

DIAGNÓSTICO DE MODELOS DE EVALUACIÓN DE STOCK DE ERIZO

Contents

1. Erizo Zona X Norte	5
1.1. Ajustes y residuos	5
1.2. Análisis retrospectivo	13
1.3. Perfil de verosimilitud	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
1.2. Variables de estado	17
1.3. Puntos Biológicos de Referencia	19
1.4. Estatus del erizo de la zona norte de la Región de Los Lagos	20
2. Erizo zona sur Región de Los Lagos	21
2.1. Diagnóstico del modelo	21
2.1.2. Análisis de residuos de erizo zona X sur	26
2.1.3. Análisis retrospectivo de erizo zona X sur	26
2.1.4. Perfil de verosimilitud de erizo zona X sur	26
2.1.5. Análisis de sensibilidad***	26
2.2. Variables de estado de erizo Zona X sur.	26
2.3. Puntos Biológicos de Referencia	26
2.4. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos	26
3. Erizo Región de Aysén	26
3.1. Diagnóstico del modelo	26
3.1.1. Ajustes del modelo a los datos observados***	26
3.1.2. Análisis de residuos de erizo zona XI***	26
3.1.3. Análisis retrospectivo de erizo zona XI	26
3.1.4. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI	26
3.1.5. Análisis de sensibilidad de erizo zona XI	26
3.2. Variables de estado	45
3.3. Puntos Biológicos de Referencia	45
3.4. Estatus del erizo de la Región de Aysén	45
4. Análisis integrado de las tres zonas de estudio	45



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) de los reclutamientos	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 ⁻¹)	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 ⁻¹) . .	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	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
17	Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur	22
18	Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur	23
19	Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur	24
20	Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos	25
21	Perfil de verosimilitud erizo zona X sur	25
22	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 ⁻¹)*	27
23	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 ⁻¹)*	28
24	Variables poblacionales de Erizo zona X Sur	29
25	Selectividad de la flota de la Zona X sur	30
26	Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur	31



27	Diagrama de fase Erizo zona X Sur	32
28	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
29	Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI	34
30	Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI	35
31	Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI	36
32	Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos	37
33	Perfil de verosimilitud erizo zona XI	38
34	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 ⁻¹)*	39
35	Análisis de sensibilidad del rango de L_{00} 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 ⁻¹)*	40
36	Variables poblacionales de Erizo zona XI	41
37	Selectividad de la flota de la Zona XI	42
38	Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI	43
39	Diagrama de fase Erizo zona XI	44
40	Biomassas Totales y Desovantes	46



