

# DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE EVALUACIÓN DE STOCK DE ERIZO - MODELO ALTERNATIVO: USO DE ÍNDICE DE BIOMASA ESTIMADA POR MÉTODO CATDIN

## Contents

<b>1. Erizo Zona X Norte</b>	<b>5</b>
1.1. Ajustes y residuos - Modelo alternativo . . . . .	5
1.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X norte - Modelo alternativo . . . . .	9
1.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X norte - Modelo alternativa . . . . .	10
1.4. Análisis de sensibilidad a la Mortalidad natural - Modelo alternativo . . . . .	11
1.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - Modelo alternativo . . . . .	12
1.6. Variables de estado - modelo alternativo . . . . .	13
1.7. Puntos Biológicos de Referencia - modelo alternativo . . . . .	15
1.8. Estatus del erizo de la zona norte de la Región de Los Lagos - modelo alternativo . . . . .	16
<b>2. Erizo zona X Sur</b>	<b>17</b>
2.1. Ajustes y residuos - modelo alternativo . . . . .	17
2.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X sur - modelo alternativo . . . . .	21
2.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X sur - modelo alternativo . . . . .	22
2.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural - modelo alternativo . . . . .	23
2.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - modelo alternativo . . . . .	24
2.6. Variables de estado de erizo Zona X sur - modelo alternativo . . . . .	25
2.7. Puntos Biológicos de Referencia - Modelo alternativo . . . . .	27
2.8. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos - Modelo alternativo . . . . .	28
<b>3. Erizo zona XI</b>	<b>29</b>
3.1. Ajustes y residuos de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	29
3.2. Análisis retrospectivo de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	33
3.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	34
3.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	35
3.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - Modelo alternativo . . . . .	36
3.6. Variables de estado de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	37
3.7. Puntos Biológicos de Referencia de erizo zona XI - Modelo alternativo . . . . .	39
3.8. Estatus del erizo de la Región de Aysén - Modelo alternativo . . . . .	40
<b>4. Análisis integrado de las tres zonas de estudio - Modelo alternativo</b>	<b>41</b>



## List of Figures

1	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 . . . . .	5
2	Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte . . .	6
3	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. . . . .	7
4	Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte . . . . .	8
5	Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho)	9
6	Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona X norte . . . . .	10
7	Modelo alternativo. 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> )	11
8	Modelo alternativo. 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> )	12
9	Modelo alternativo. Variables de biomazas totales, desovantes, reclutamientos y desvíos estimadas por el modelo para el erizo de la zona X Norte período 1960 - 2019. . . . .	13
10	Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona X Norte . . . . .	14
11	Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Norte . . . . .	15
12	Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Norte . . . . .	16
13	Modelo alternativo. 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 . . . . .	17
14	Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur . . . . .	18
15	Modelo alternativo. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur . . . . .	19
16	Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur . . . . .	20
17	Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos . . . . .	21
18	Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona X sur . . . . .	22
19	Modelo alternativo. 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> ) . . . . .	23
20	Modelo alternativo. 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> )	24
21	Modelo alternativo. Variables poblacionales de Erizo zona X Sur . . . . .	25
22	Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona X sur . . . . .	26
23	Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur . . . . .	27
24	Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Sur . . . . .	28
25	Modelo alternativo. 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 . . . . .	29
26	Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI . . . . .	30
27	Modelo alternativo. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI . . . . .	31



28	Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI . . . . .	32
29	Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos . . . . .	33
30	Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona XI . . . . .	34
31	Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{oo} = 132.8$ mm y $M = 0.20$ año <sup>-1</sup> )	35
32	Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad del rango de $L_{oo}$ de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{oo} = 132.8$ mm y $M = 0.20$ año <sup>-1</sup> ) . . .	36
33	Modelo alternativo. Variables poblacionales de Erizo zona XI . . . . .	37
34	Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona XI . . . . .	38
35	Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI . . . . .	39
36	Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona XI . . . . .	40
37	Biomassas Totales y Desovantes . . . . .	44

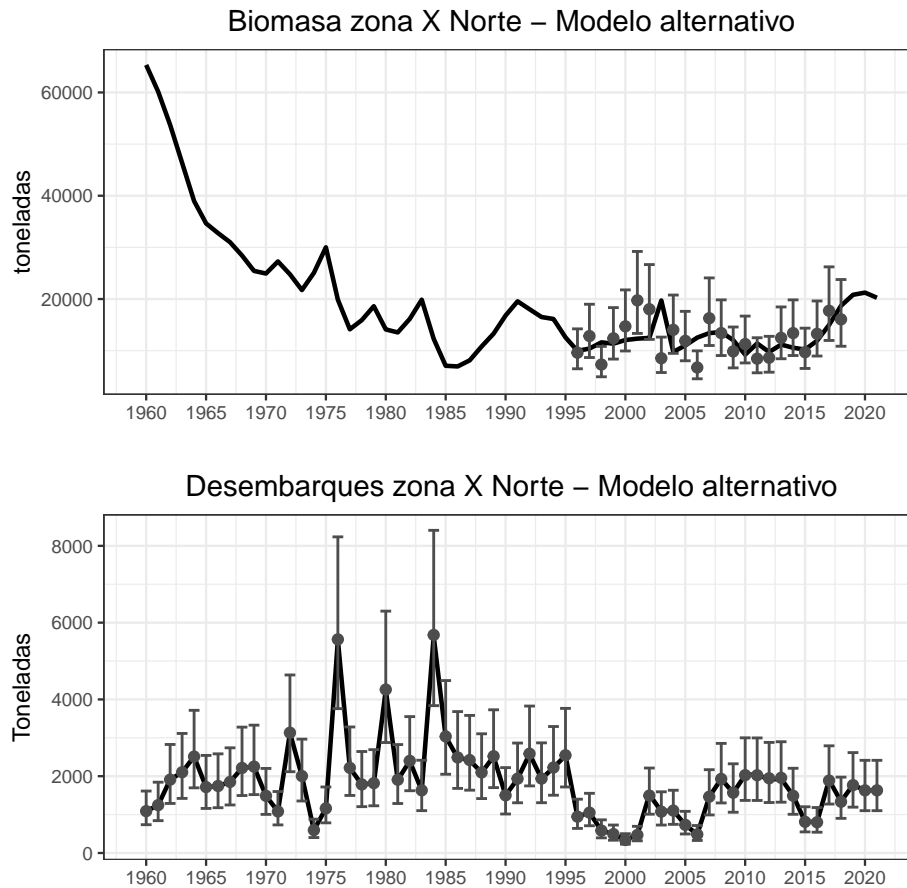


## List of Tables

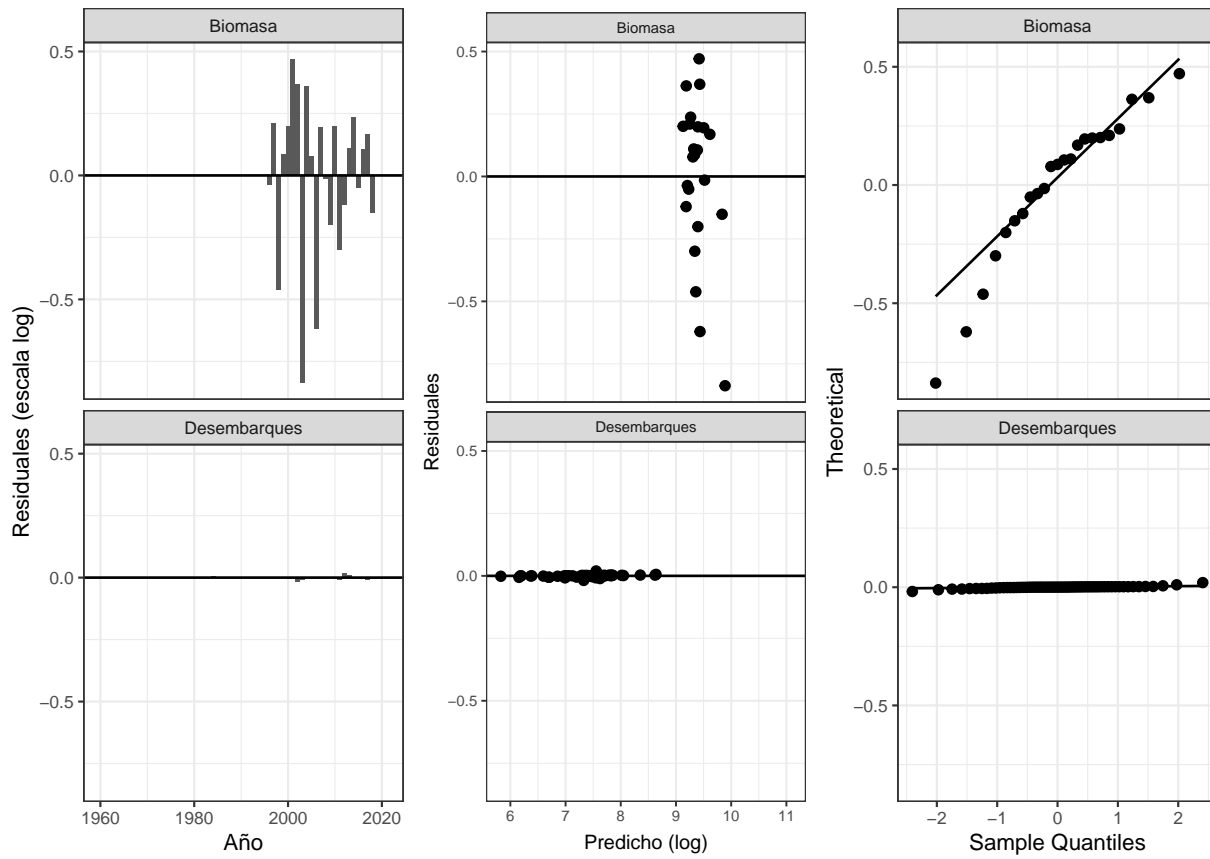
1	Biomاسas Totales por zona . . . . .	41
---	-------------------------------------	----

## 1. Erizo Zona X Norte

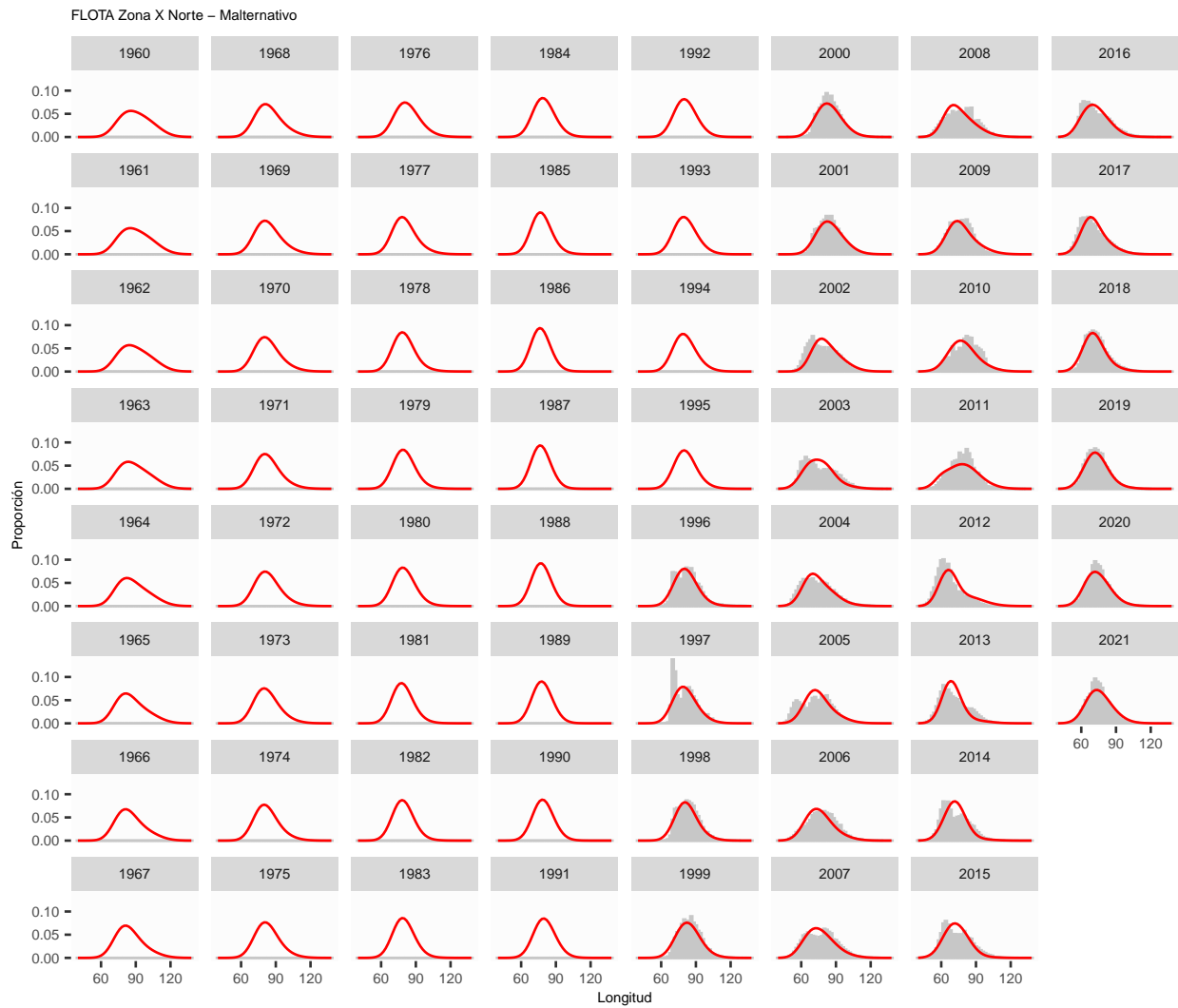
### 1.1. Ajustes y residuos - Modelo alternativo



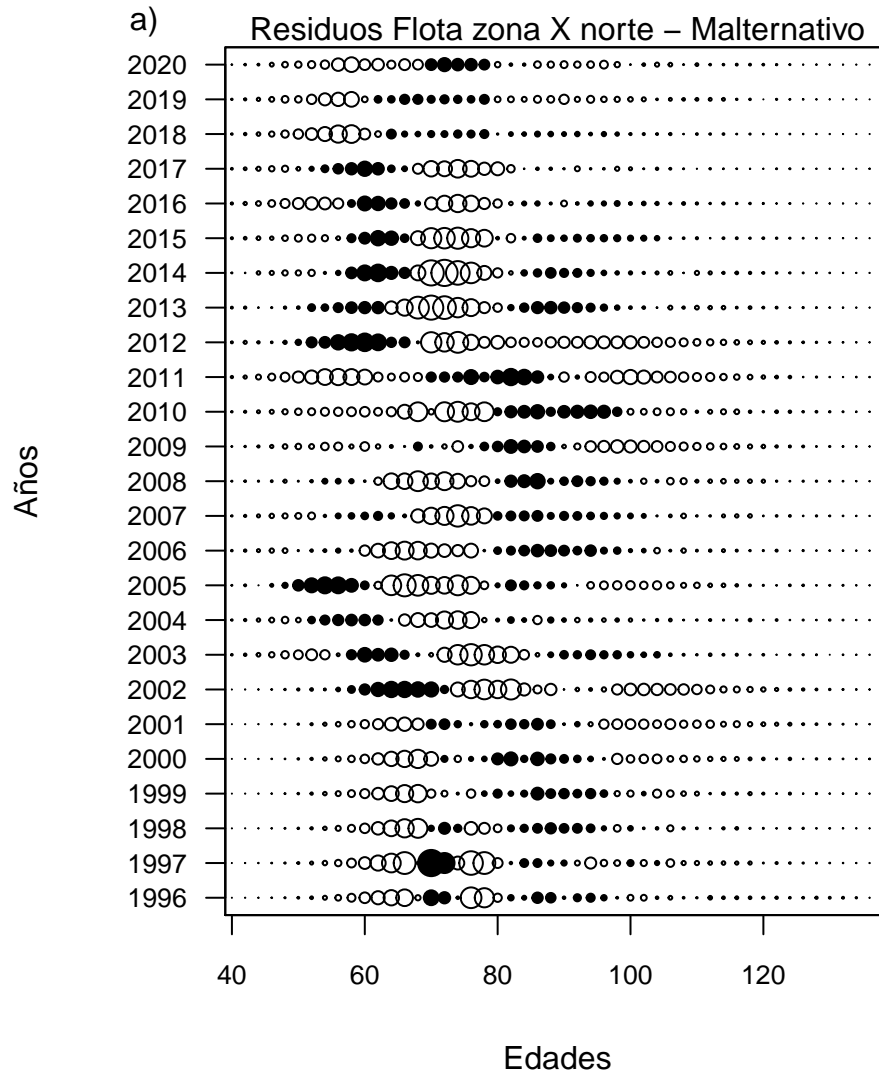
**Figura 1.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de Biomasa, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



