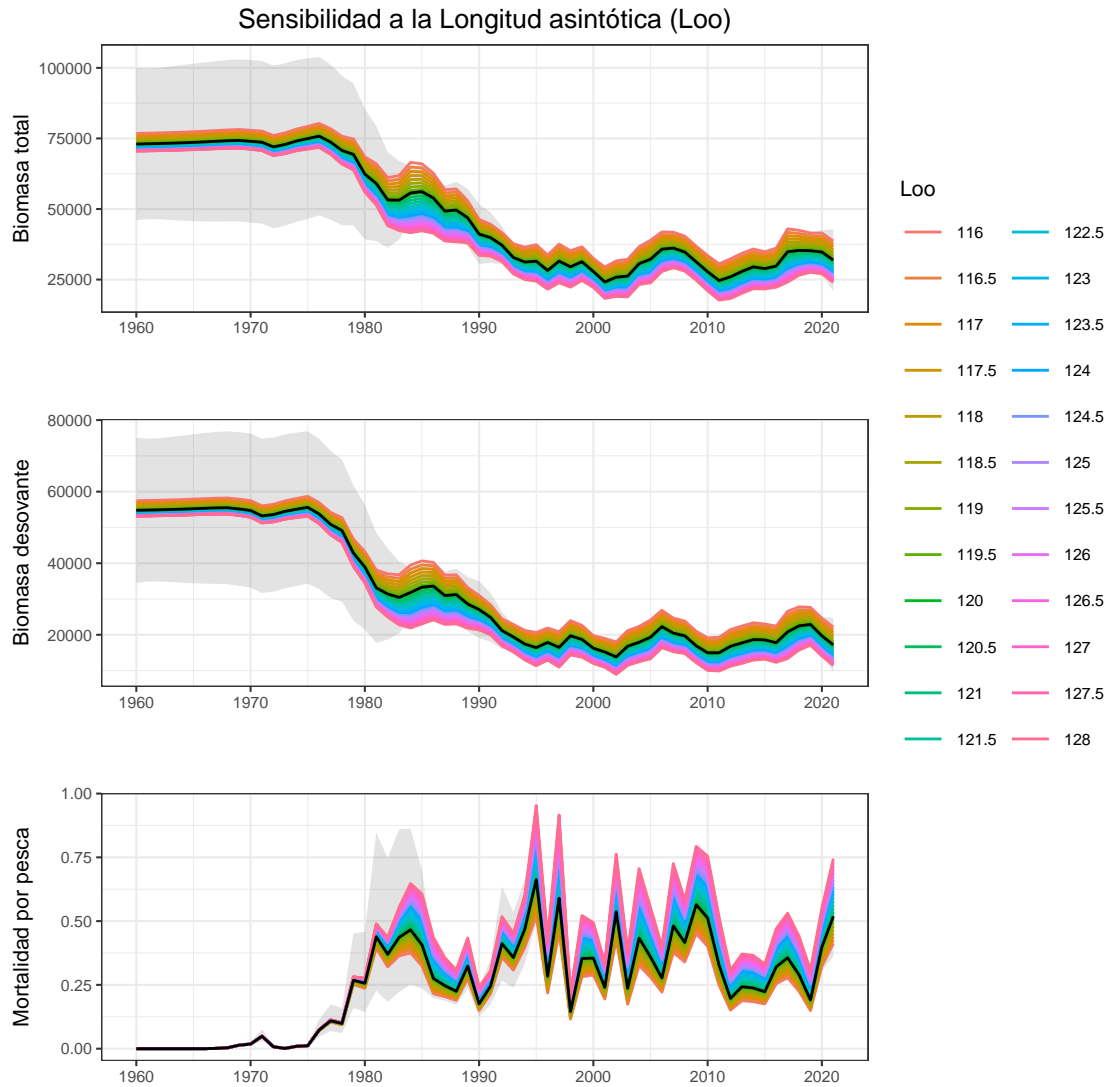
**Figura 22.** Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona X sur

## 2.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural



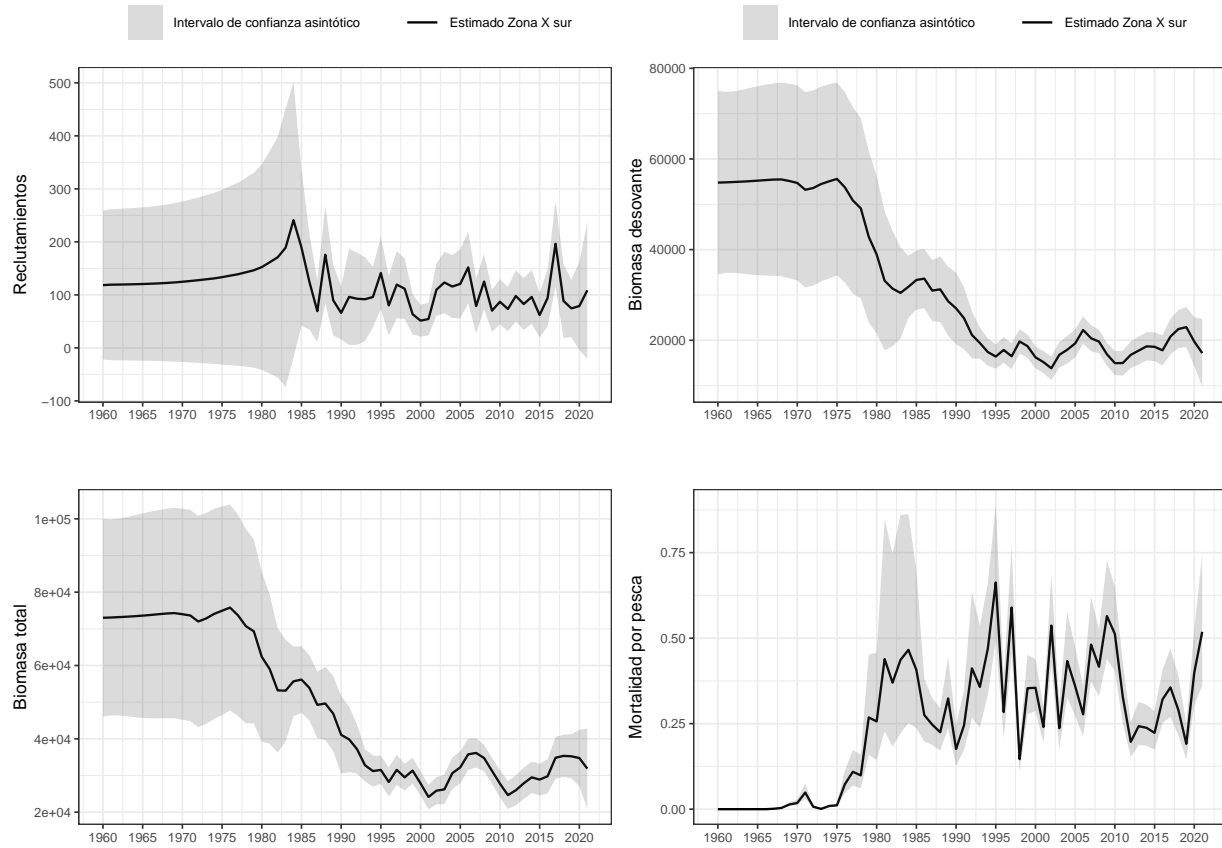
**Figura 23.** Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona X sur. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{oo} = 119.85$  mm y  $M = 0.282$  año<sup>-1</sup>)