List of Tables

1	Biomاسas Totales por zona	47
---	-------------------------------------	----

1. Erizo Zona X Norte

1.1. Ajustes y residuos

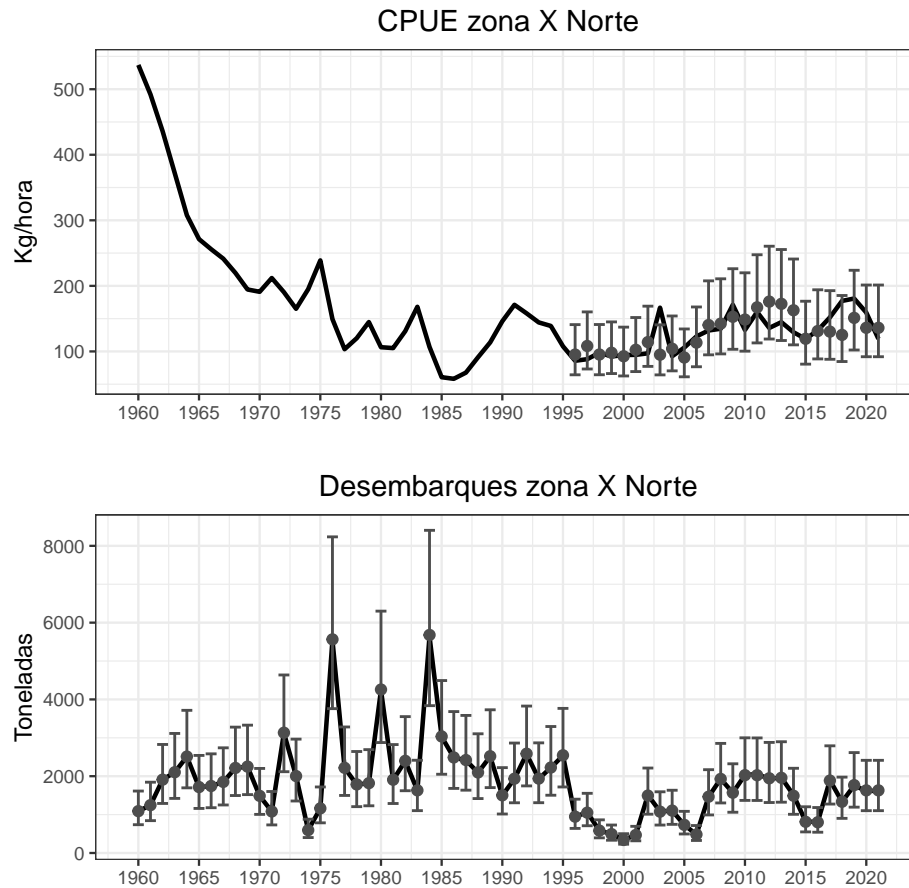


Figura 1. Modelo base. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo

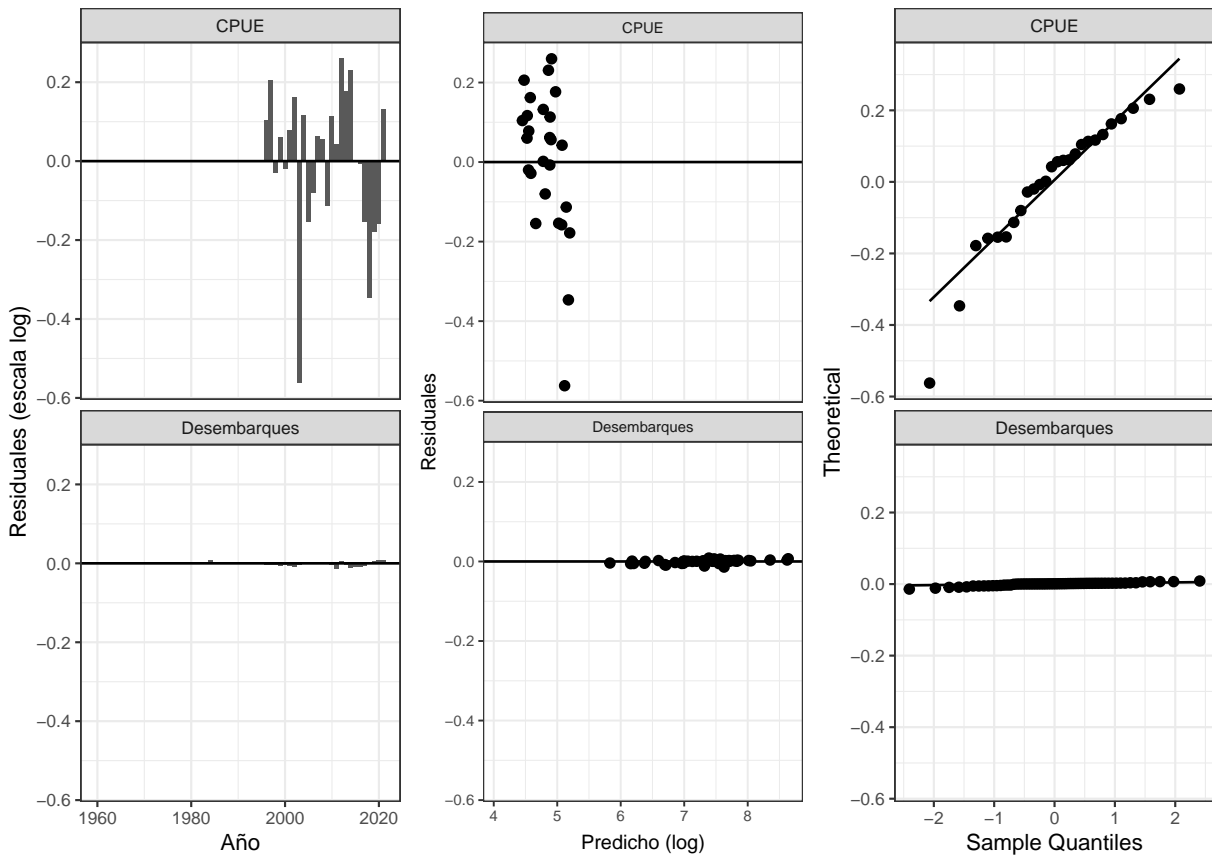