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



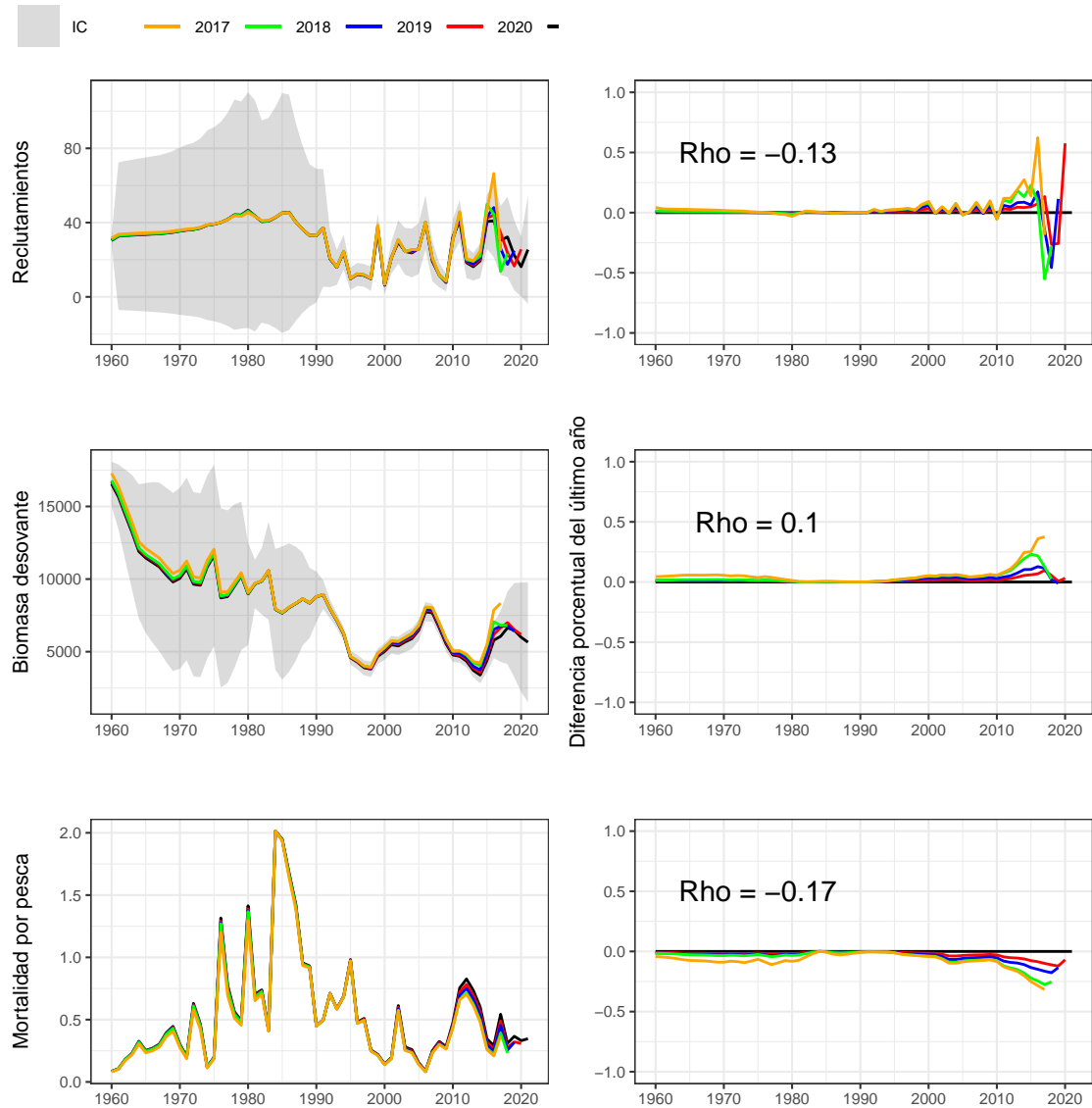
**Figura 3.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996.



**Figura 4.** Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte

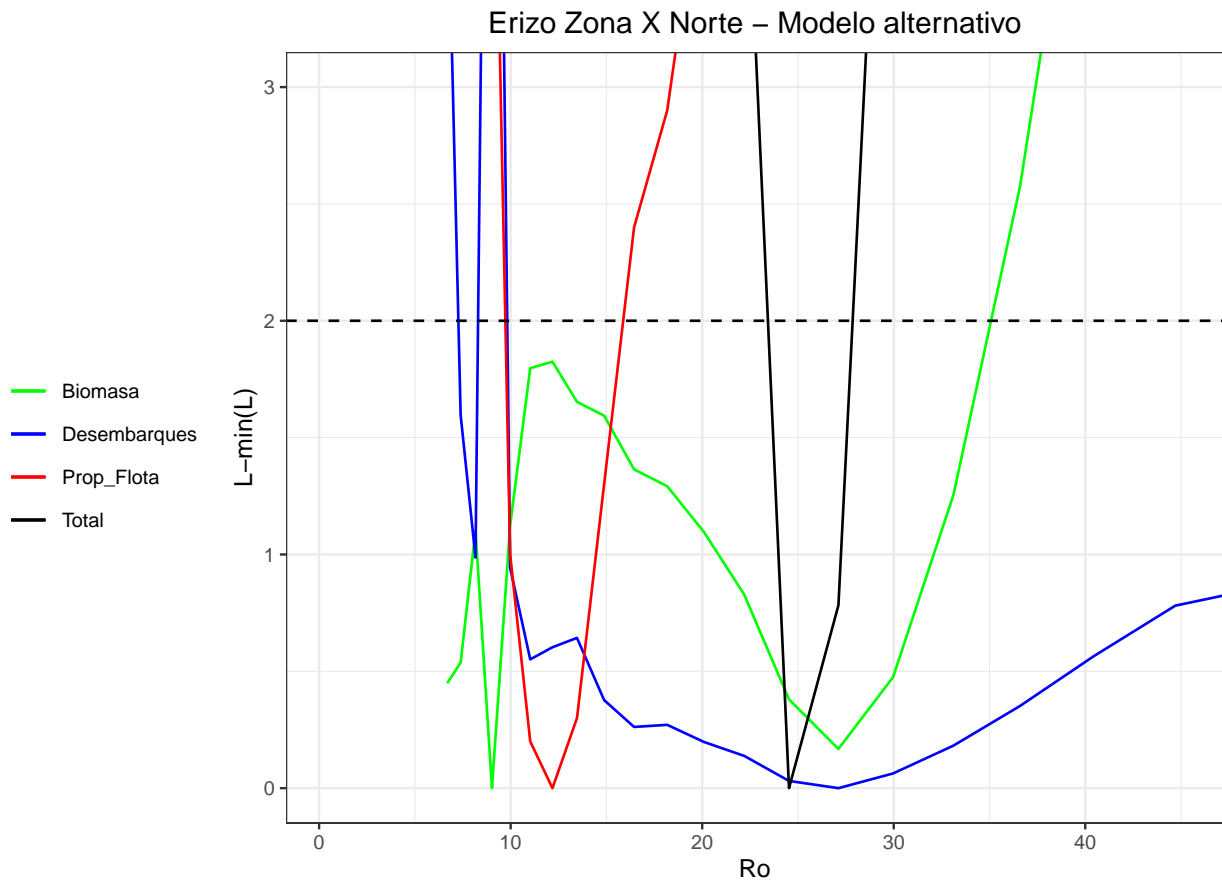


## 1.2. Análisis retrospectivo de erizo zona X norte - Modelo alternativo



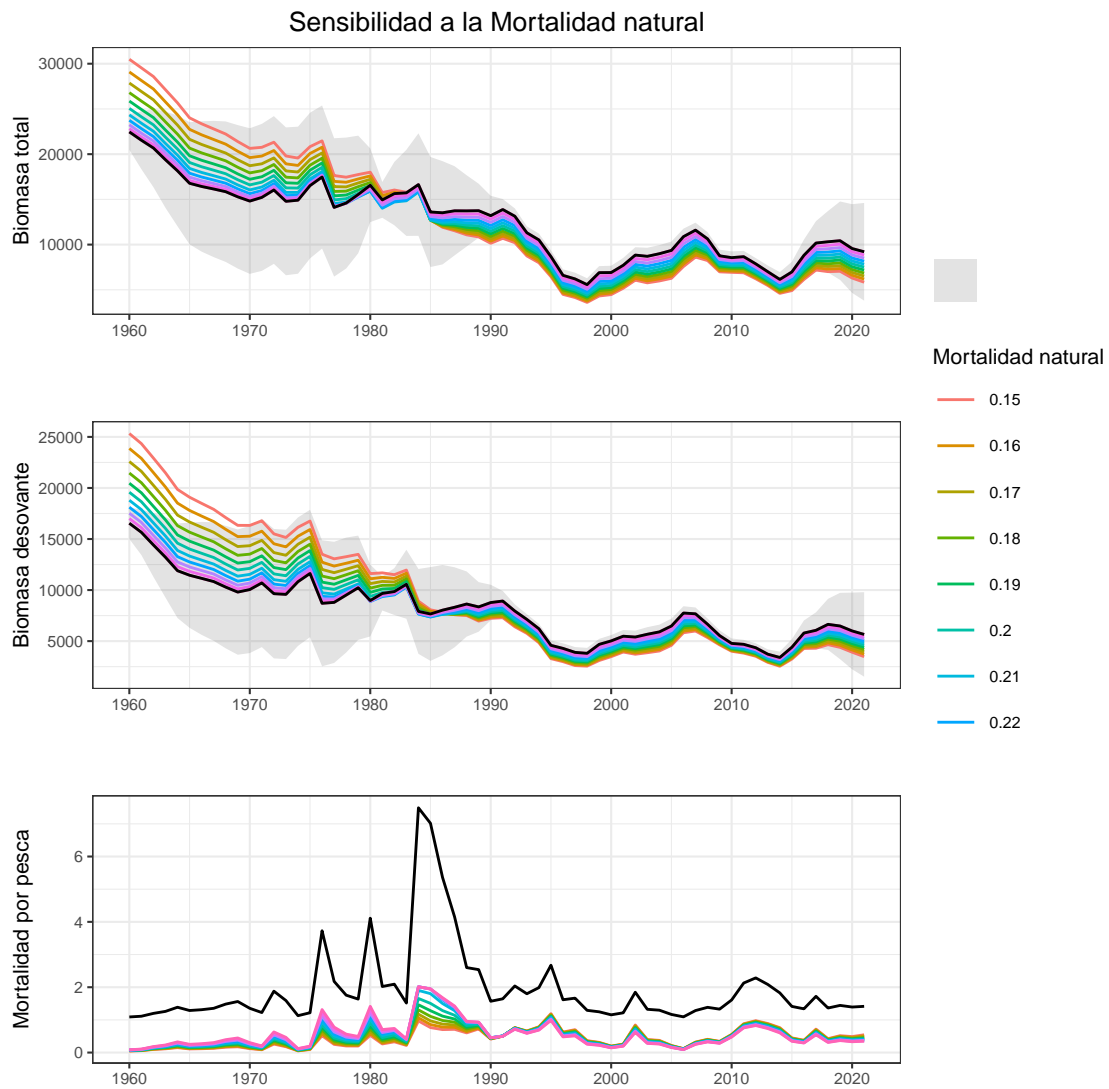
**Figura 5.** Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho)

### 1.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona X norte - Modelo alternativa



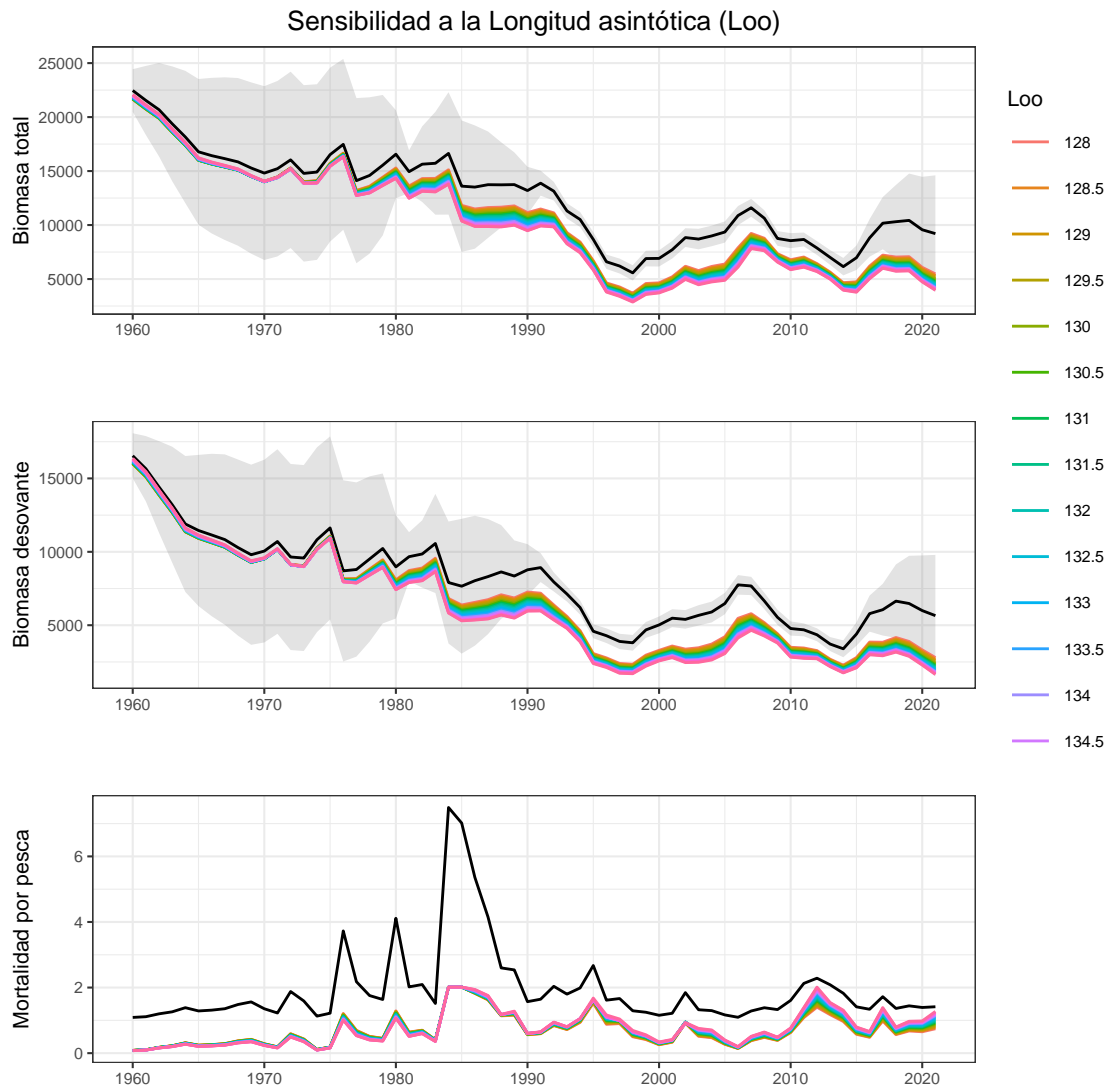
**Figura 6.** Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona X norte