## 2.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica

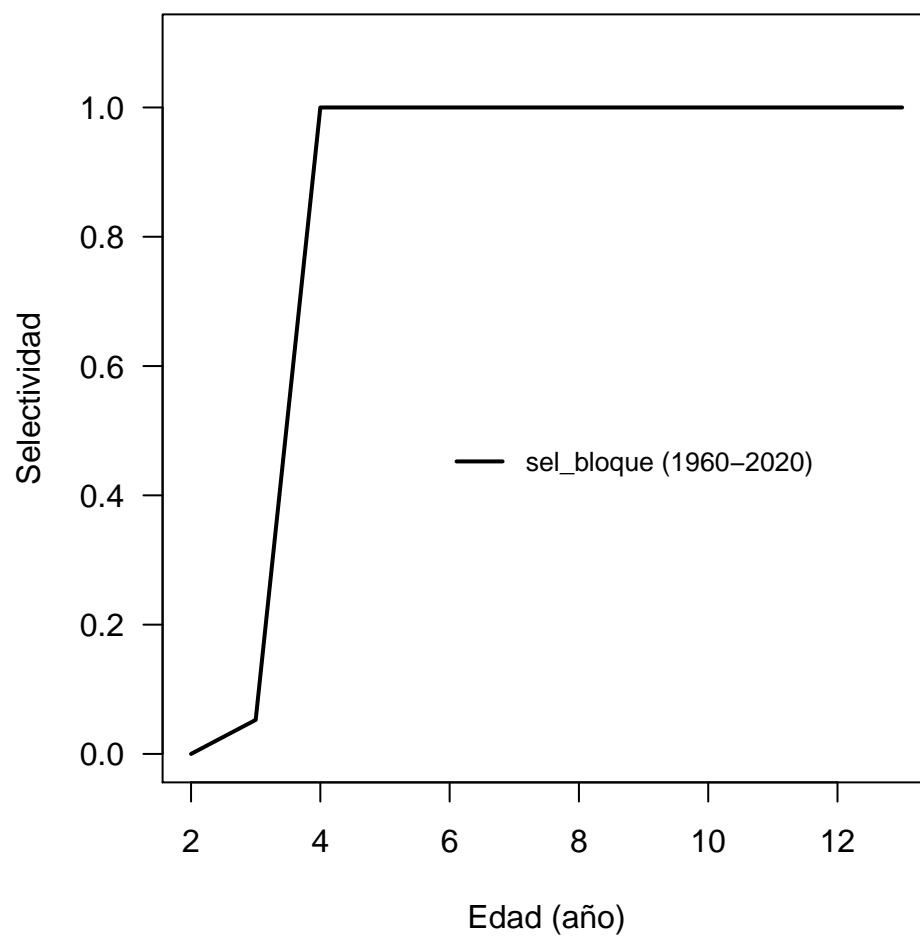


**Figura 24.** Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de L<sub>oo</sub> de erizo de la zona X sur. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (L<sub>oo</sub> = 119.85 mm y M = 0.282 año<sup>-1</sup>)

## 2.6. Variables de estado de erizo Zona X sur.

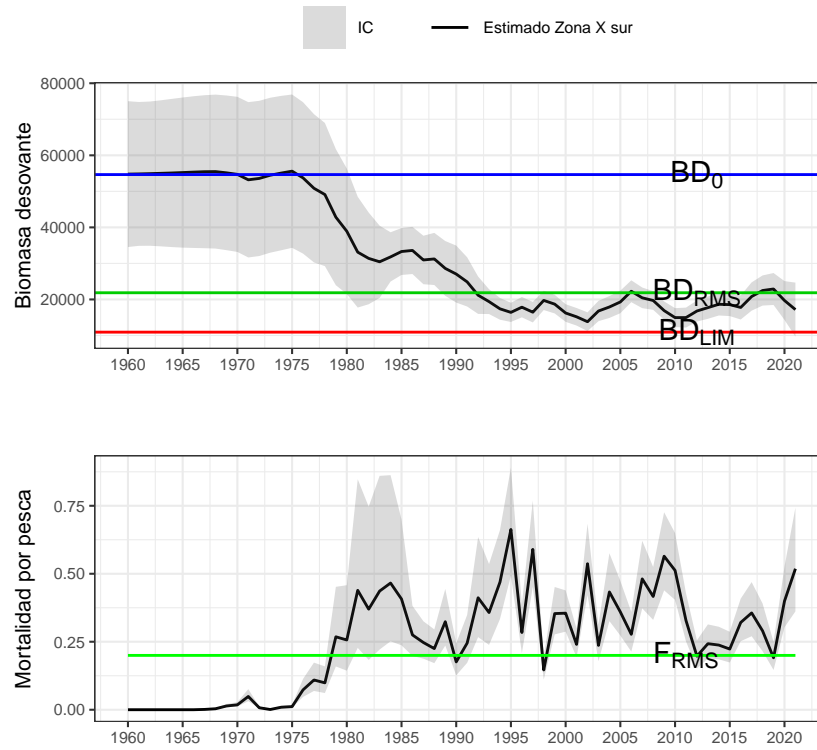


**Figura 25.** Modelo base. Variables poblacionales de Erizo zona X Sur



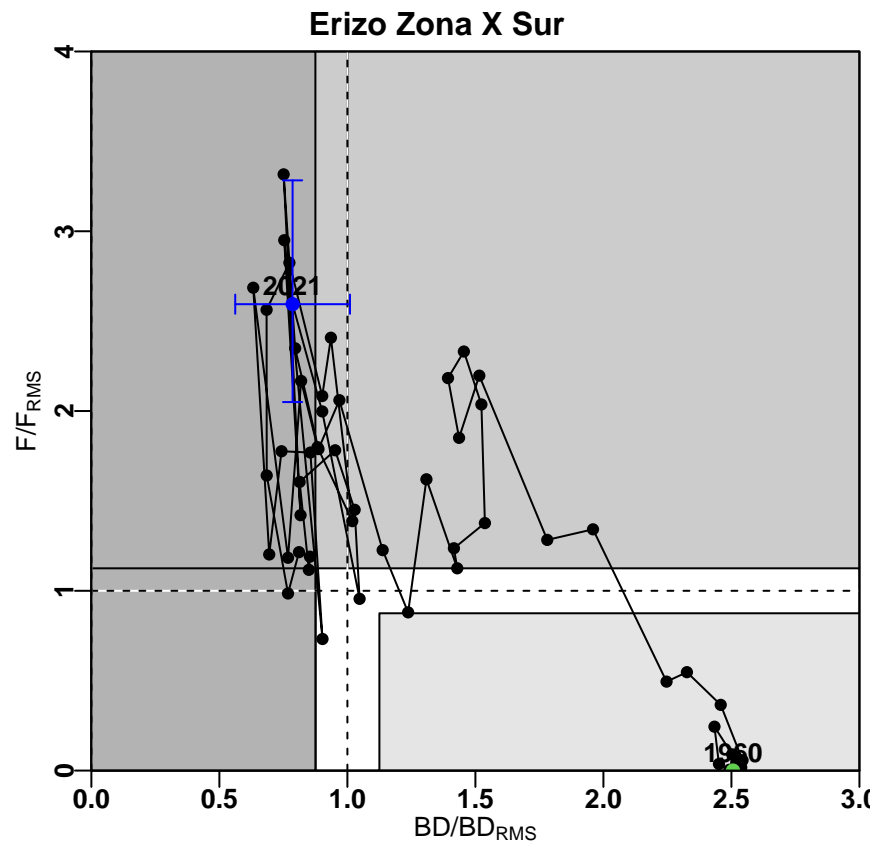
**Figura 26.** Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona X sur