Figura 2. Modelo base. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte

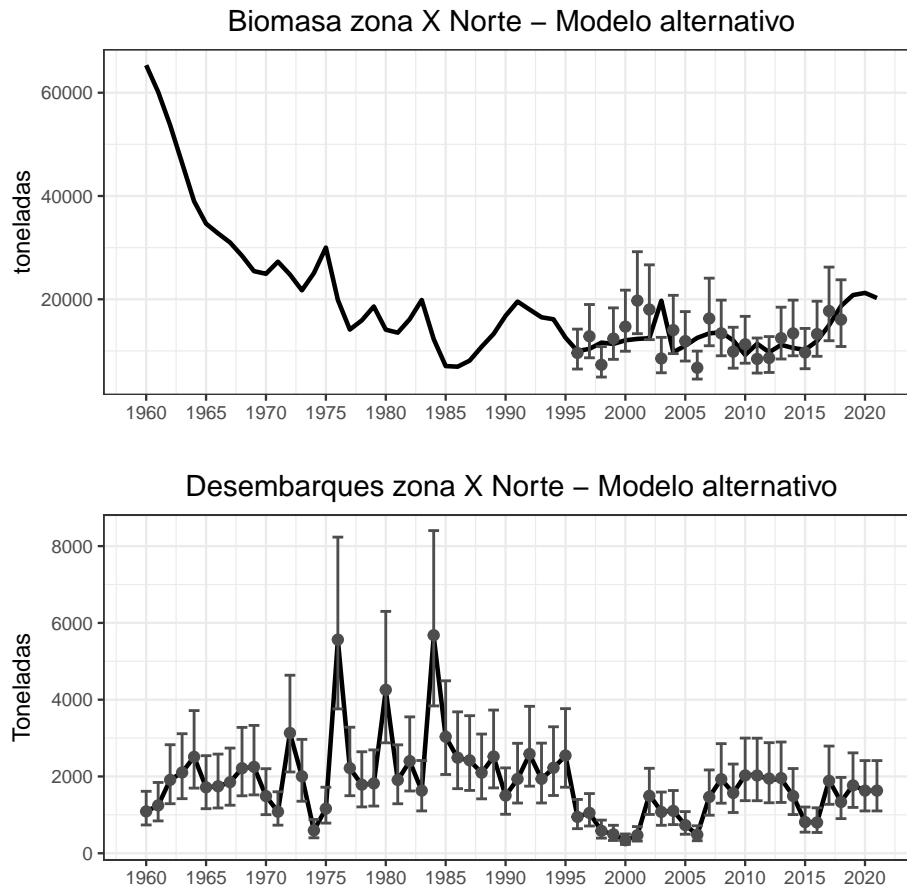


Figura 3. Modelo alternativo. Ajuste del modelo a la información de Biomasa, desembarque para el erizo de la zona X Norte. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo

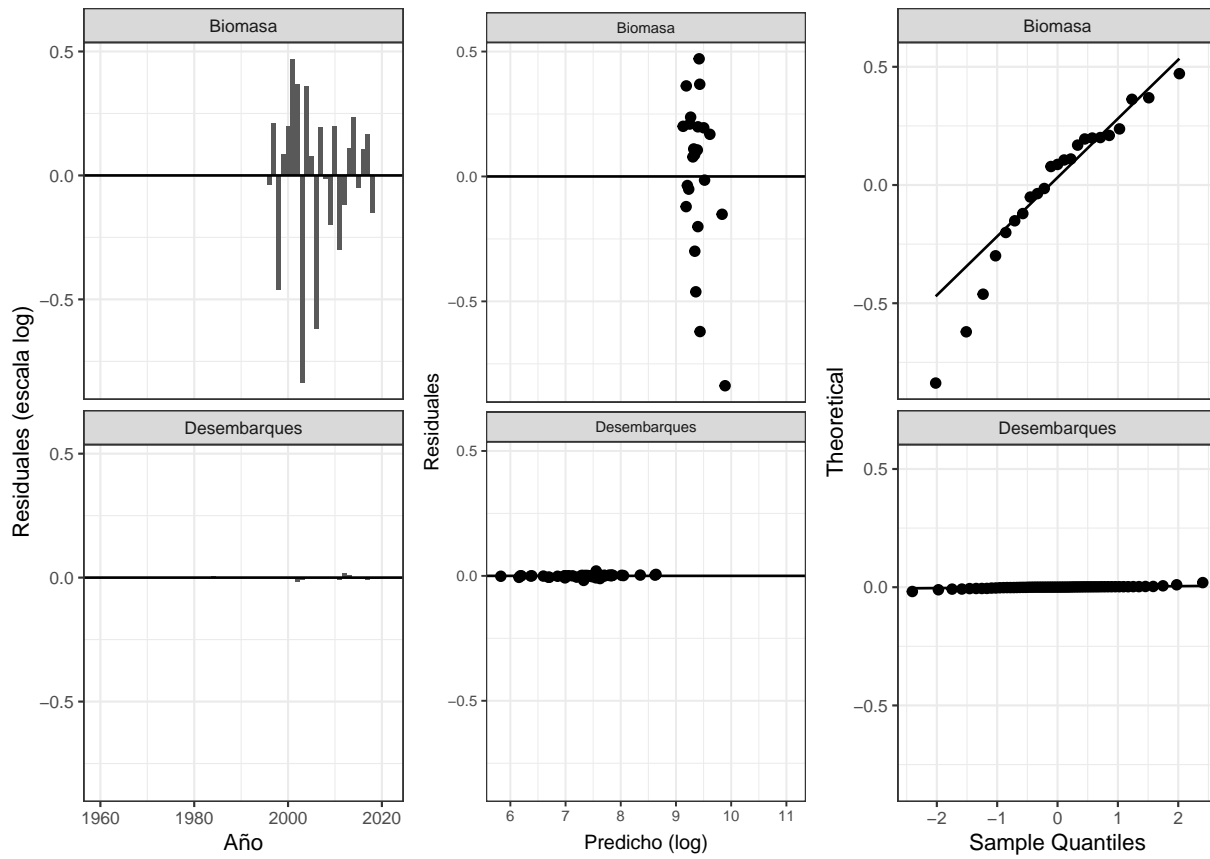


Figura 4. Modelo alternativo. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Norte