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



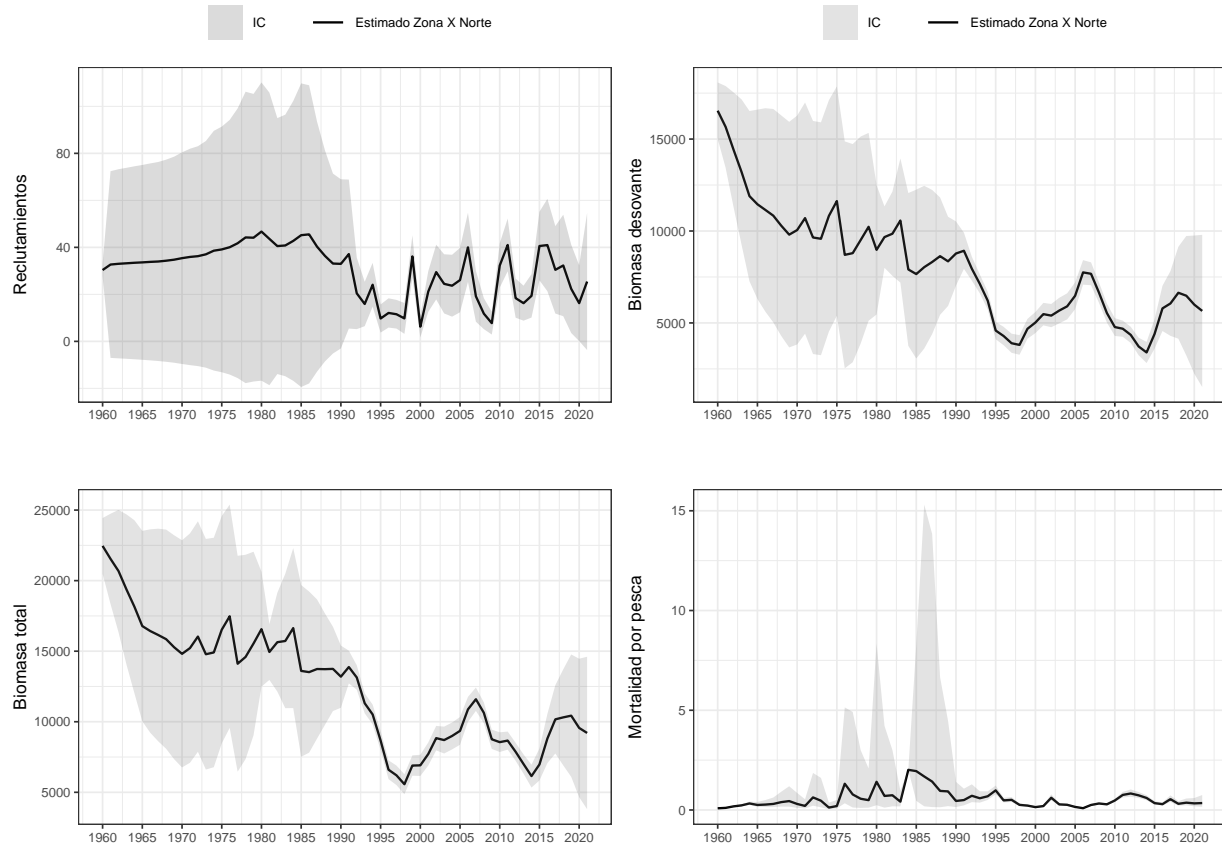
**Figura 7.** Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{\infty} = 119.85$  mm y  $M = 0.25$  año<sup>-1</sup>)

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

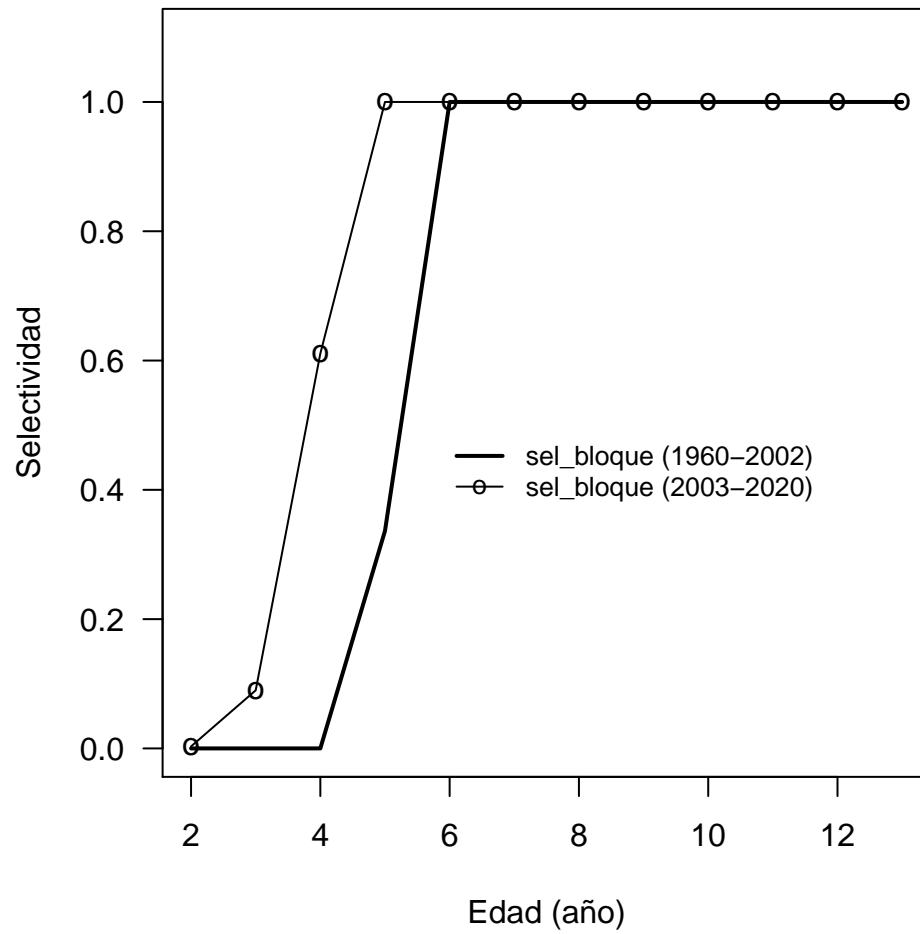


**Figura 8.** Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y M = 0.25 año<sup>-1</sup>)

## 1.6. Variables de estado - modelo alternativo

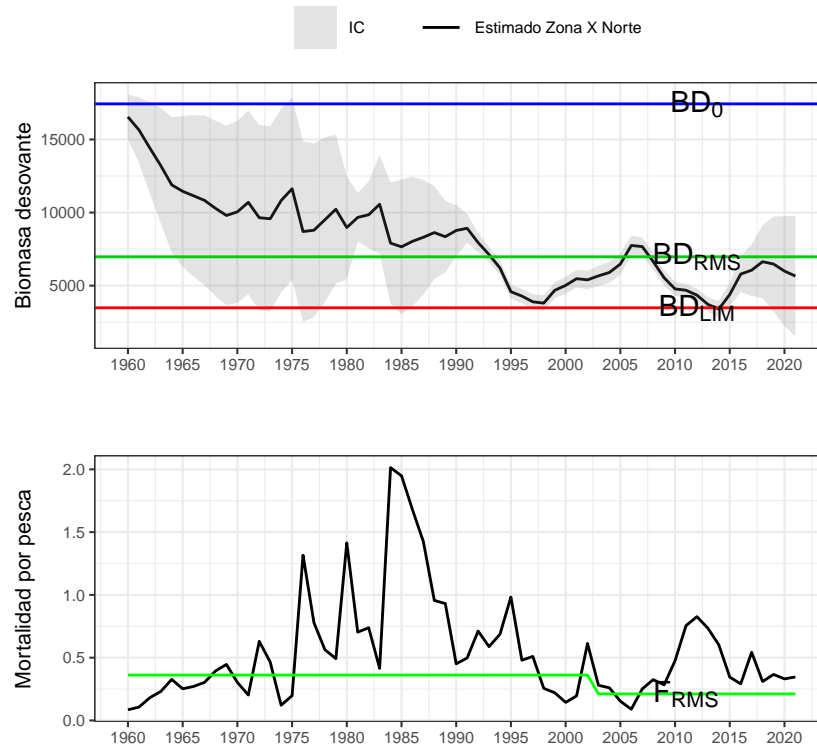


**Figura 9.** Modelo alternativo. Variables de biomasa total, desovante, reclutamientos y desvíos estimadas por el modelo para el erizo de la zona X Norte período 1960 - 2019.



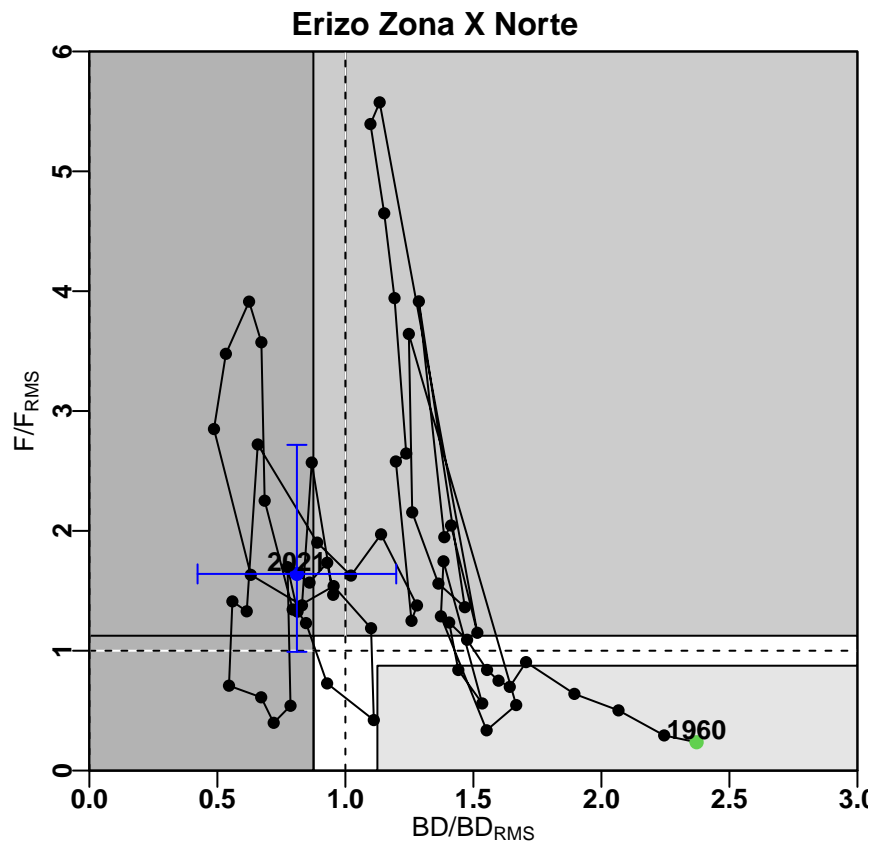
**Figura 10.** Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona X Norte