## 2.7. Puntos Biológicos de Referencia



**Figura 27.** Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur

## 2.8. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos

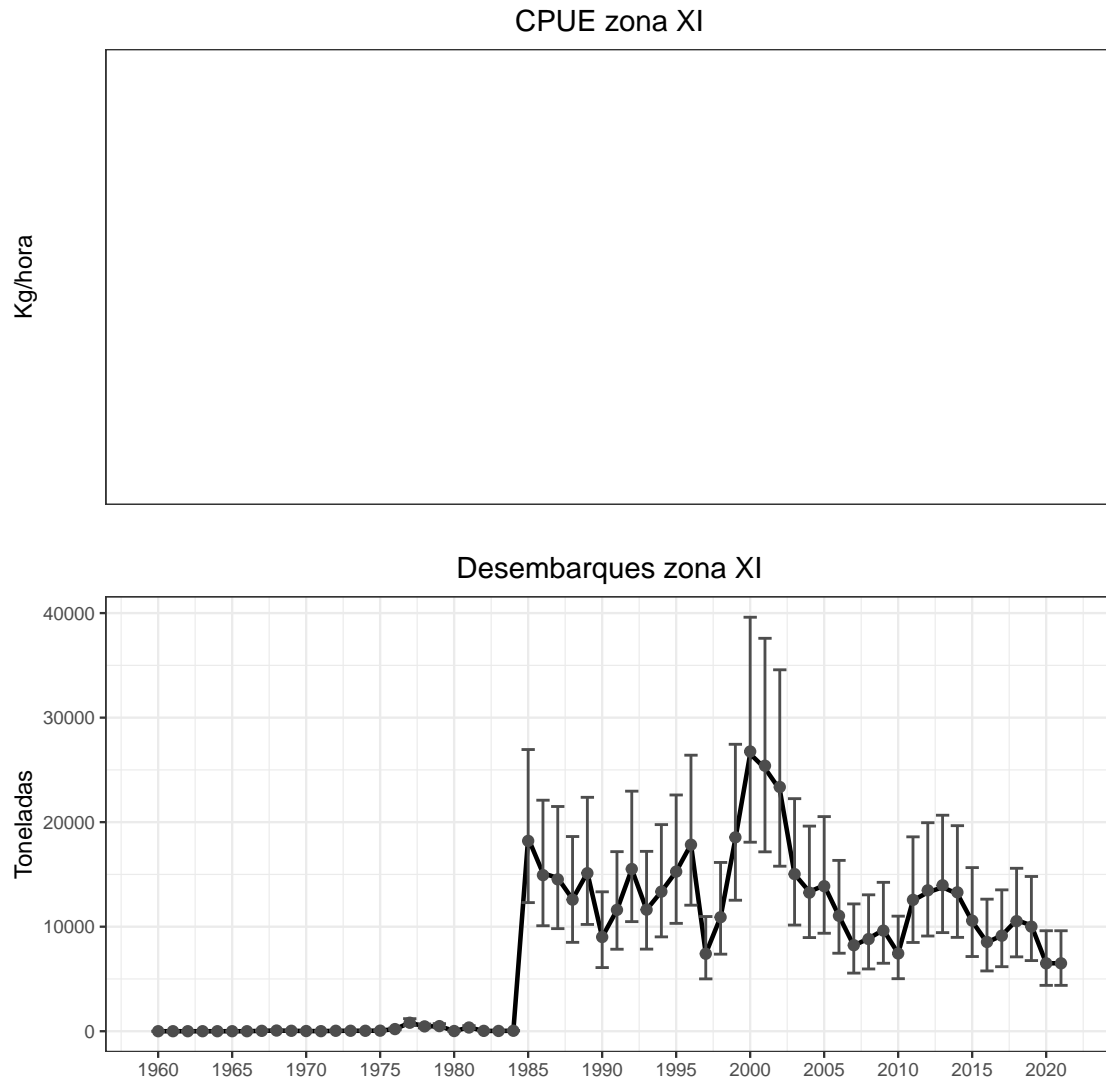


**Figura 28.** Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Sur

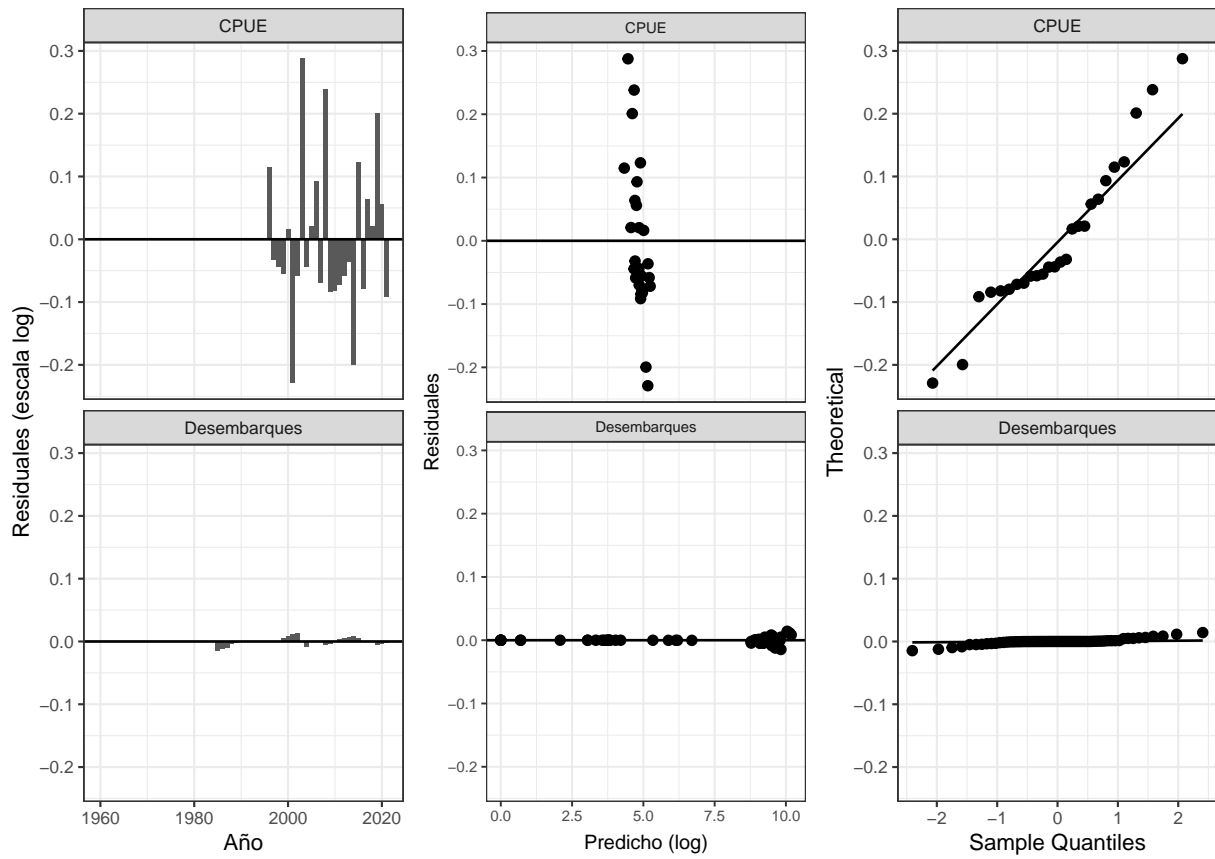


### 3. Erizo zona XI

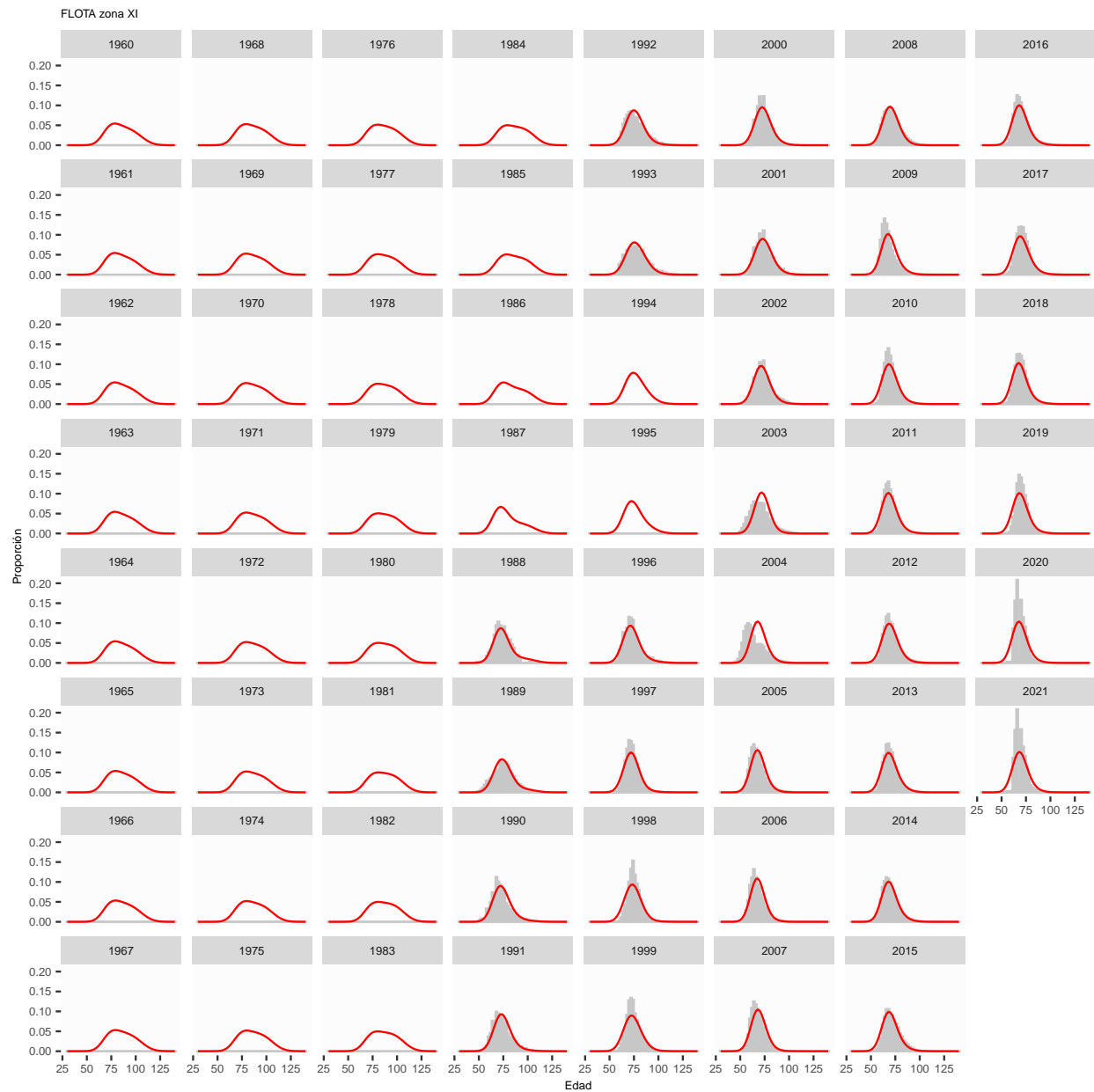
#### 3.1. Ajustes y residuos de erizo zona XI