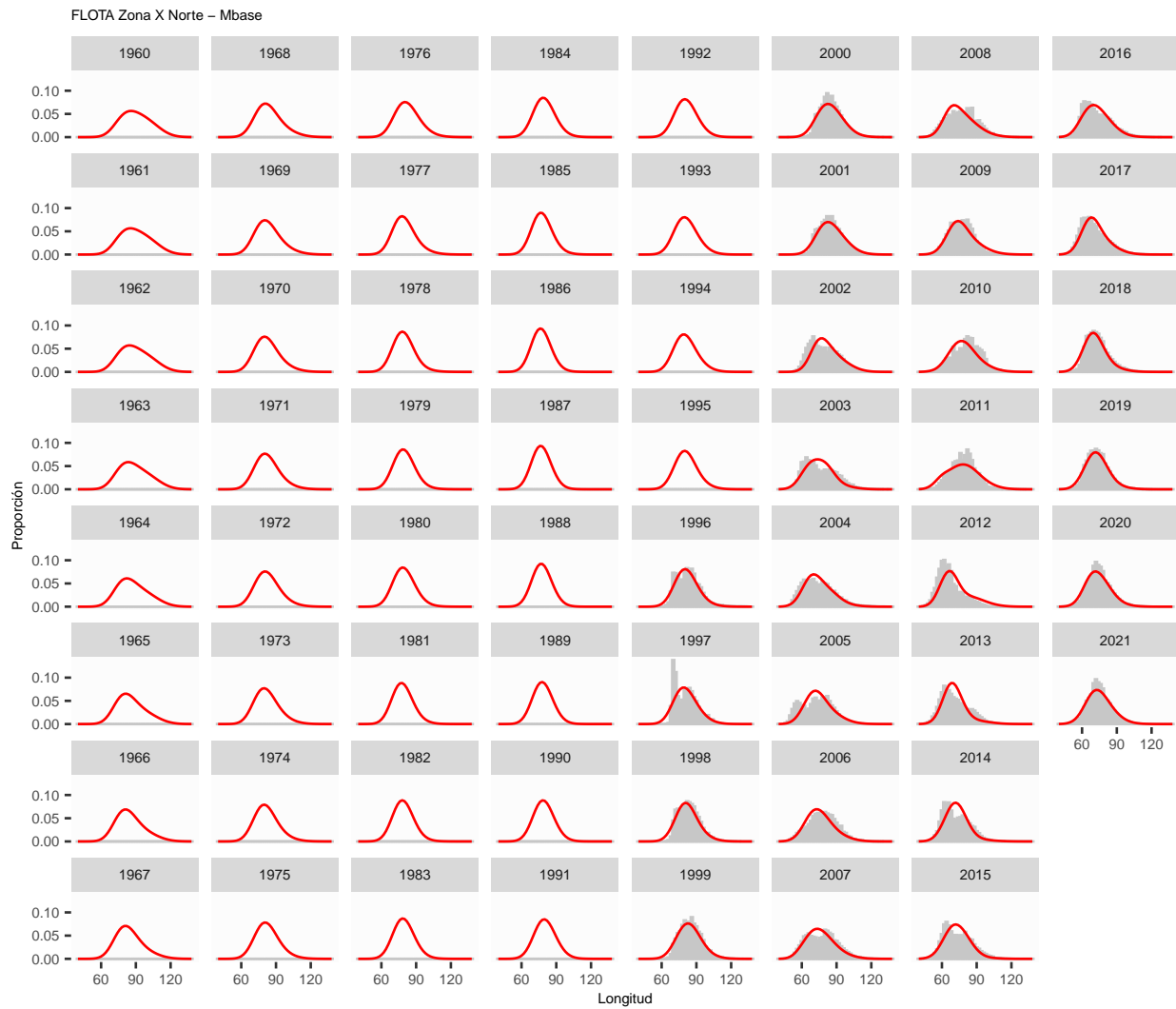


Figura 5. Modelo base. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996.