## 1.7. Puntos Biológicos de Referencia - modelo alternativo



**Figura 11.** Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Norte

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

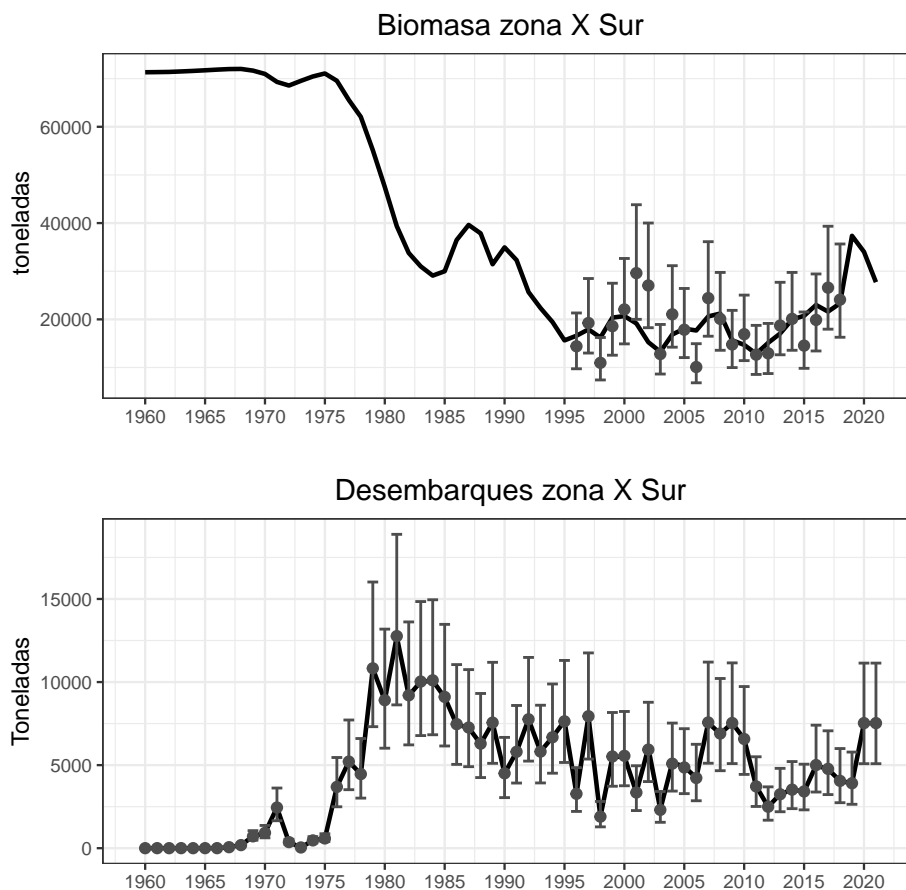


**Figura 12.** Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Norte

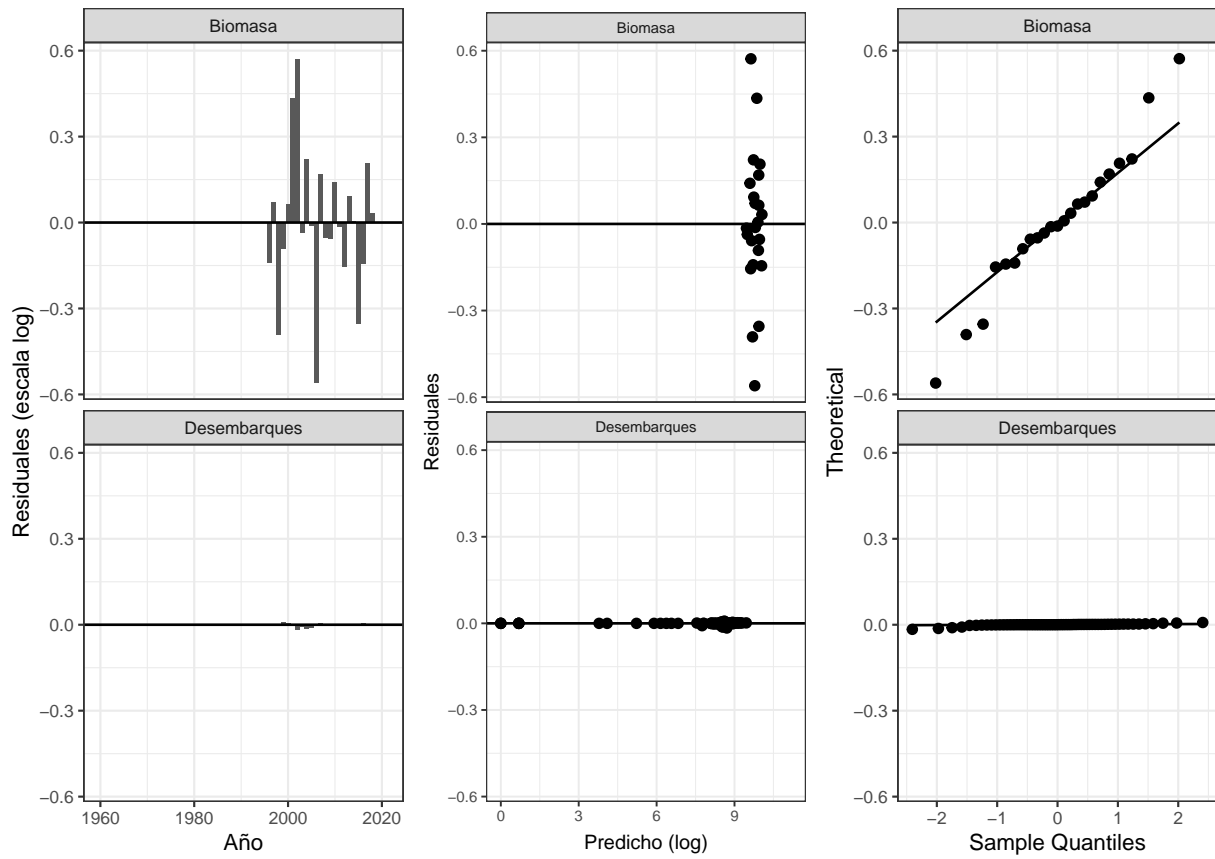


## 2. Erizo zona X Sur

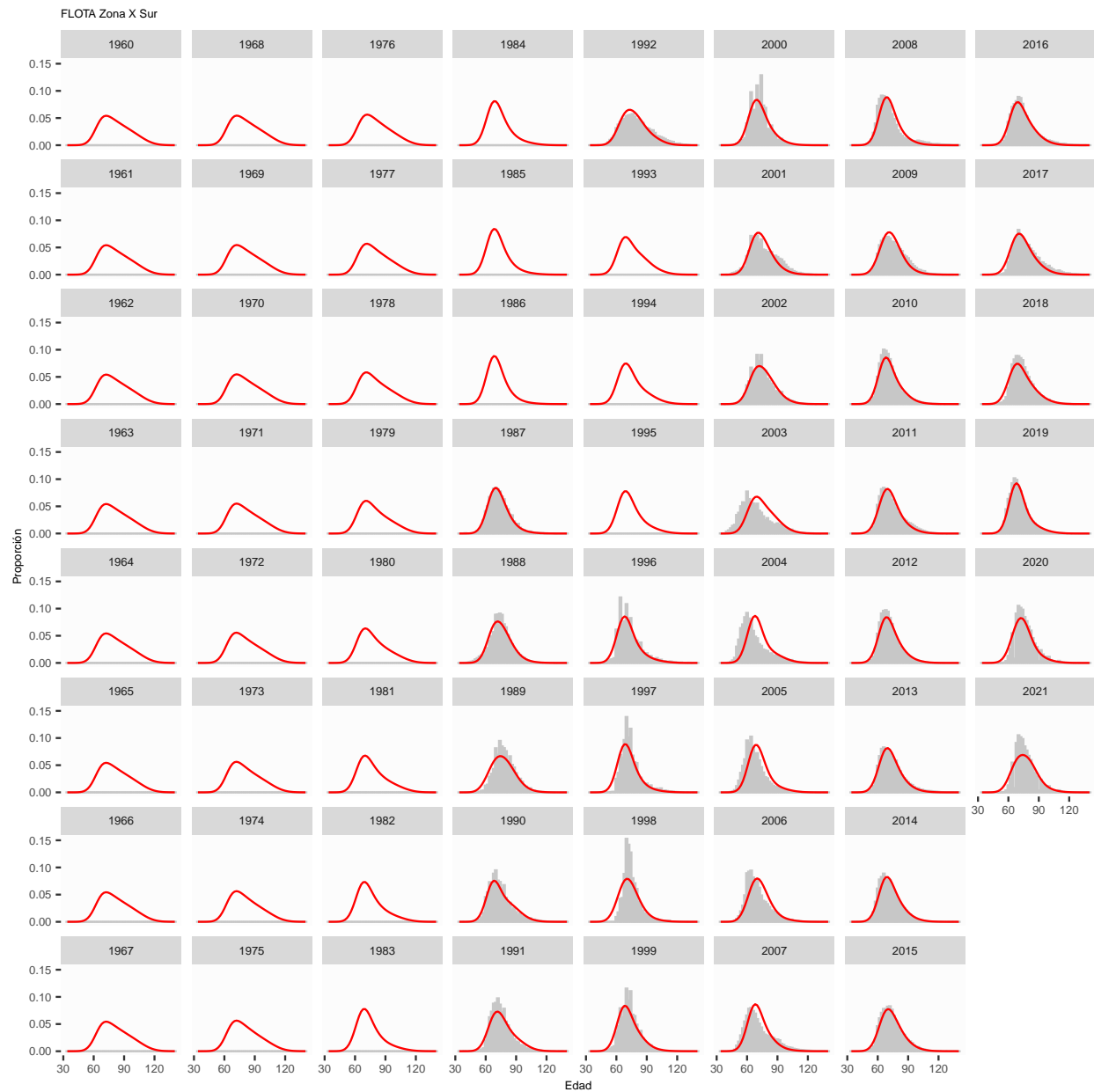
### 2.1. Ajustes y residuos - modelo alternativo



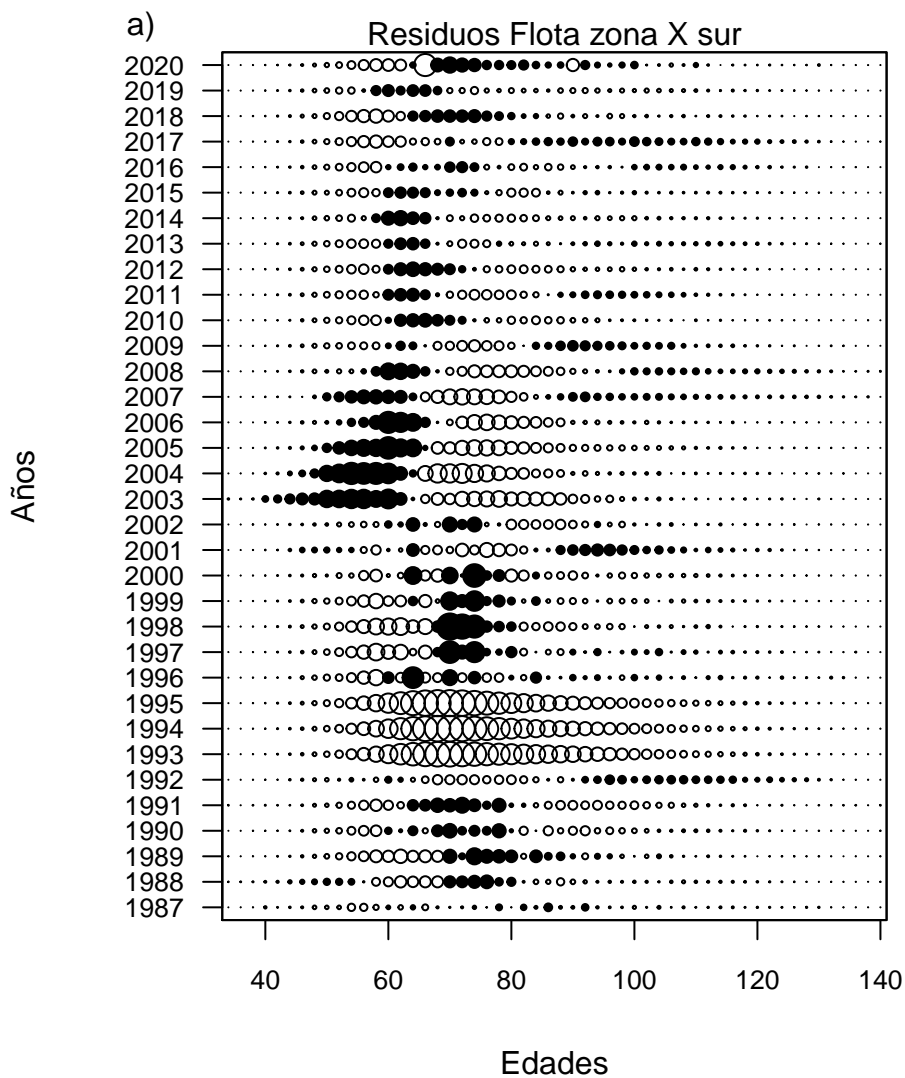
**Figura 13.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



**Figura 14.** Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur

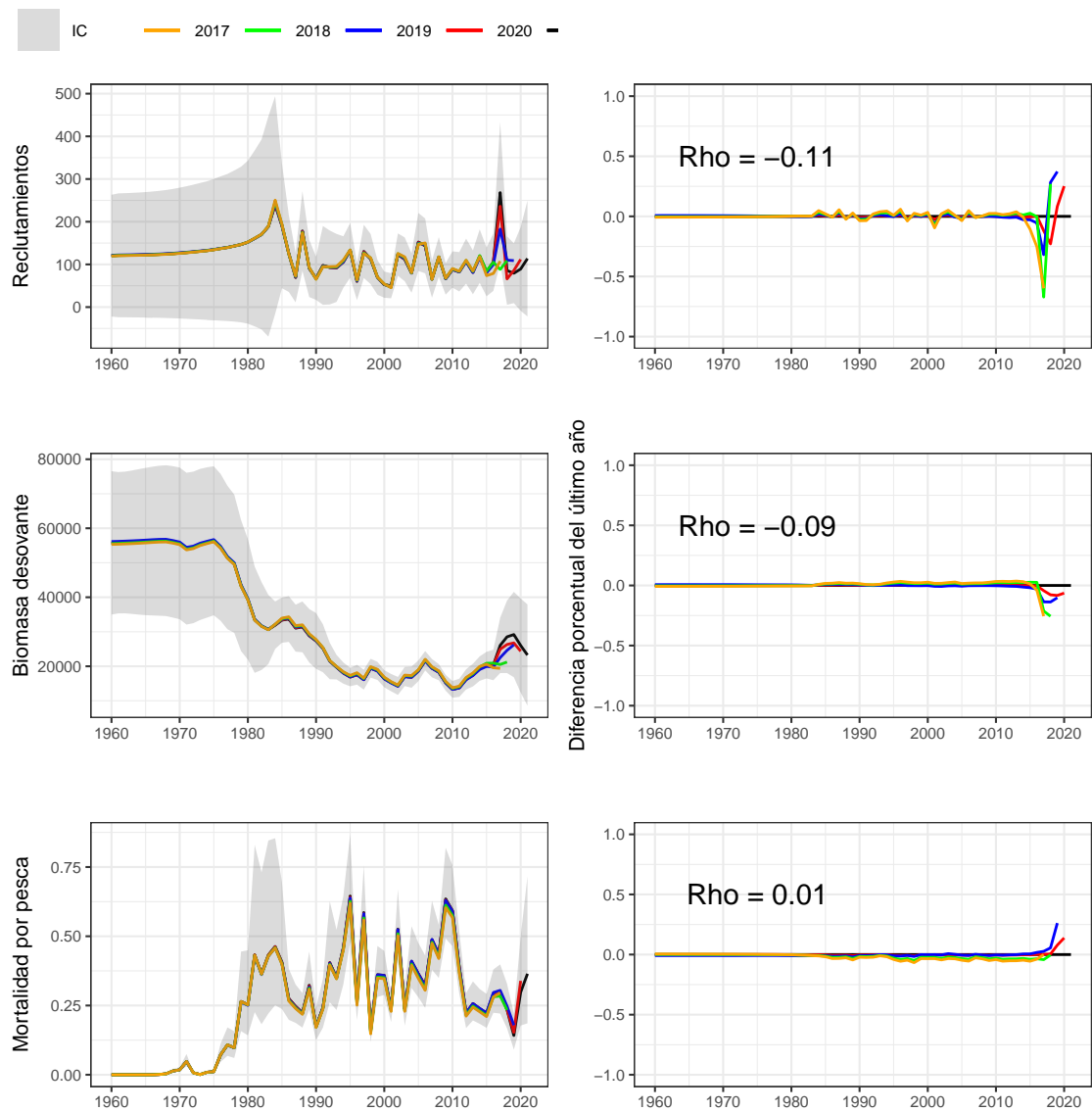


**Figura 15.** Modelo alternativo. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur



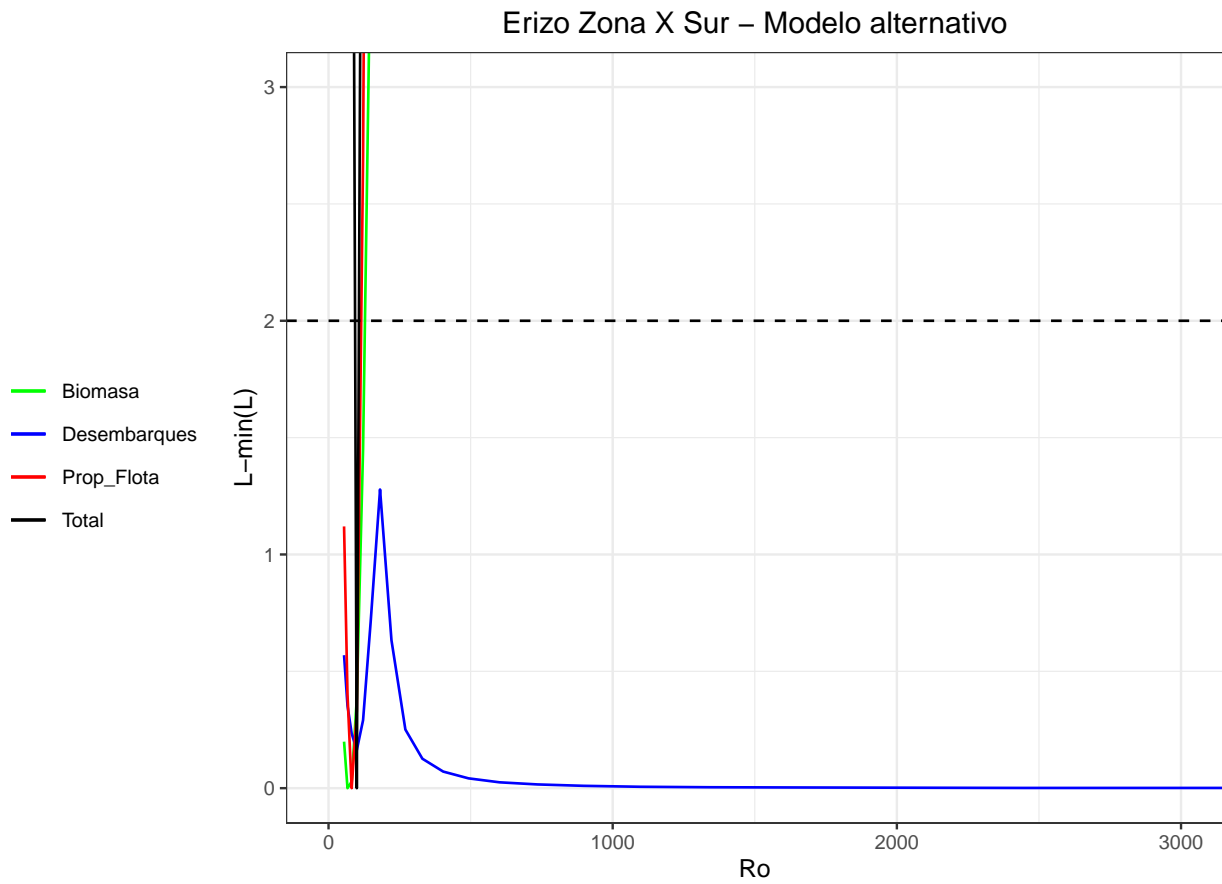
**Figura 16.** Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur