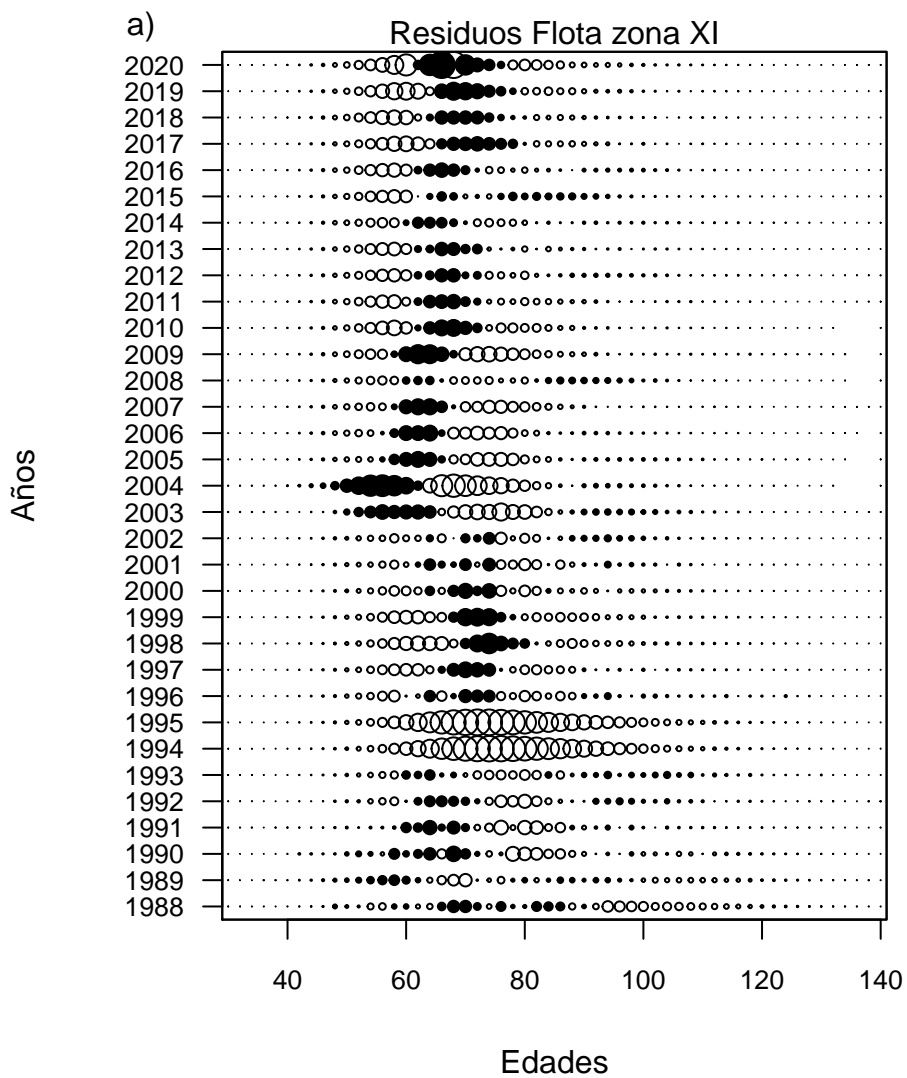
**Figura 29.** Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