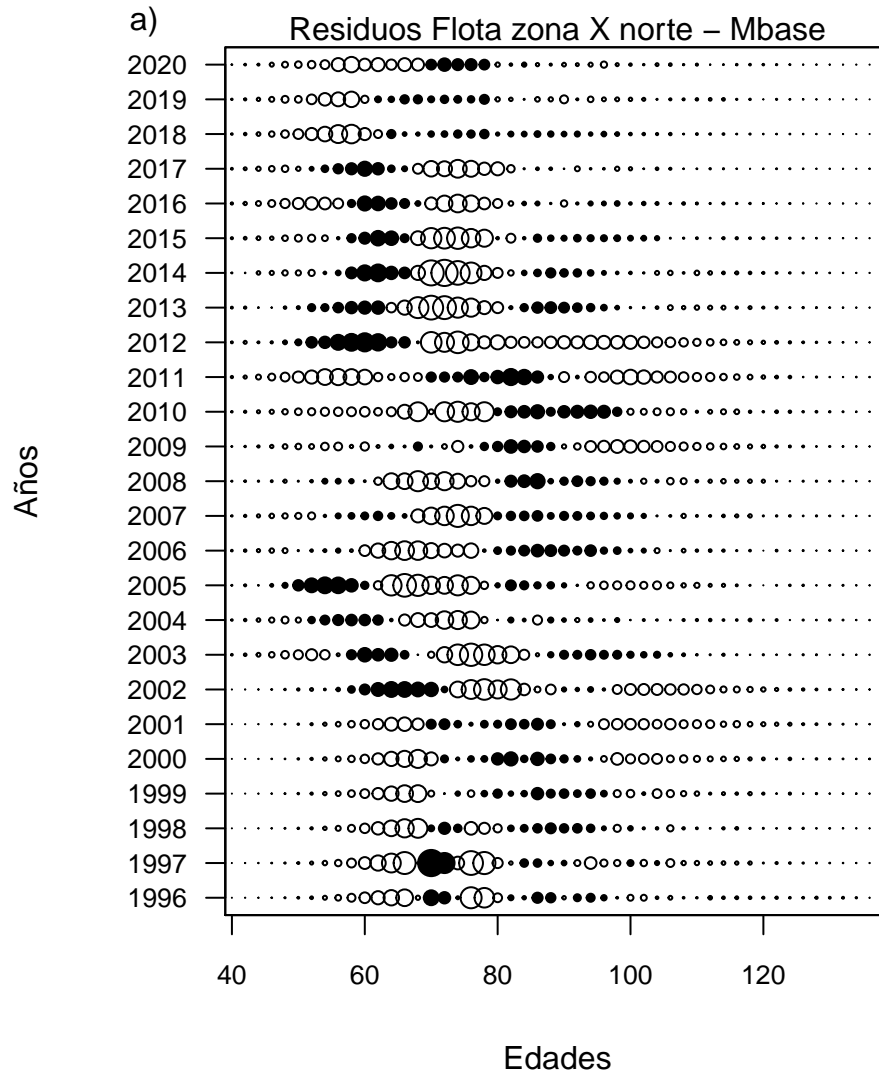


Figura 6. Modelo base. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte

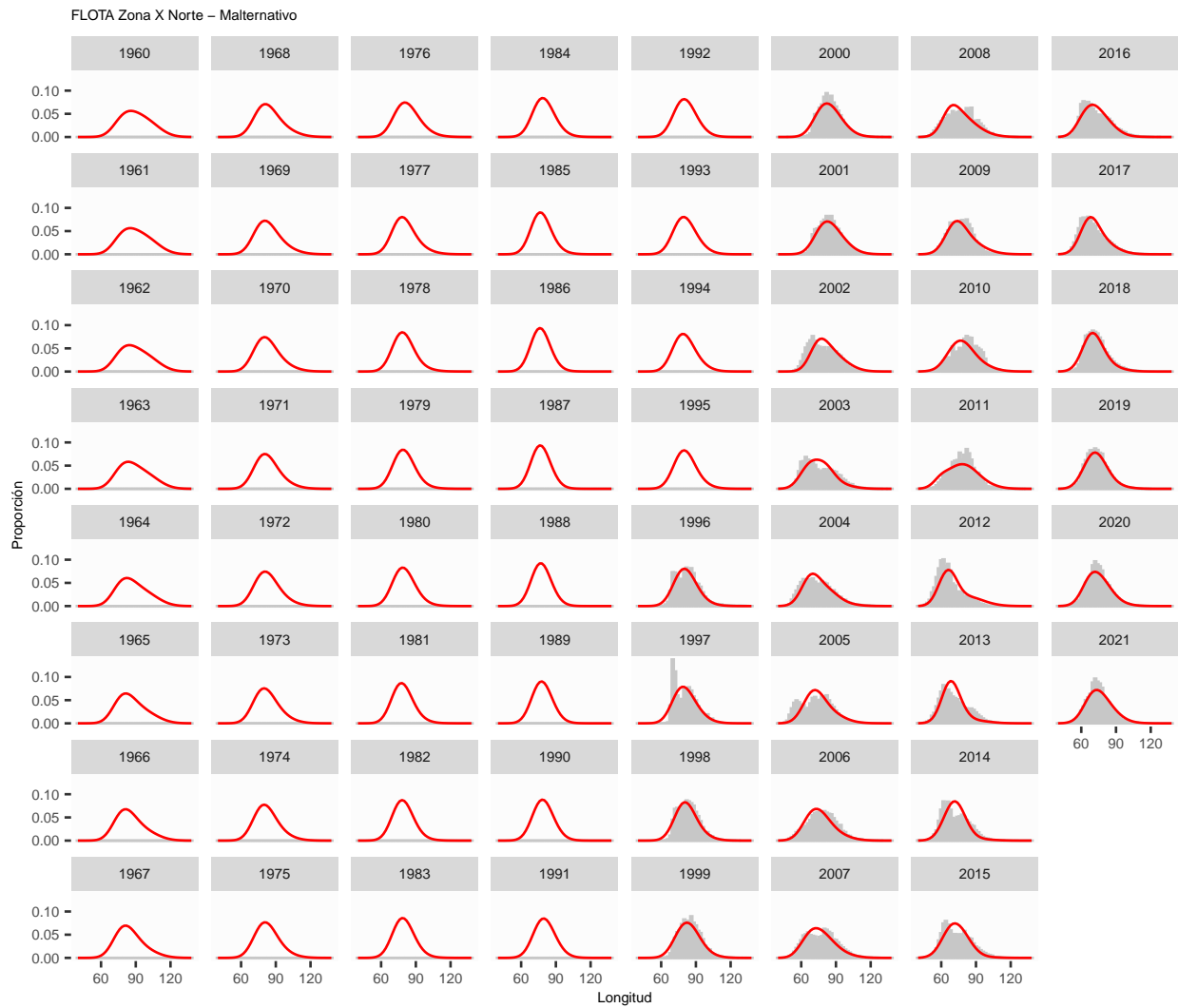


Figura 7. Modelo alternativo. Ajuste del modelo a las estructuras de talla de las capturas de erizo zona X Norte. Las barras representan