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



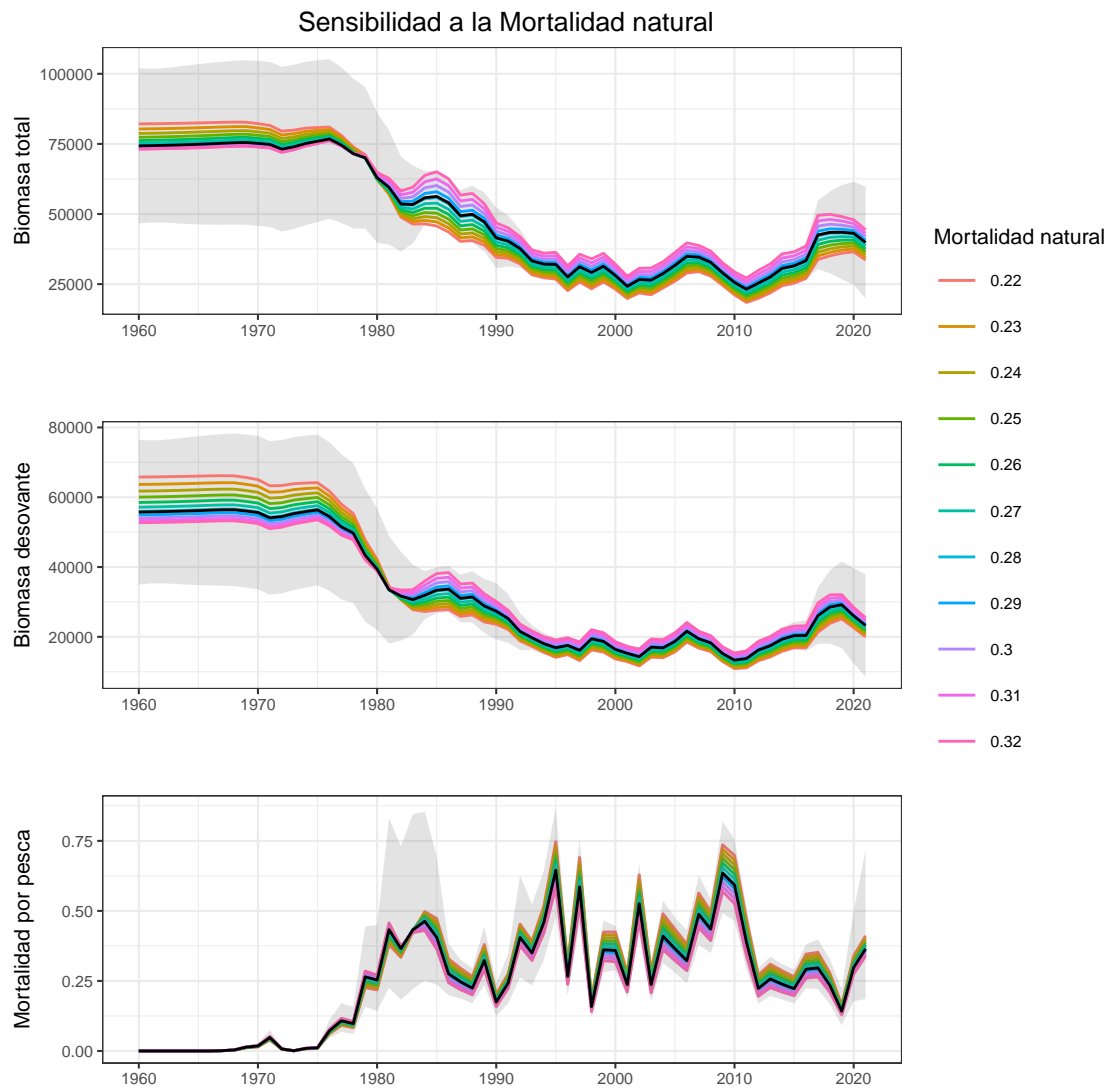
**Figura 17.** Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

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



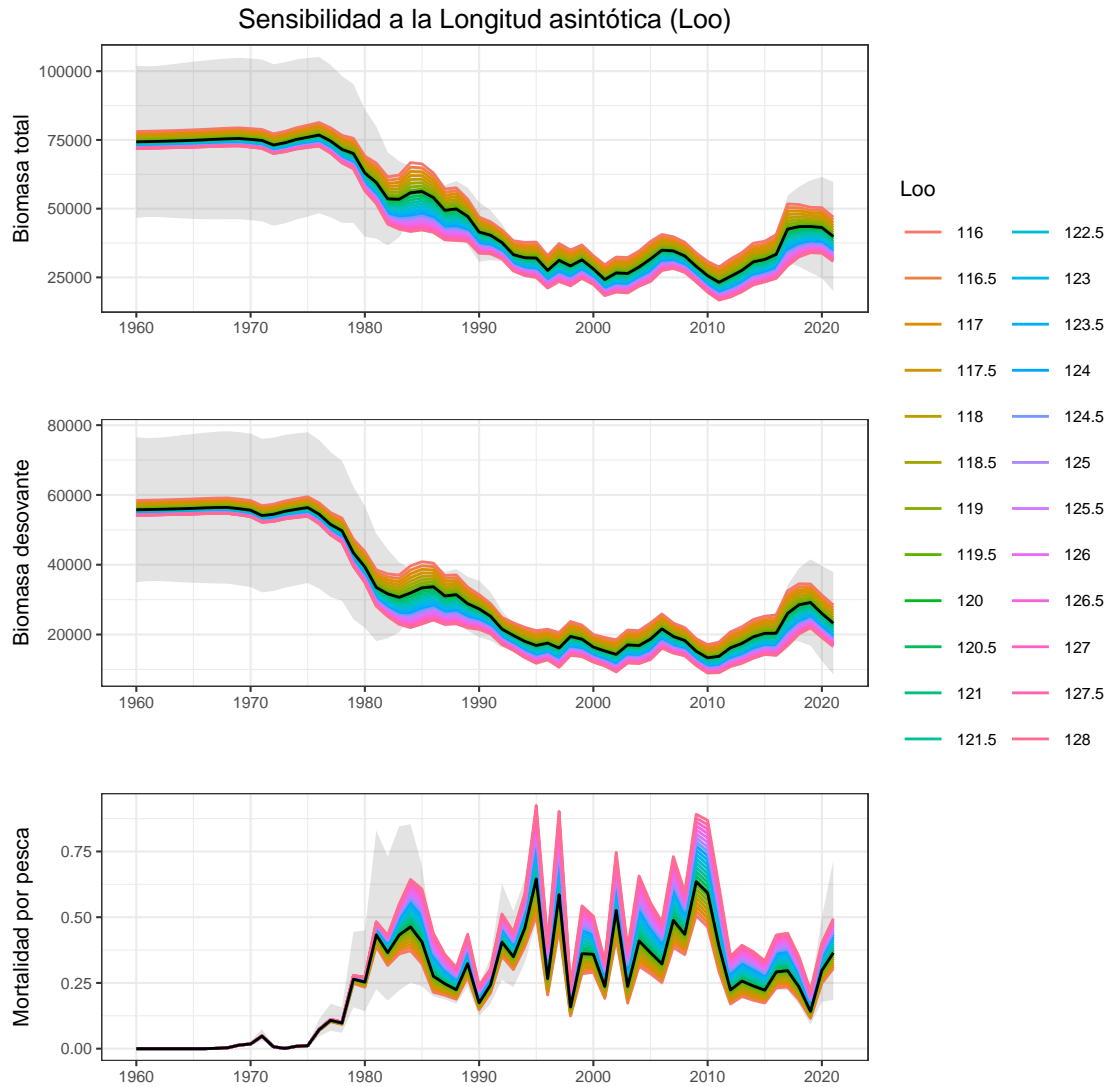
**Figura 18.** Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona X sur

## 2.4. Análisis de sensibilidad a la mortalidad natural - modelo alternativo



**Figura 19.** Modelo alternativo. 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>)

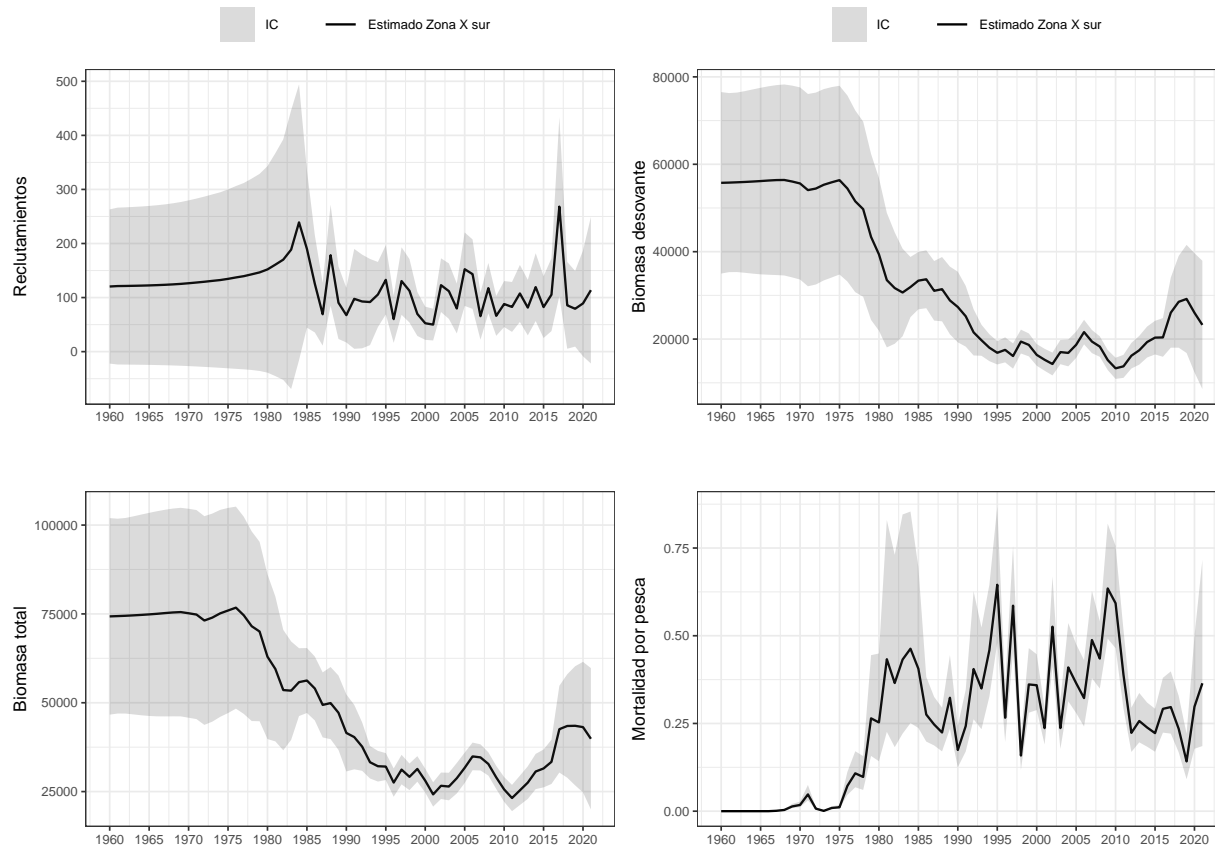
## 2.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - modelo alternativo



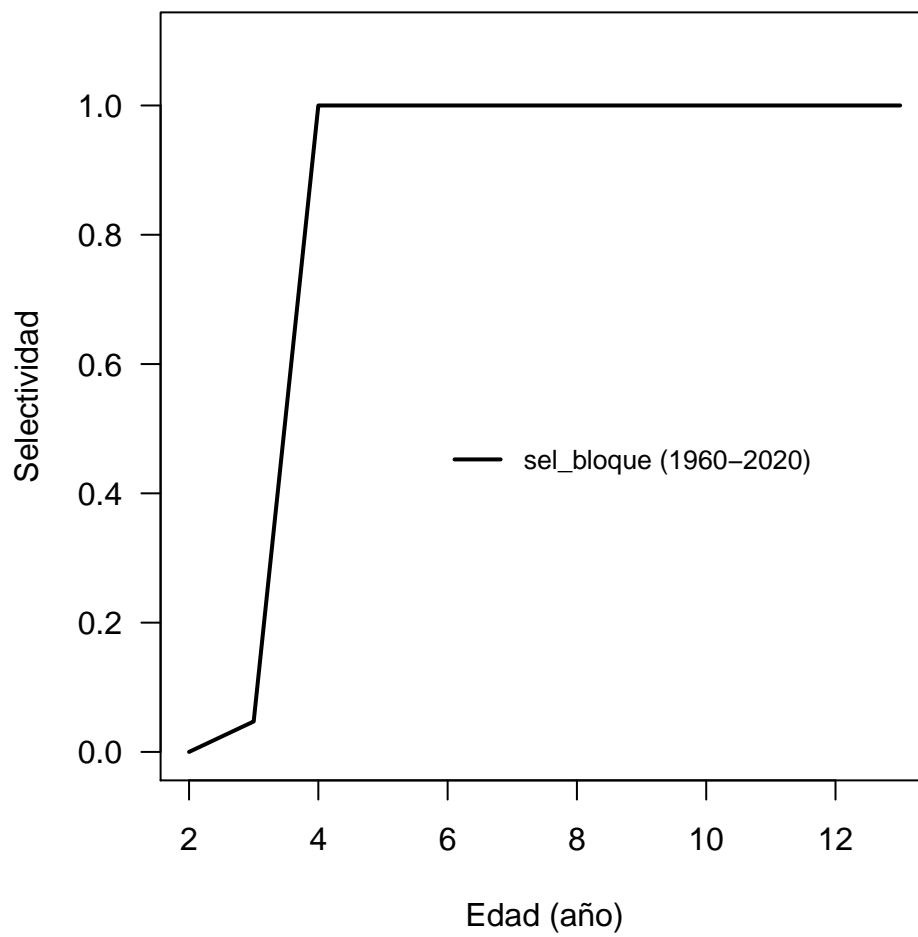
**Figura 20.** Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona X sur. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y  $M = 0.282$  año<sup>-1</sup>)



## 2.6. Variables de estado de erizo Zona X sur - modelo alternativo

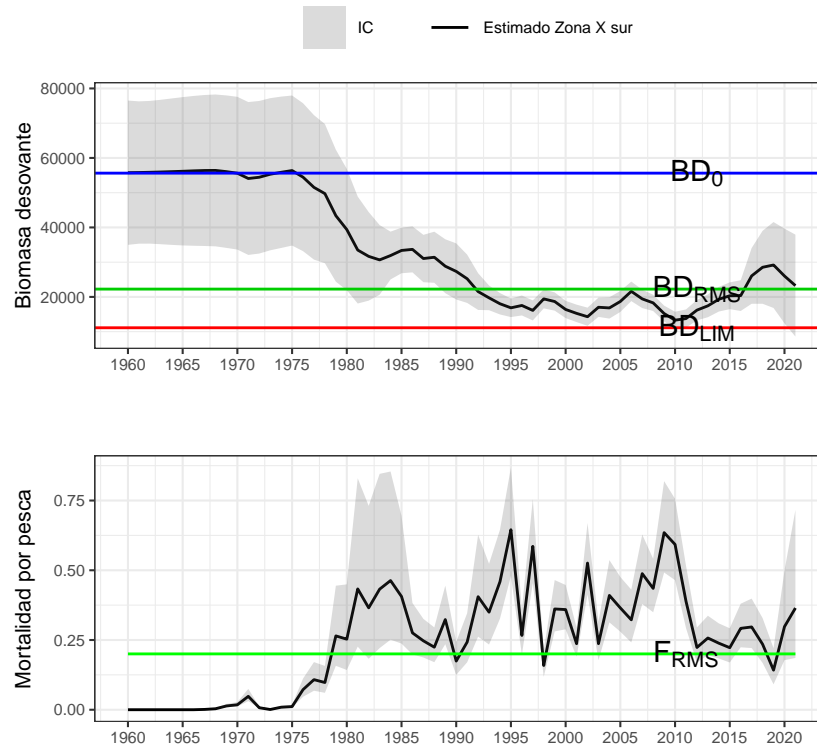


**Figura 21.** Modelo alternativo. Variables poblacionales de Erizo zona X Sur



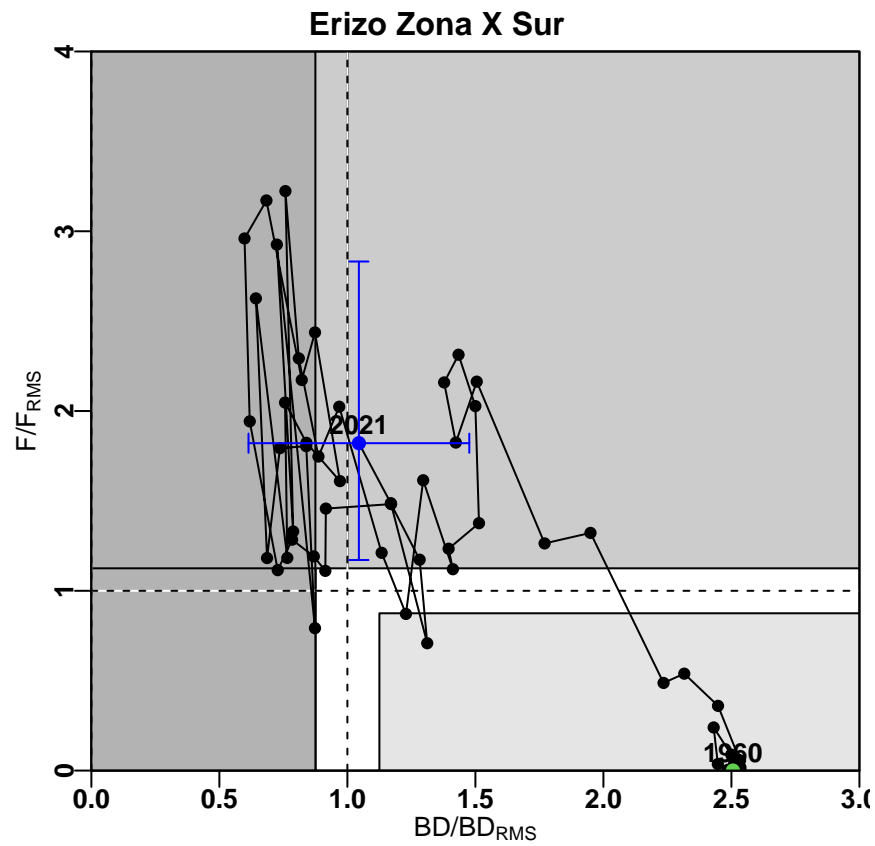
**Figura 22.** Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona X sur