**Figura 30.** Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI

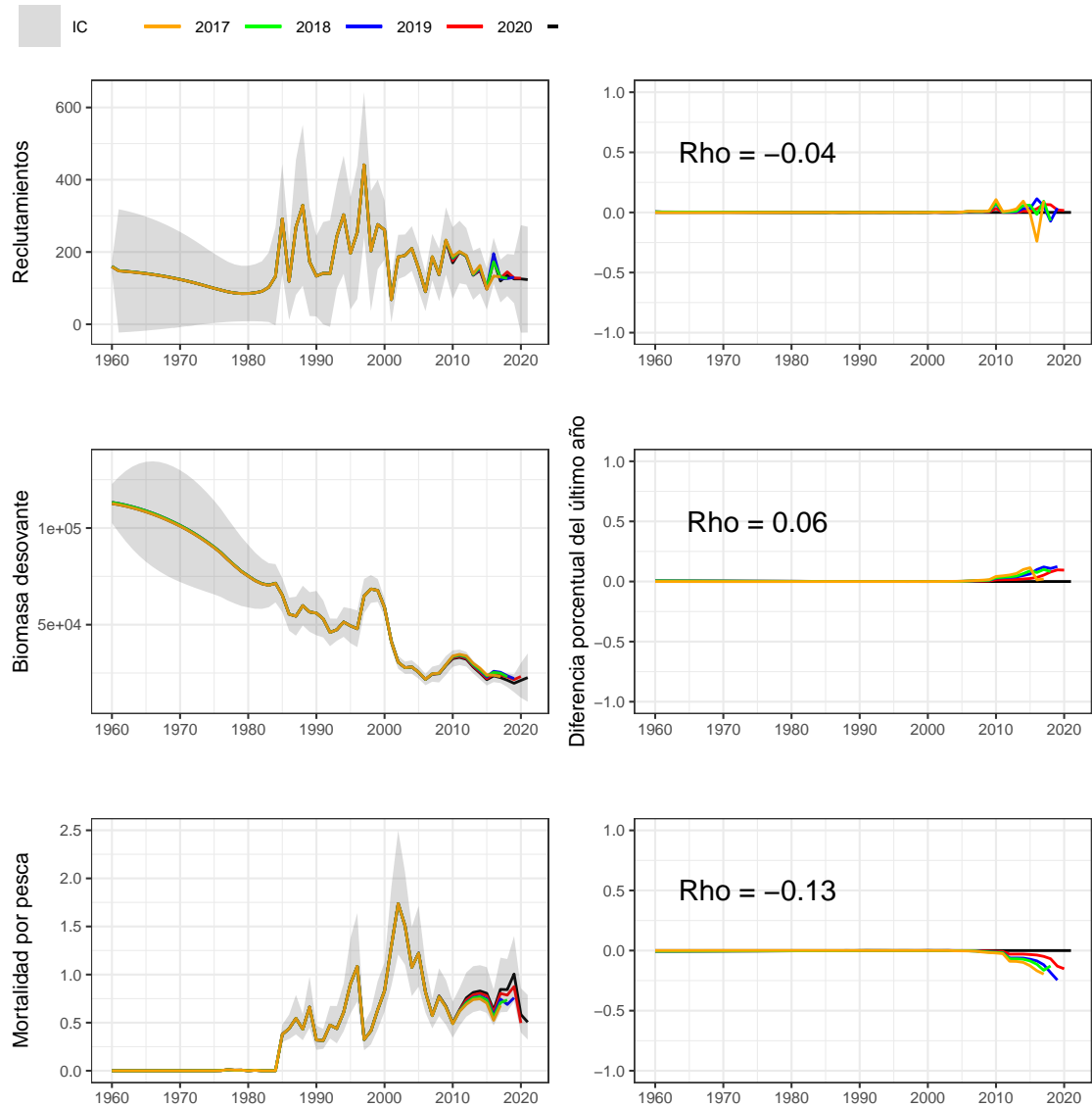


**Figura 31.** Modelo base. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI



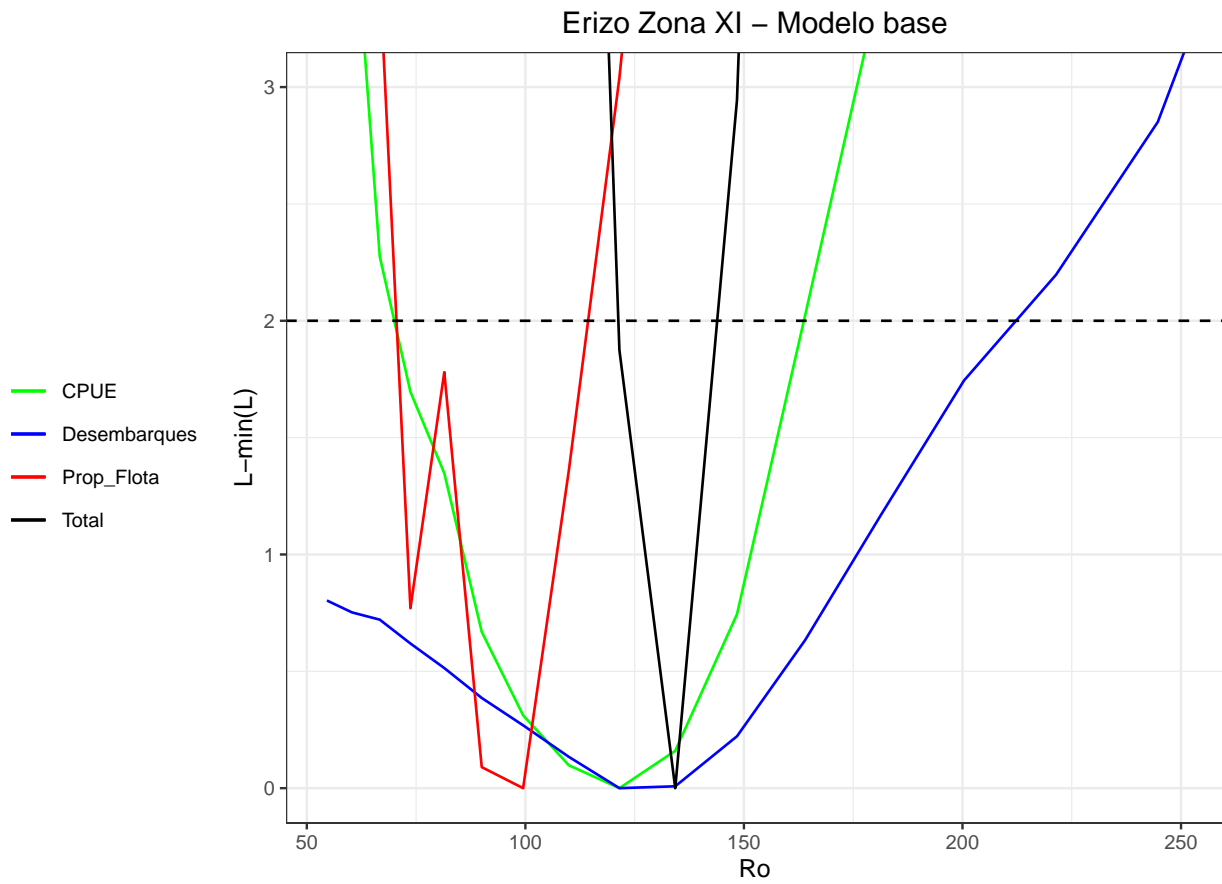
**Figura 32.** Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI

### 3.2. Análisis retrospectivo de erizo zona XI



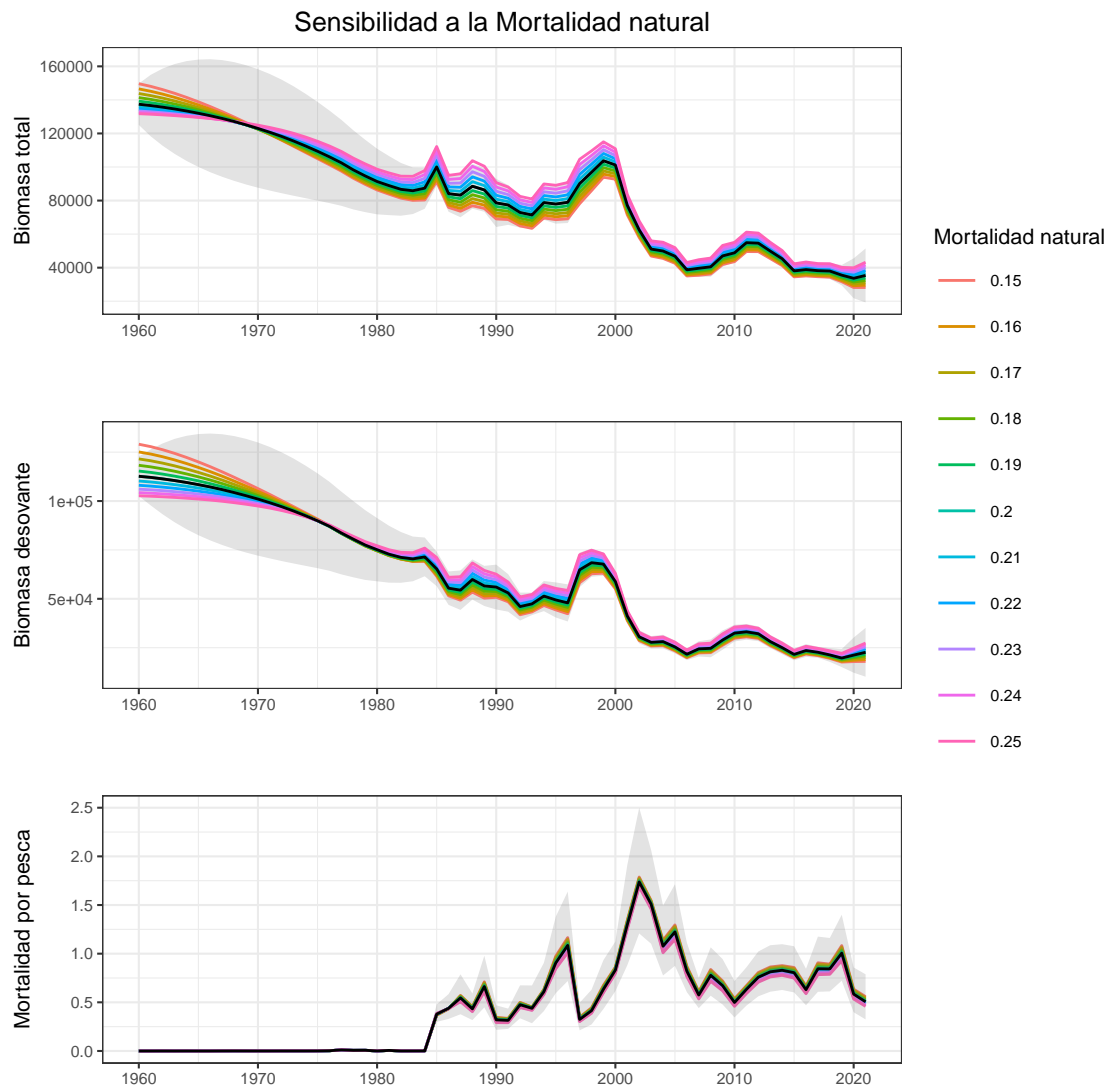
**Figura 33.** Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

### 3.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI



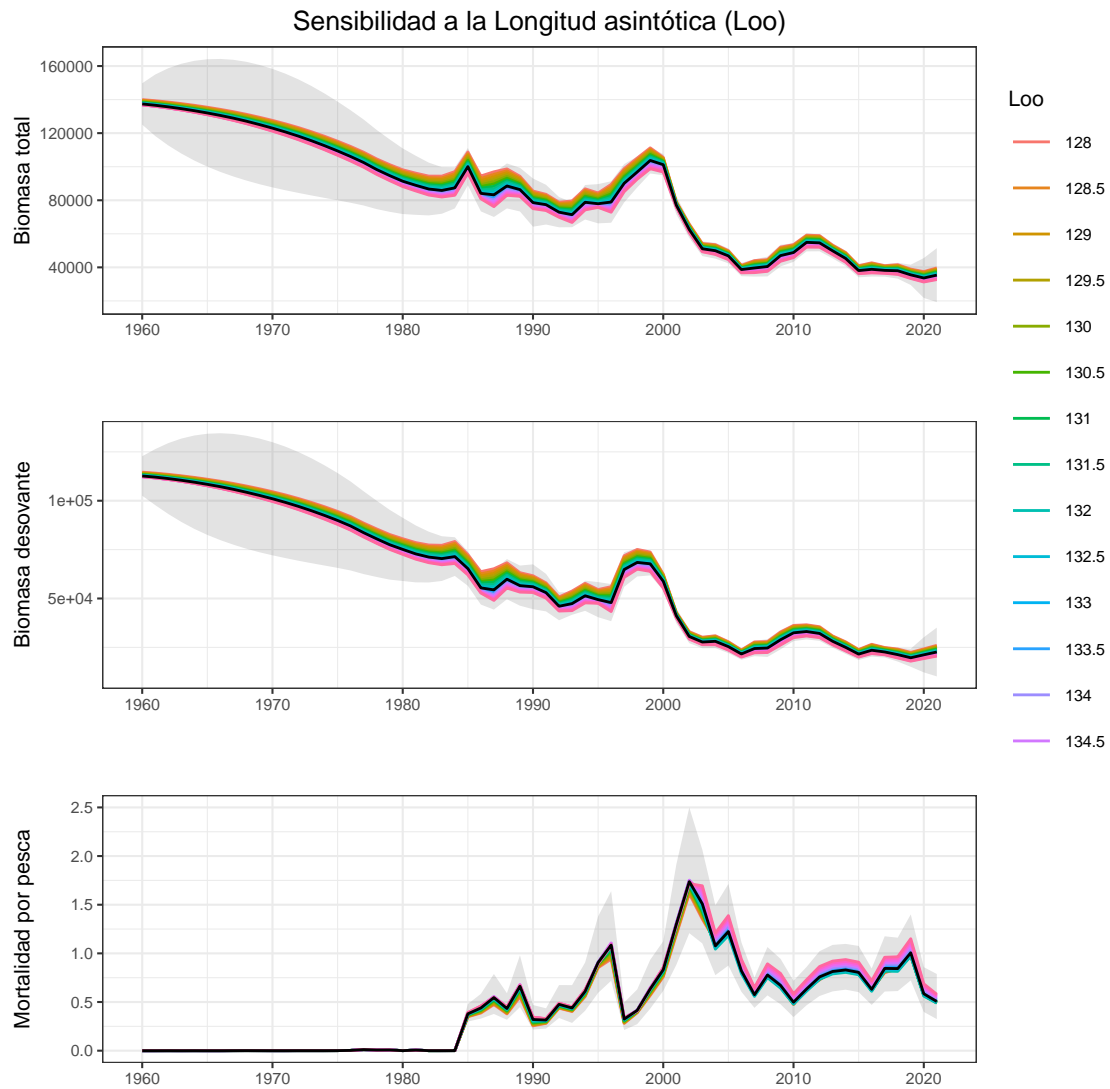
**Figura 34.** Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona XI

### 3.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural de erizo zona XI



**Figura 35.** Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 132.8$  mm y  $M = 0.20$  año<sup>-1</sup>)

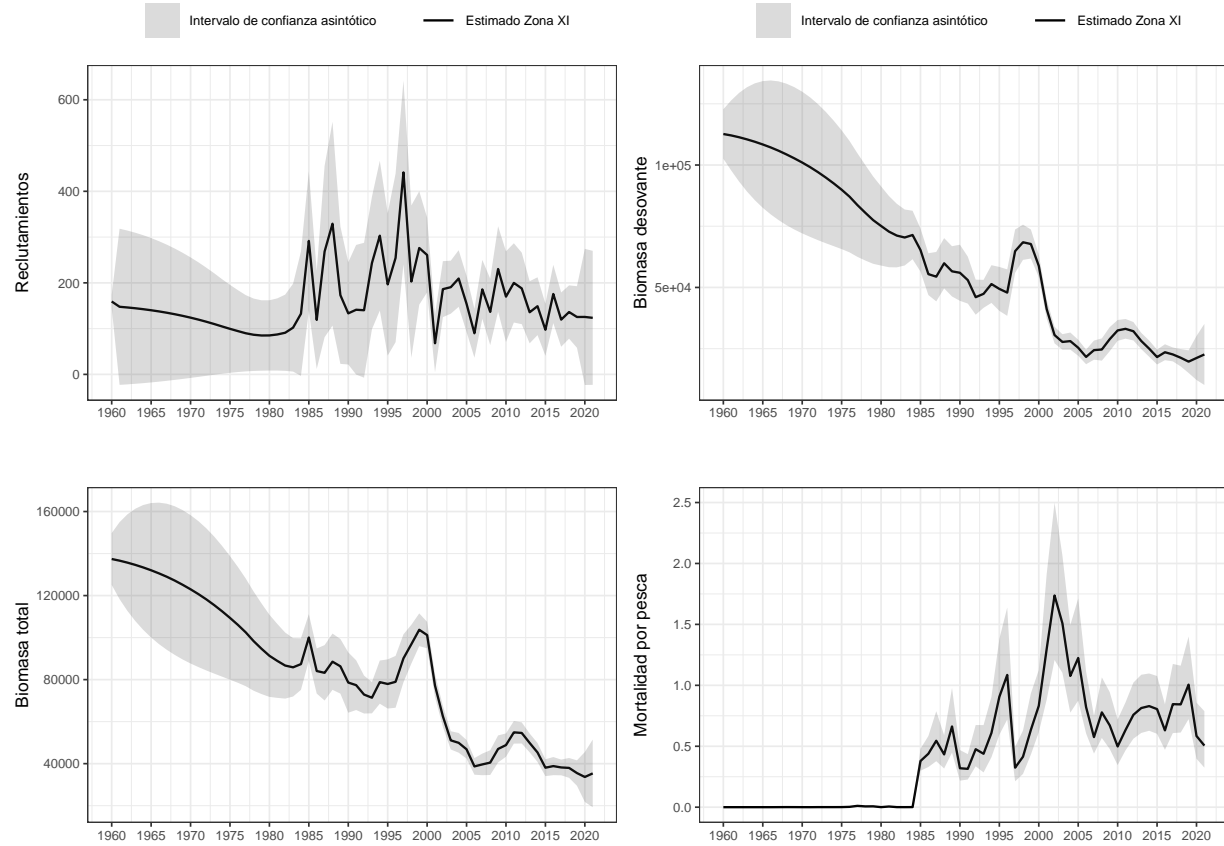
### 3.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica



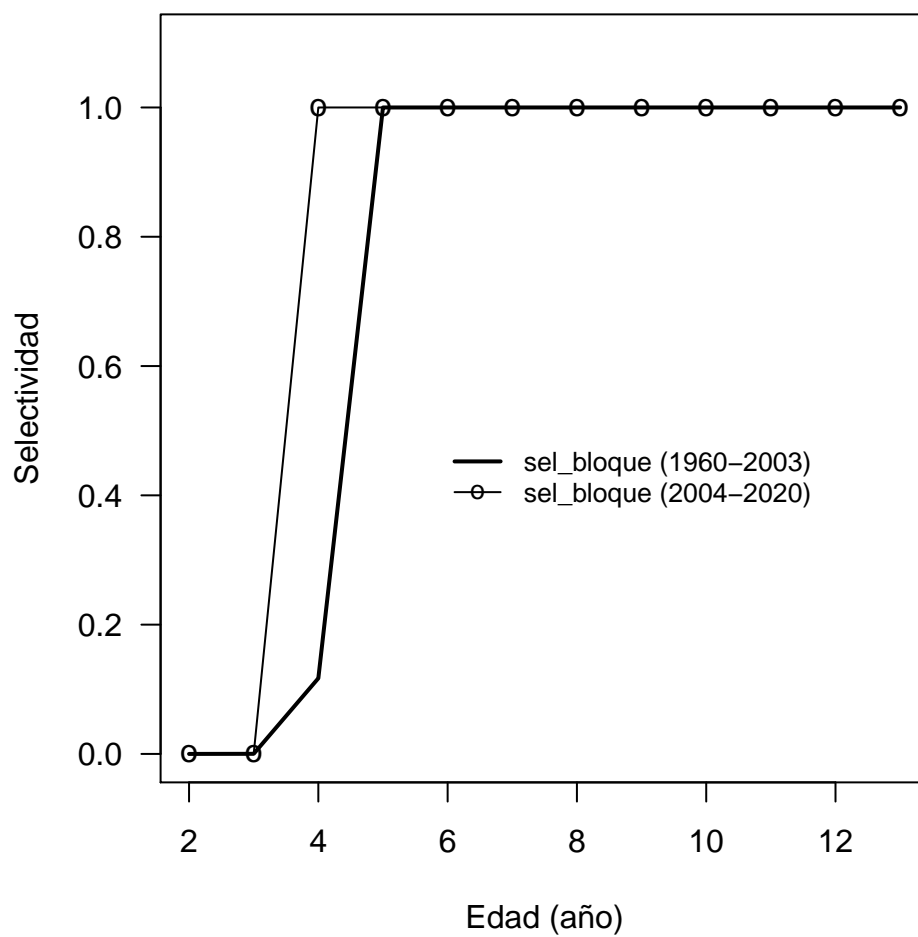
**Figura 36.** Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de L<sub>oo</sub> de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (L<sub>oo</sub> = 132.8 mm y M = 0.20 año<sup>-1</sup>)



### 3.6. Variables de estado de erizo zona XI

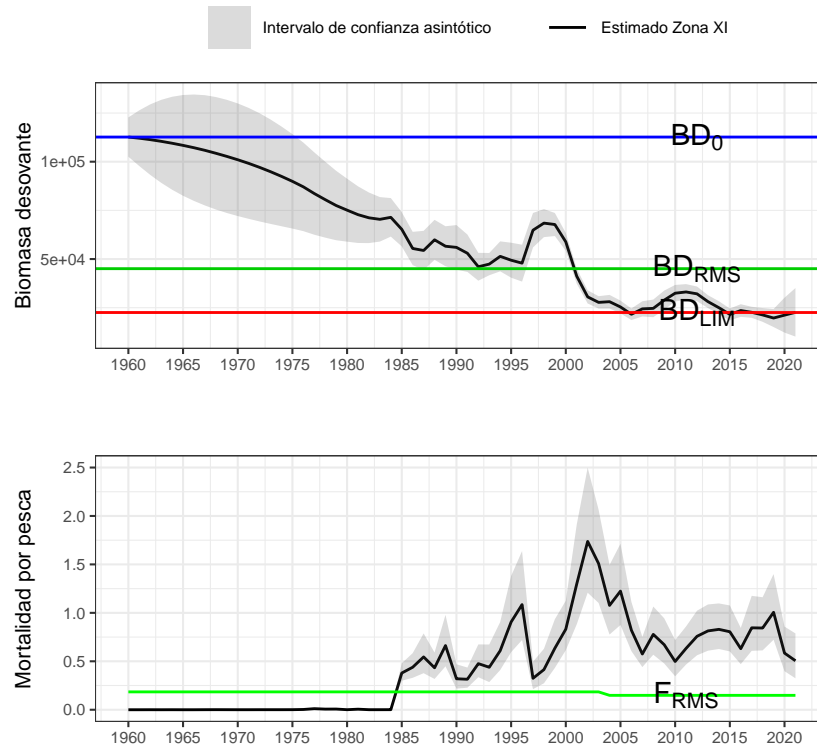


**Figura 37.** Modelo base. Variables poblacionales de Erizo zona XI



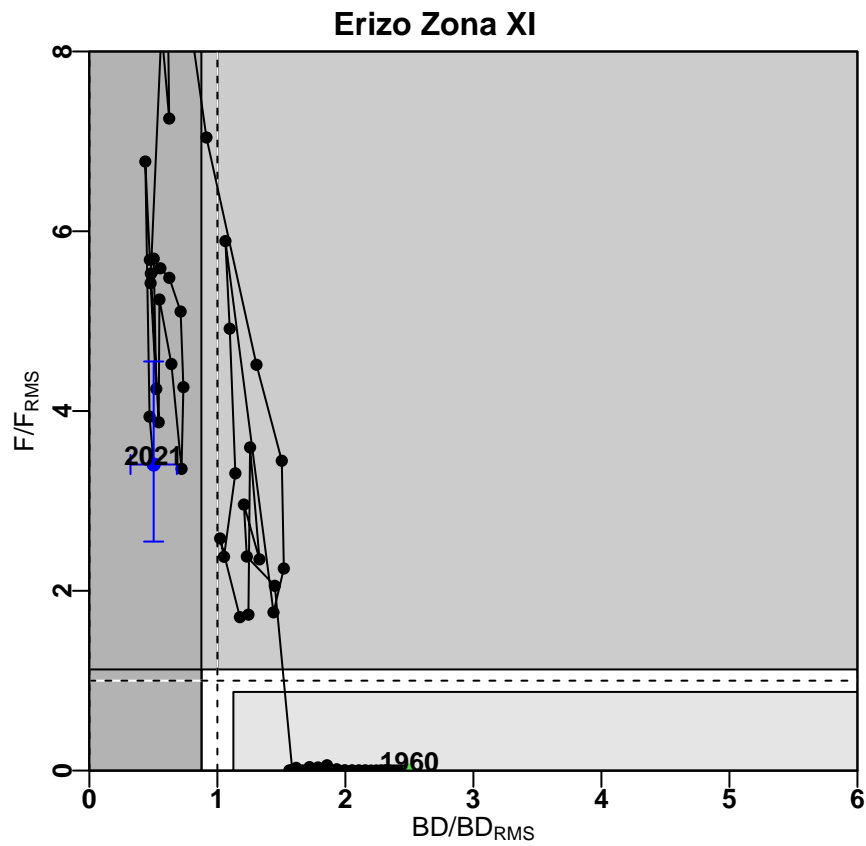
**Figura 38.** Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona XI

### 3.7. Puntos Biológicos de Referencia de erizo zona XI



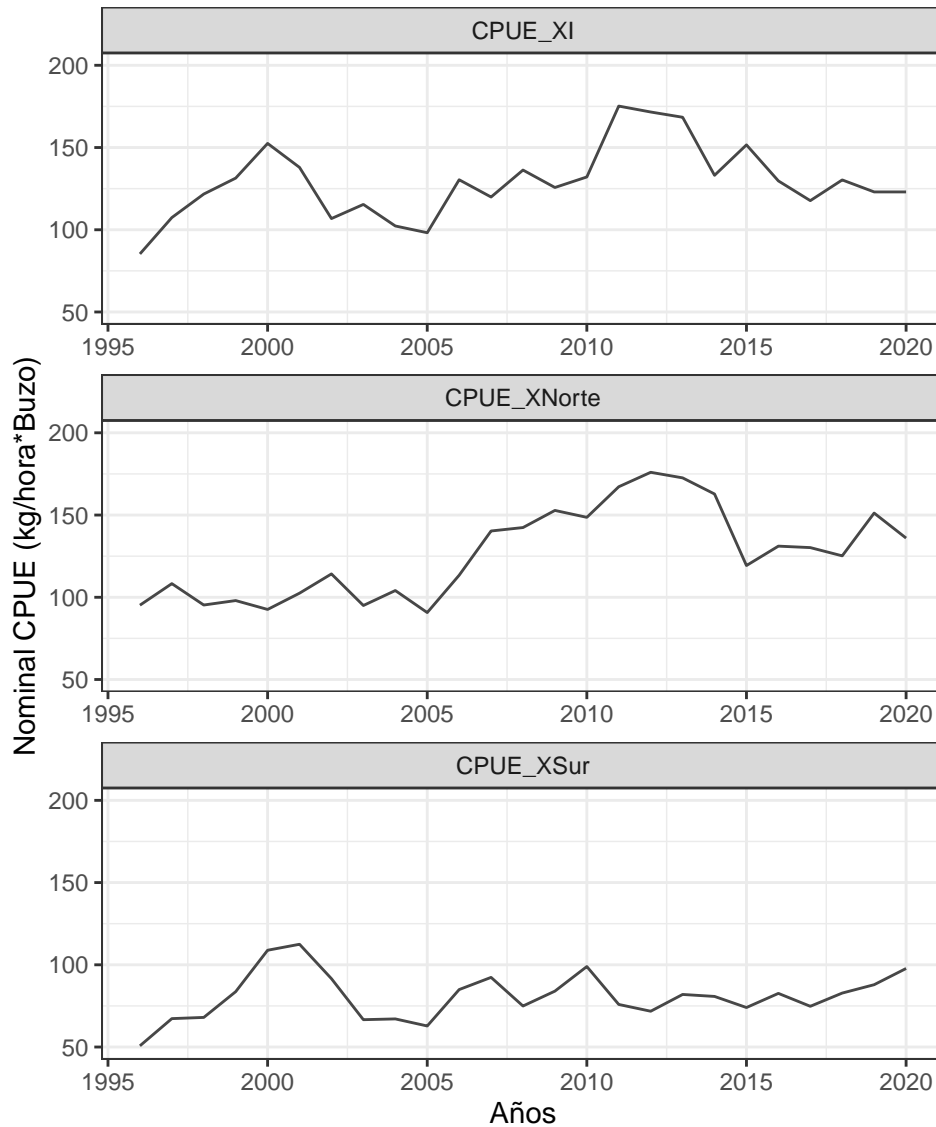
**Figura 39.** Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI

### 3.8. Estatus del erizo de la Región de Aysén



**Figura 40.** Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona XI

## 4. Análisis integrado de las tres zonas de estudio



A su vez, se presentan los valores estimados de cada variable de biomasa para cada zona a través de los años.

```
biodm <- as.matrix(biod)
kable(biodm, format = "pipe", caption = "Biomasa Totales por zona", align = "c")
```

**Tabla 1.** Biomasa Totales por zona

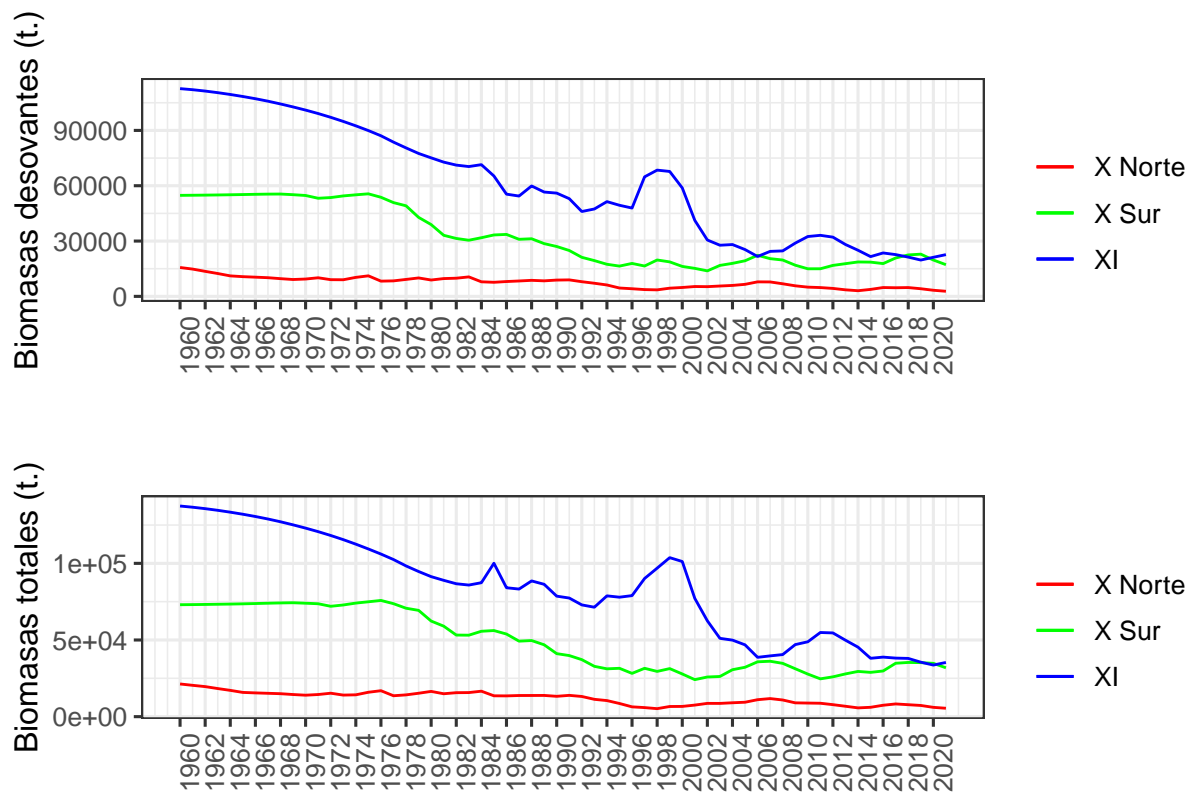
years	BD1	BD2	BD3	tota
1960	15661.0	54787	112660	183108.0
1961	14791.0	54840	112080	181711.0
1962	13568.0	54912	111340	179820.0
1963	12392.0	54999	110470	177861.0



years	BD1	BD2	BD3	totd
1964	11103.0	55099	109490	175692.0
1965	10690.0	55213	108390	174293.0
1966	10411.0	55344	107190	172945.0
1967	10123.0	55450	105840	171413.0
1968	9602.6	55485	104340	169427.6
1969	9136.3	55141	102730	167007.3
1970	9408.3	54714	101010	165132.3
1971	10084.0	53204	99148	162436.0
1972	9054.1	53586	97090	159730.1
1973	9013.1	54473	94869	158355.1
1974	10293.0	55065	92475	157833.0
1975	11139.0	55603	89912	156654.0
1976	8257.7	53736	87088	149081.7
1977	8410.0	50851	83649	142910.0
1978	9191.2	49113	80506	138810.2
1979	9994.3	42833	77494	130321.3
1980	8873.7	38927	75112	122912.7
1981	9651.3	33124	72797	115572.3
1982	9853.5	31395	71181	112429.5
1983	10564.0	30450	70402	111416.0
1984	7897.1	31807	71423	111127.1
1985	7646.1	33303	65275	106224.1
1986	8042.2	33602	55431	97075.2
1987	8349.7	30957	54407	93713.7
1988	8690.5	31241	59876	99807.5
1989	8416.7	28610	56578	93604.7
1990	8832.4	27045	55996	91873.4
1991	8943.1	24872	52996	86811.1
1992	7958.7	21176	46025	75159.7
1993	7119.6	19392	47397	73908.6
1994	6184.7	17398	51390	74972.7
1995	4525.0	16416	49407	70348.0
1996	4146.2	17860	47893	69899.2
1997	3677.1	16467	64822	84966.1
1998	3528.2	19735	68457	91720.2
1999	4446.0	18702	67741	90889.0
2000	4826.5	16237	58827	79890.5
2001	5335.7	15186	41215	61736.7
2002	5272.4	13822	30561	49655.4
2003	5609.2	16790	27741	50140.2
2004	5930.1	17909	28096	51935.1
2005	6520.0	19308	25379	51207.0



years	BD1	BD2	BD3	totd
2006	7872.3	22279	21628	51779.3
2007	7820.4	20453	24399	52672.4
2008	6830.4	19711	24659	51200.4
2009	5729.6	16910	28882	51521.6
2010	5004.0	14961	32450	52415.0
2011	4774.6	14972	33102	52848.6
2012	4308.8	16791	32120	53219.8
2013	3544.7	17728	28128	49400.7
2014	3071.5	18661	25008	46740.5
2015	3778.5	18568	21563	43909.5
2016	4795.2	17782	23544	46121.2
2017	4669.4	20814	22646	48129.4
2018	4770.0	22482	21292	48544.0
2019	4134.5	22902	19696	46732.5
2020	3319.9	19711	21187	44217.9
2021	2768.6	17182	22638	42588.6



**Figura 41.** Biomasa Totales y Desovantes