## 2.7. Puntos Biológicos de Referencia - Modelo alternativo



**Figura 23.** Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur

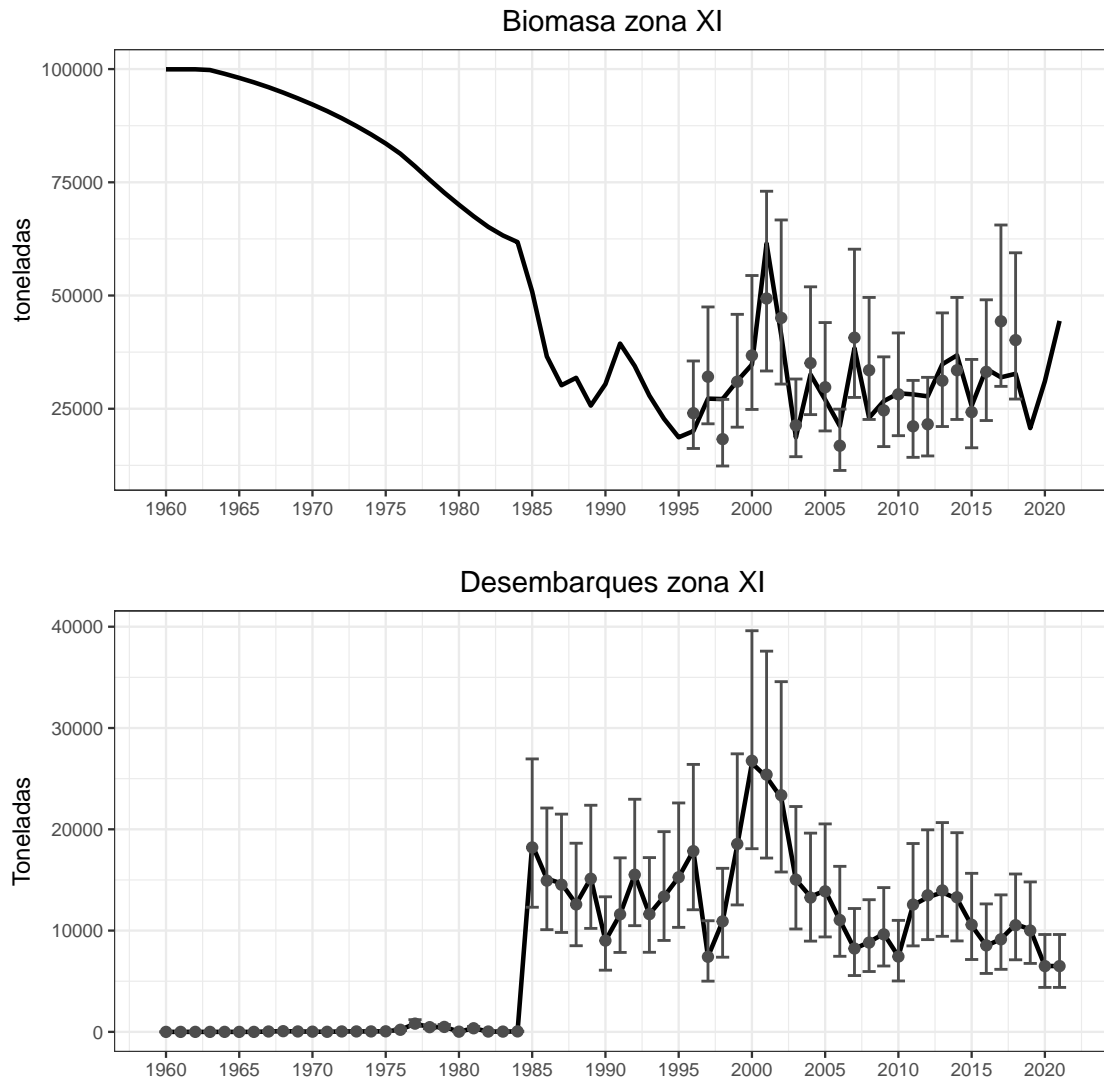
## 2.8. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos - Modelo alternativo



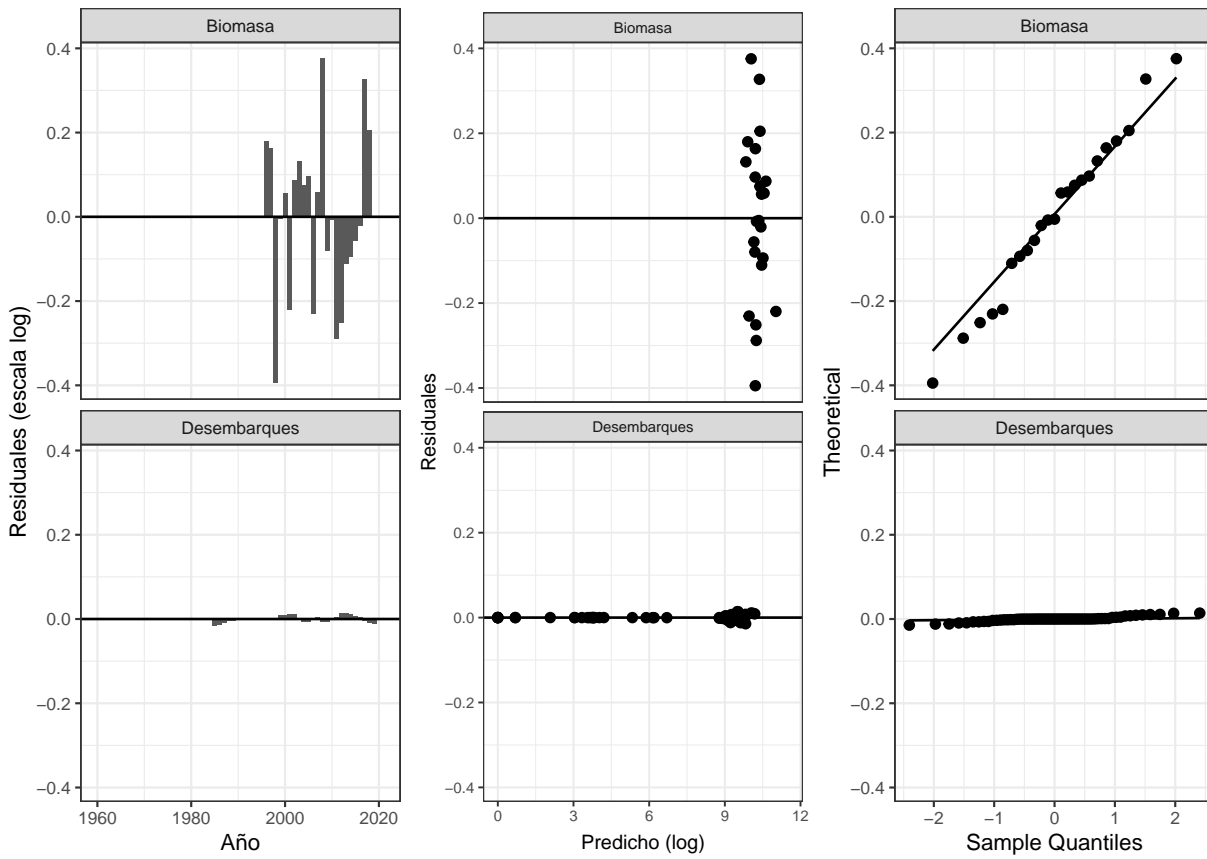
**Figura 24.** Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Sur

### 3. Erizo zona XI

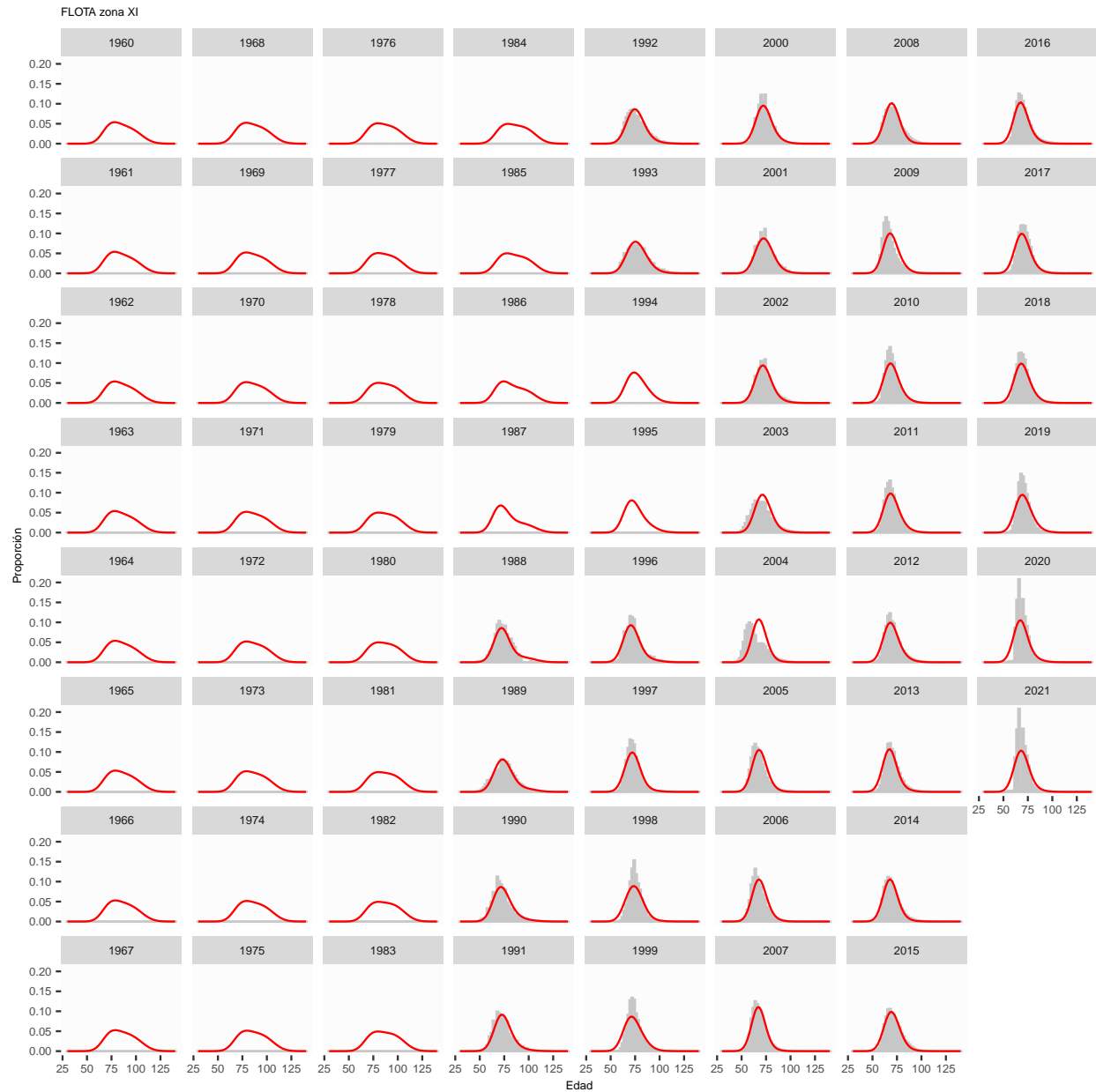
#### 3.1. Ajustes y residuos de erizo zona XI - Modelo alternativo



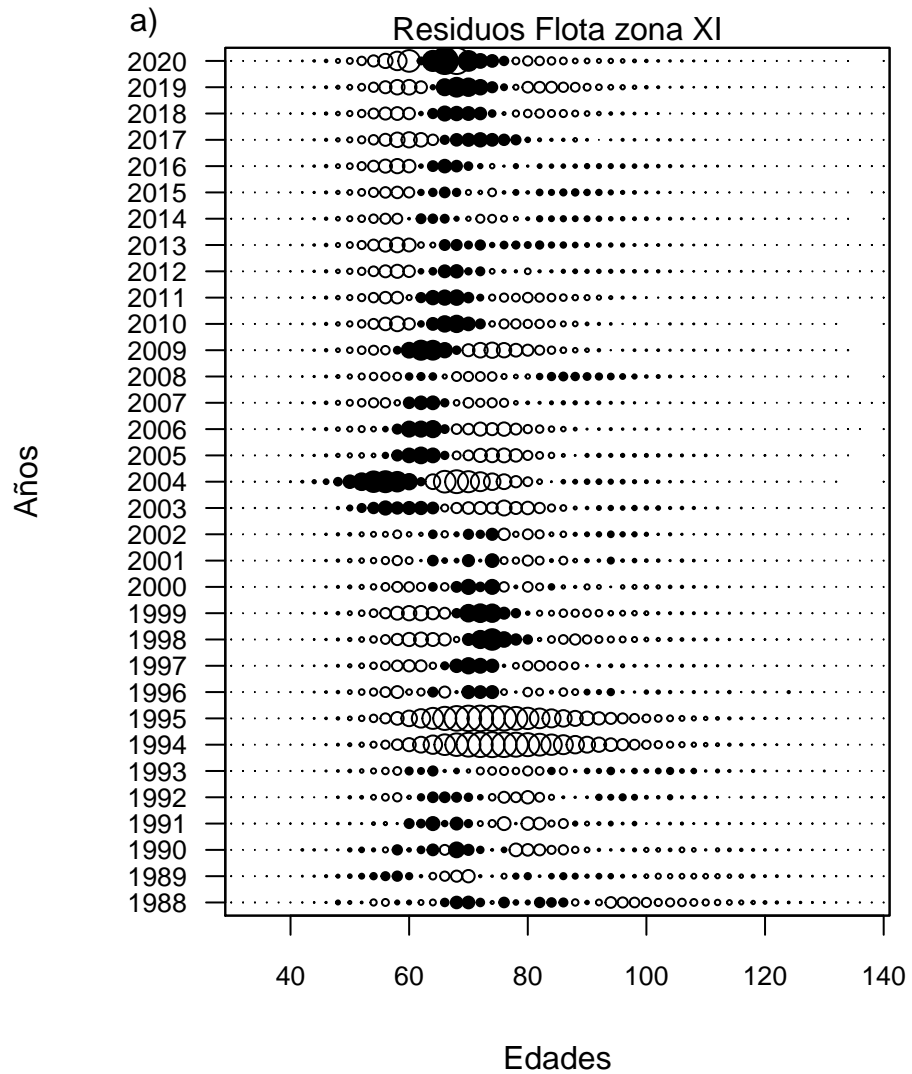
**Figura 25.** Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo



**Figura 26.** Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI



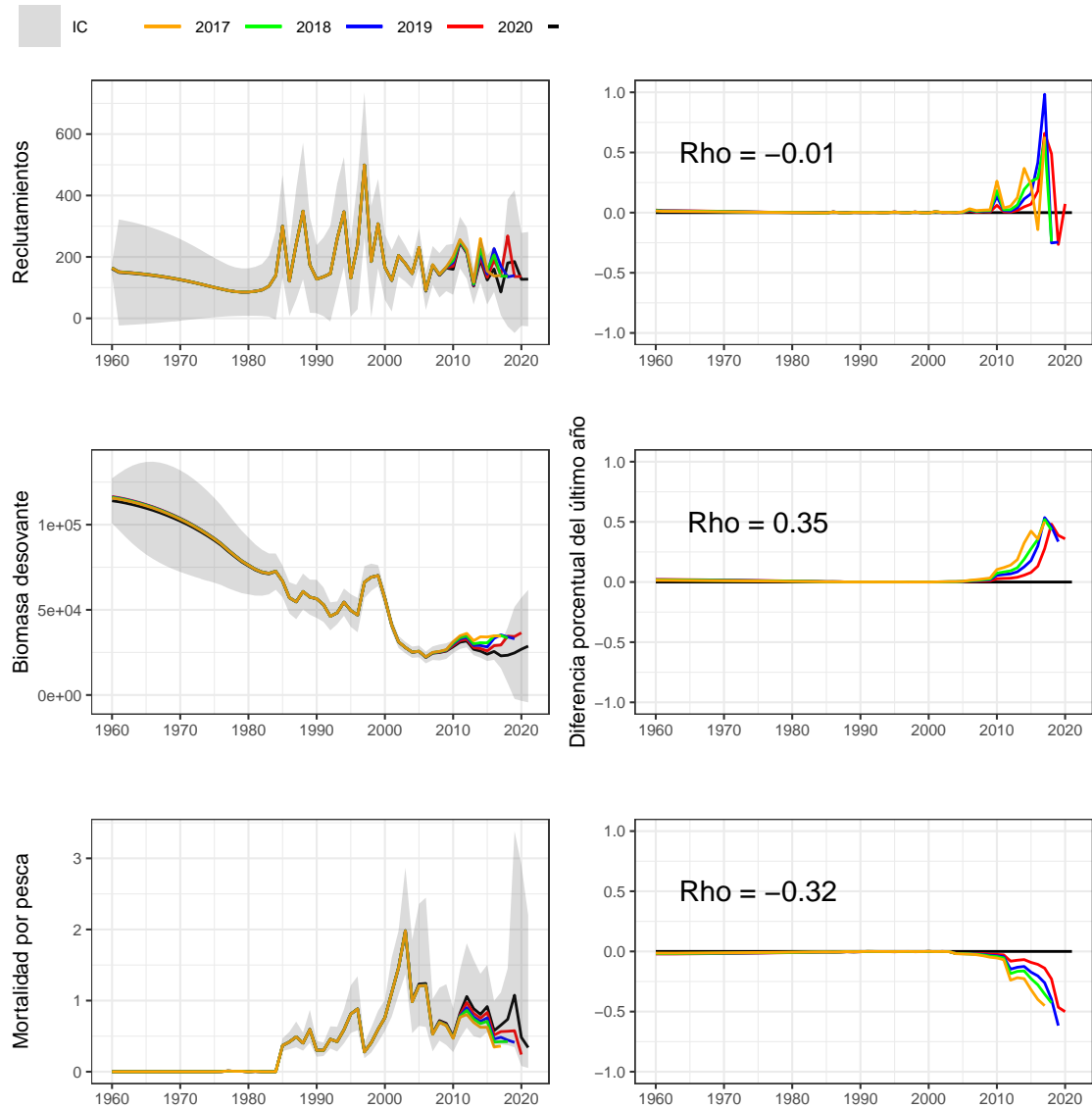
**Figura 27.** Modelo alternativo. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI



**Figura 28.** Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI

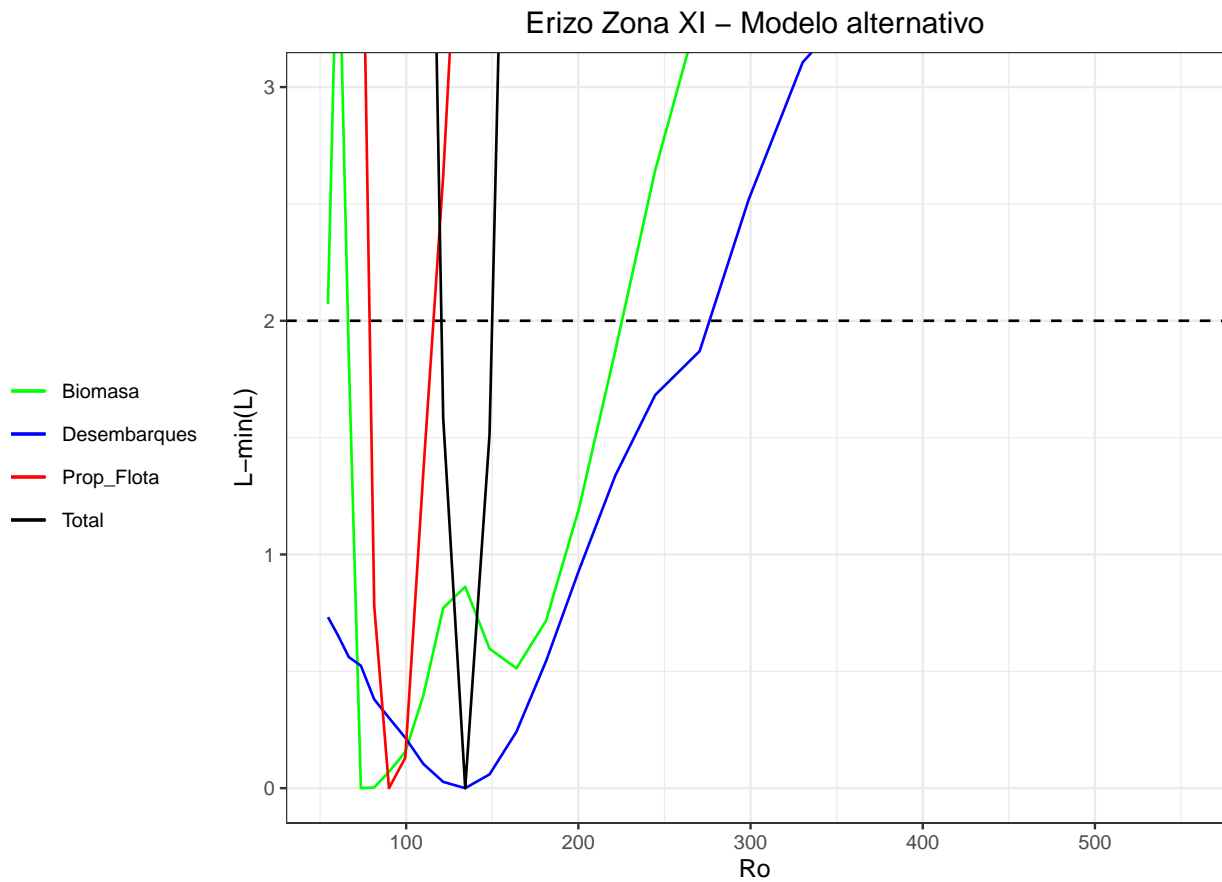


### 3.2. Análisis retrospectivo de erizo zona XI - Modelo alternativo



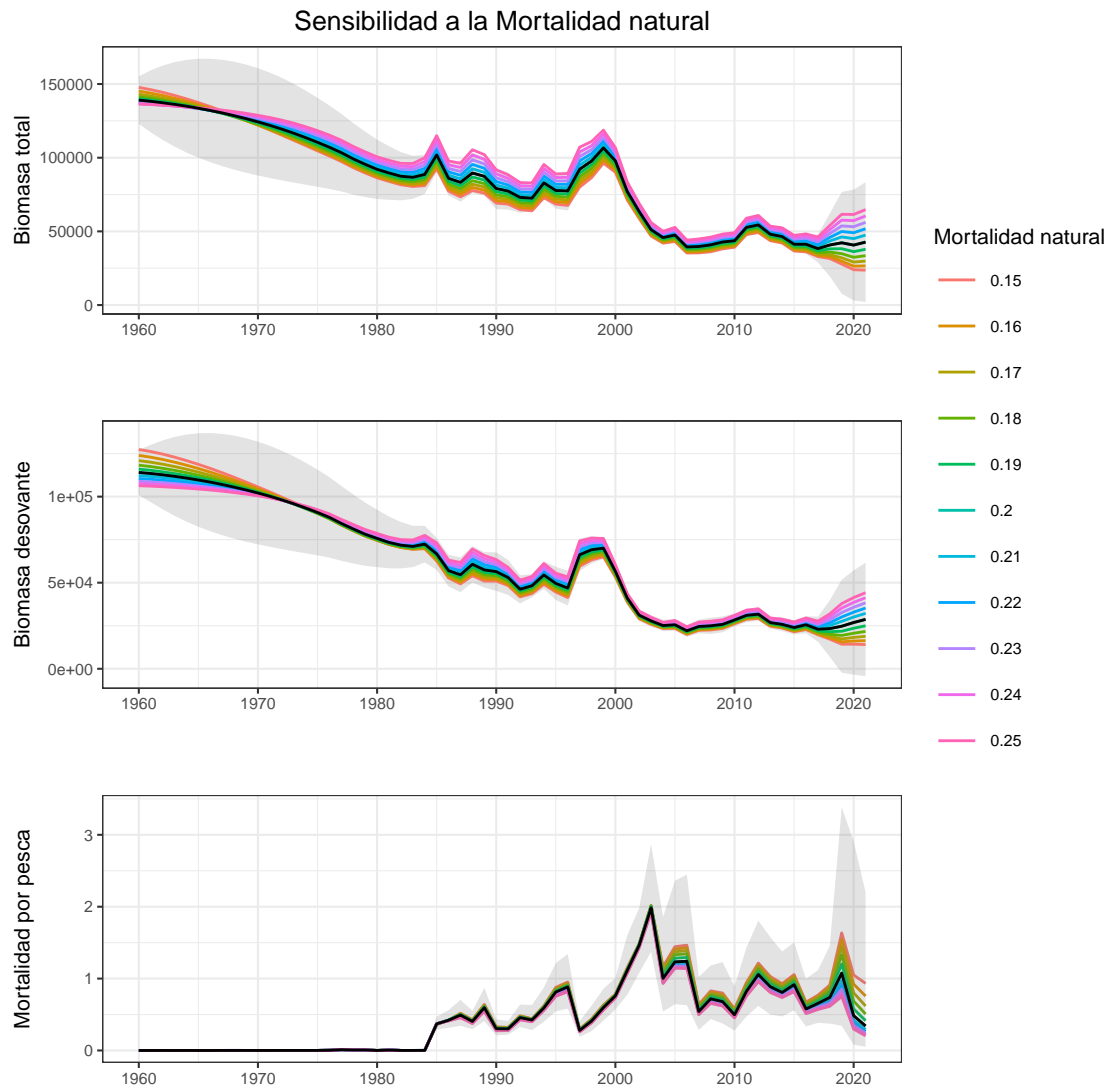
**Figura 29.** Modelo alternativo. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

### 3.3. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI - Modelo alternativo



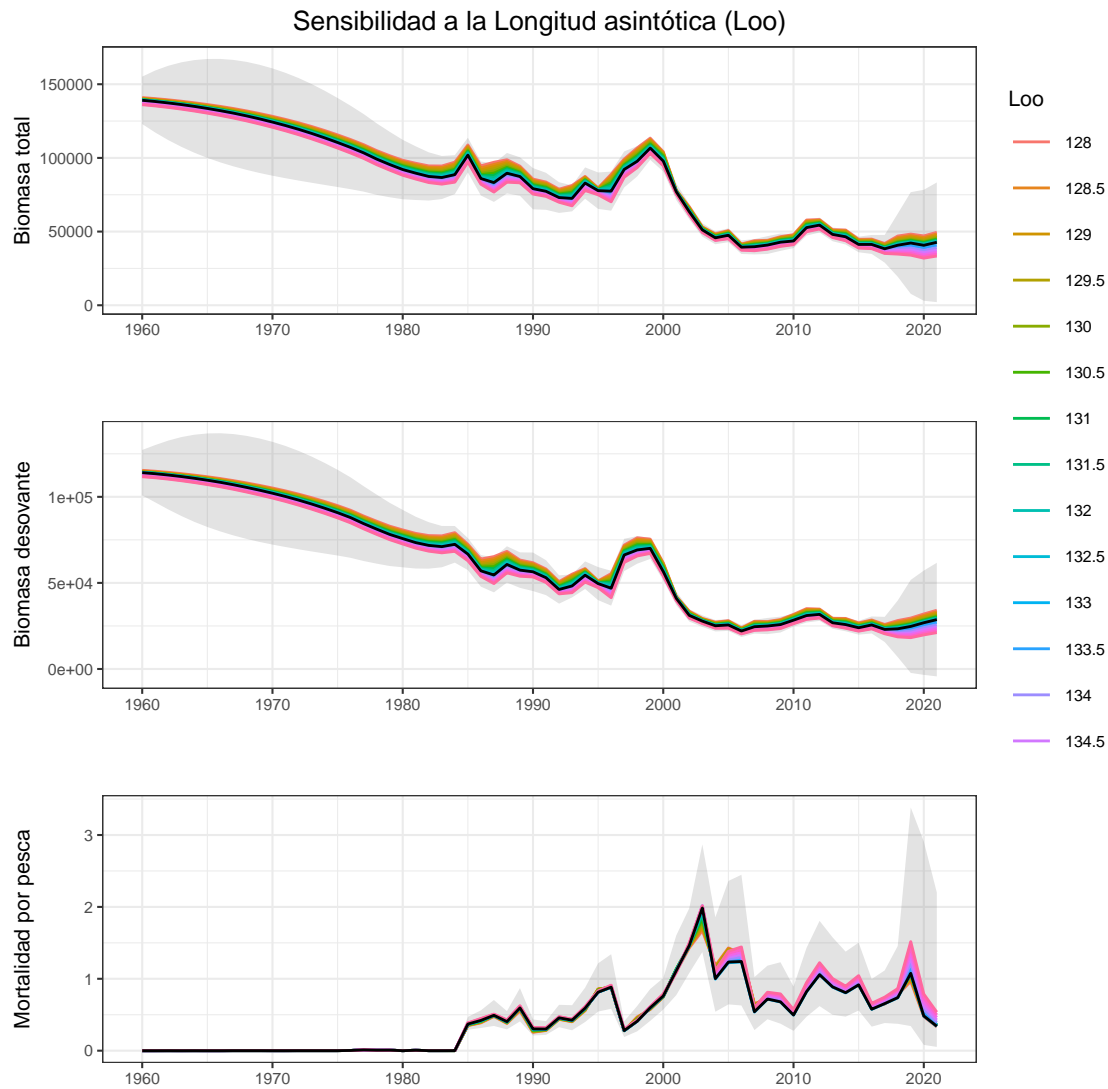
**Figura 30.** Modelo alternativo. Perfil de verosimilitud erizo zona XI

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



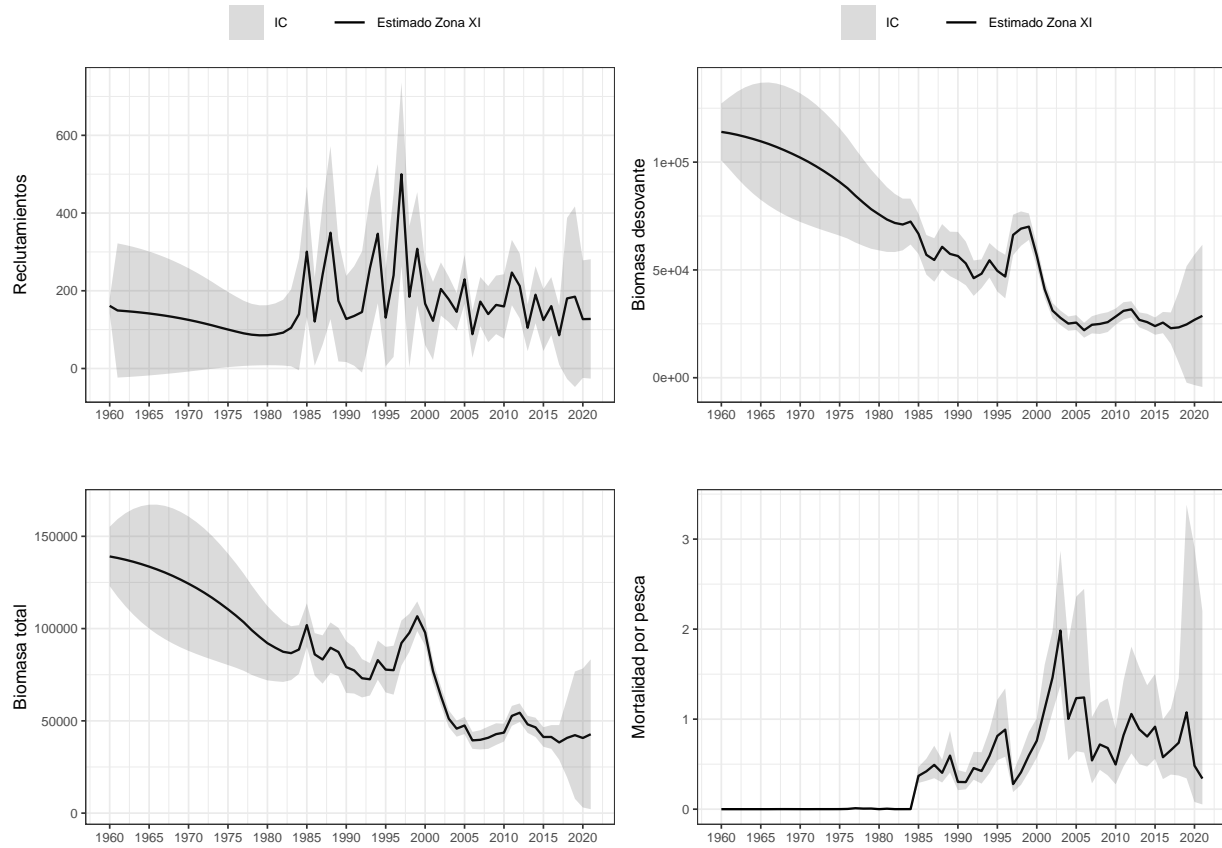
**Figura 31.** Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ( $L_{00} = 132.8$  mm y  $M = 0.20$  año<sup>-1</sup>)

### 3.5. Análisis de sensibilidad a la Longitud asintótica - Modelo alternativo

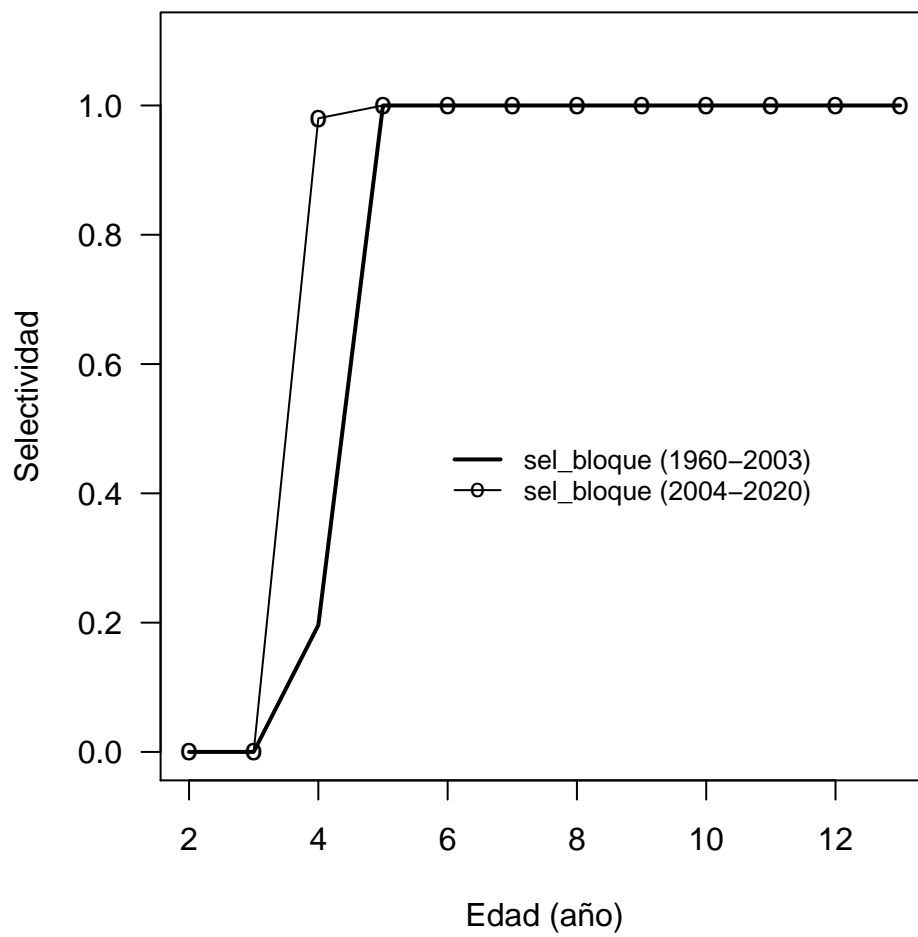


**Figura 32.** Modelo alternativo. Análisis de sensibilidad del rango de L<sub>oo</sub> de erizo de la zona XI. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (L<sub>oo</sub> = 132.8 mm y M = 0.20 año<sup>-1</sup>)

### 3.6. Variables de estado de erizo zona XI - Modelo alternativo

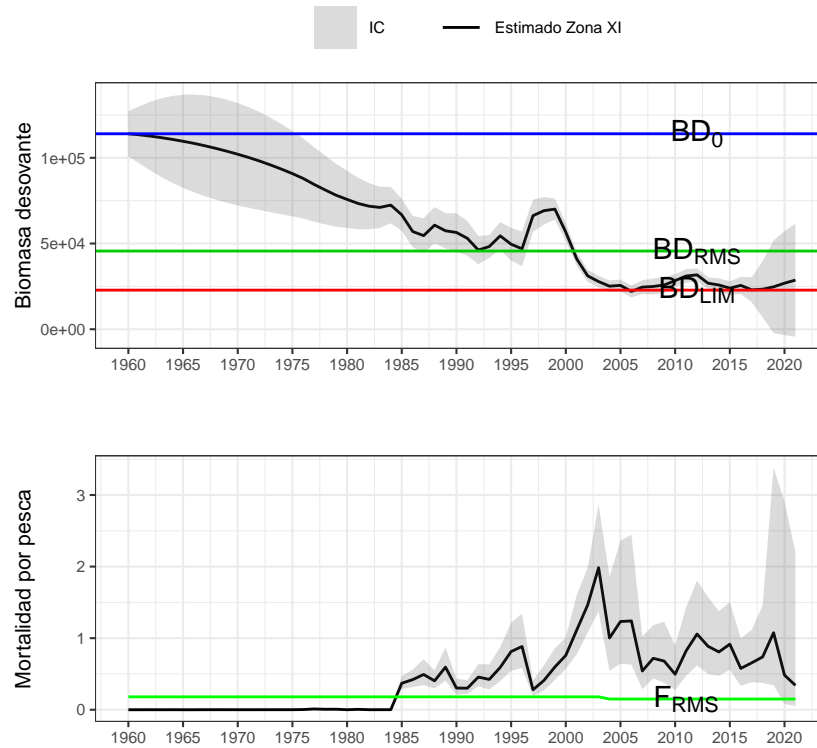


**Figura 33.** Modelo alternativo. Variables poblacionales de Erizo zona XI



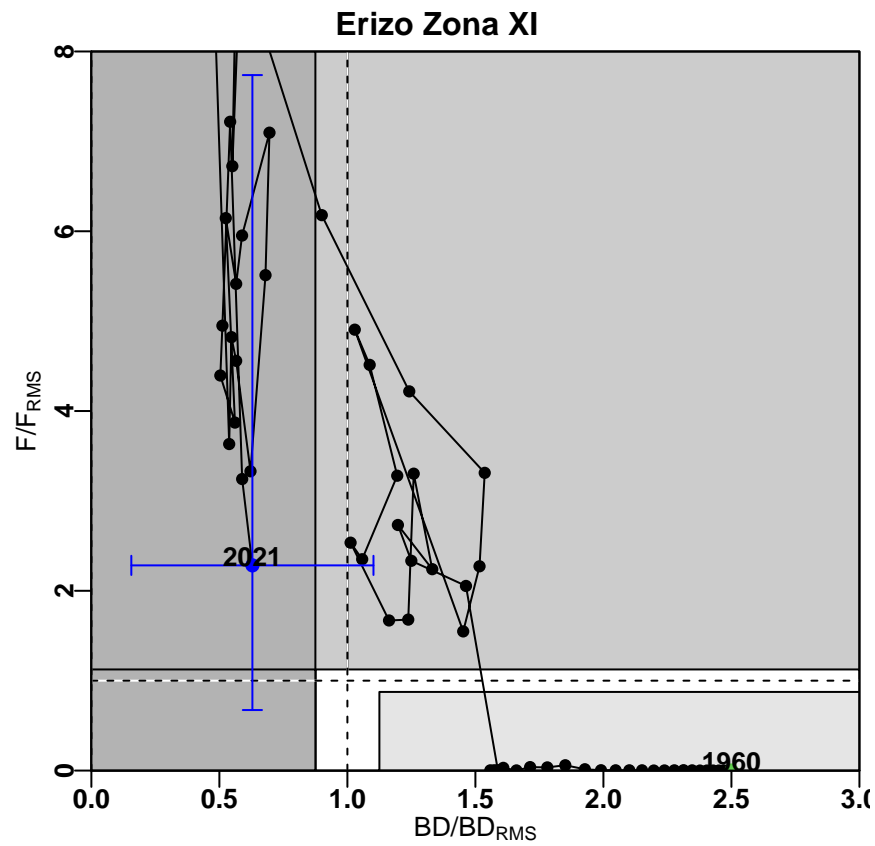
**Figura 34.** Modelo alternativo. Selectividad de la flota de la Zona XI

### 3.7. Puntos Biológicos de Referencia de erizo zona XI - Modelo alternativo



**Figura 35.** Modelo alternativo. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI

### 3.8. Estatus del erizo de la Región de Aysén - Modelo alternativo



**Figura 36.** Modelo alternativo. Diagrama de fase propuesto para erizo zona XI





#### 4. Análisis integrado de las tres zonas de estudio - Modelo alternativo



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

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

**Tabla 1.** Biomazas Totales por zona

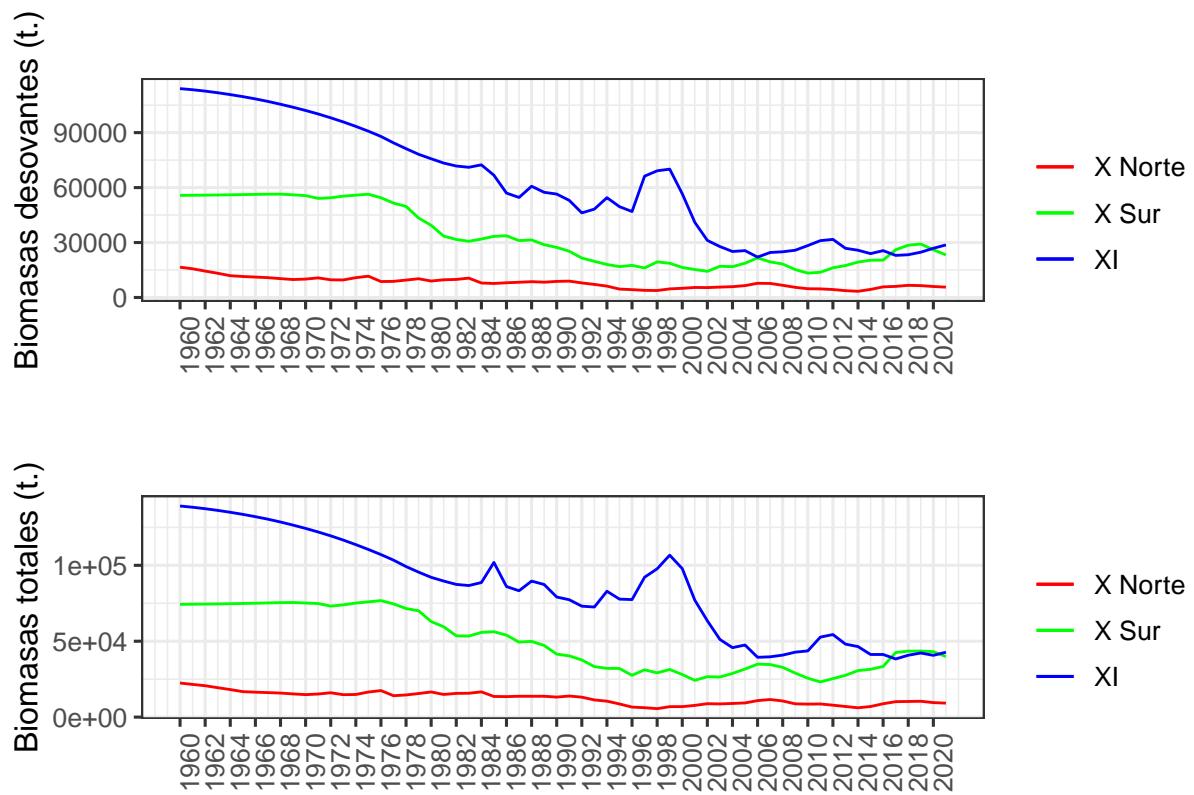
years	BD1	BD2	BD3	totd
1960	16543.0	55756	114030	186329.0
1961	15659.0	55806	113430	184895.0
1962	14415.0	55875	112670	182960.0
1963	13213.0	55957	111780	180950.0



years	BD1	BD2	BD3	totd
1964	11896.0	56052	110770	178718.0
1965	11453.0	56161	109650	177264.0
1966	11147.0	56285	108420	175852.0
1967	10834.0	56383	107030	174247.0
1968	10290.0	56408	105500	172198.0
1969	9801.9	56053	103860	169714.9
1970	10051.0	55612	102100	167763.0
1971	10702.0	54085	100200	164987.0
1972	9647.1	54447	98104	162198.1
1973	9576.6	55309	95840	160725.6
1974	10822.0	55871	93402	160095.0
1975	11628.0	56374	90794	158796.0
1976	8703.0	54463	87921	151087.0
1977	8795.2	51528	84430	144753.2
1978	9509.1	49729	81231	140469.1
1979	10229.0	43379	78164	131772.0
1980	8975.6	39391	75734	124100.6
1981	9668.8	33493	73390	116551.8
1982	9852.7	31674	71782	113308.7
1983	10569.0	30659	71075	112303.0
1984	7908.0	31911	72420	112239.0
1985	7657.5	33373	66736	107766.5
1986	8032.2	33689	57001	98722.2
1987	8312.9	31048	54610	93970.9
1988	8632.0	31418	60731	100781.0
1989	8349.6	28838	57427	94614.6
1990	8776.0	27340	56453	92569.0
1991	8925.4	25228	53029	87182.4
1992	7946.2	21541	46177	75664.2
1993	7126.3	19735	48244	75105.3
1994	6207.4	18030	54490	78727.4
1995	4587.1	16863	49583	71033.1
1996	4287.0	17536	46926	68749.0
1997	3896.3	16119	66244	86259.3
1998	3803.7	19434	69152	92389.7
1999	4680.4	18675	70076	93431.4
2000	5021.1	16388	56634	78043.1
2001	5479.5	15268	41047	61794.5
2002	5398.6	14298	31145	50841.6
2003	5671.2	17027	27801	50499.2
2004	5902.2	16832	25114	47848.2
2005	6476.7	18693	25576	50745.7



years	BD1	BD2	BD3	totd
2006	7748.9	21604	22049	51401.9
2007	7674.1	19435	24554	51663.1
2008	6653.7	18284	24955	49892.7
2009	5538.8	15214	25793	46545.8
2010	4775.8	13310	28349	46434.8
2011	4685.8	13764	31022	49471.8
2012	4351.1	16197	31729	52277.1
2013	3719.0	17443	26846	48008.0
2014	3394.5	19331	25796	48521.5
2015	4397.3	20333	23944	48674.3
2016	5791.8	20379	25579	51749.8
2017	6058.4	26051	22975	55084.4
2018	6641.3	28530	23343	58514.3
2019	6479.9	29189	24723	60391.9
2020	5997.2	26024	26865	58886.2
2021	5653.5	23251	28689	57593.5



**Figura 37.** Biomasa Totales y Desovantes