las proporciones de capturas observadas y las líneas, el ajuste del modelo. El modelo no ajusta para datos previos al año 1996.

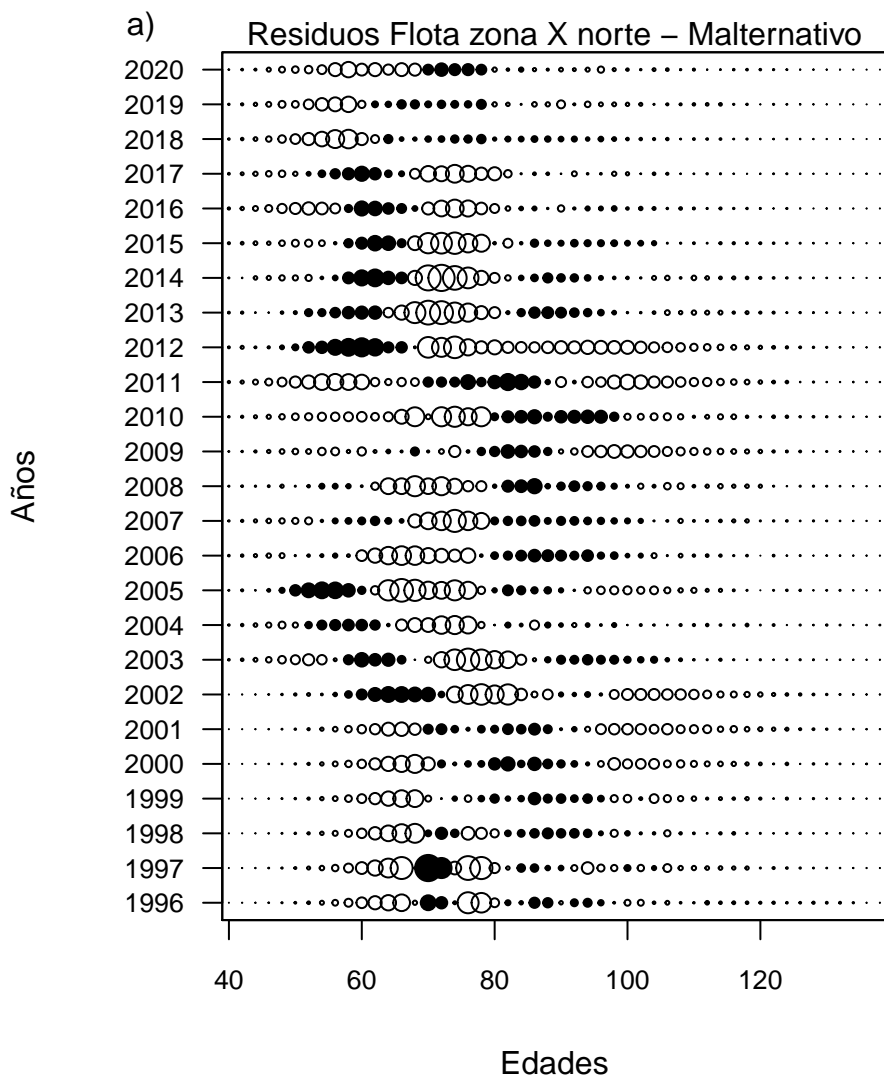


Figura 8. Modelo alternativo. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X Norte

1.2. Análisis retrospectivo

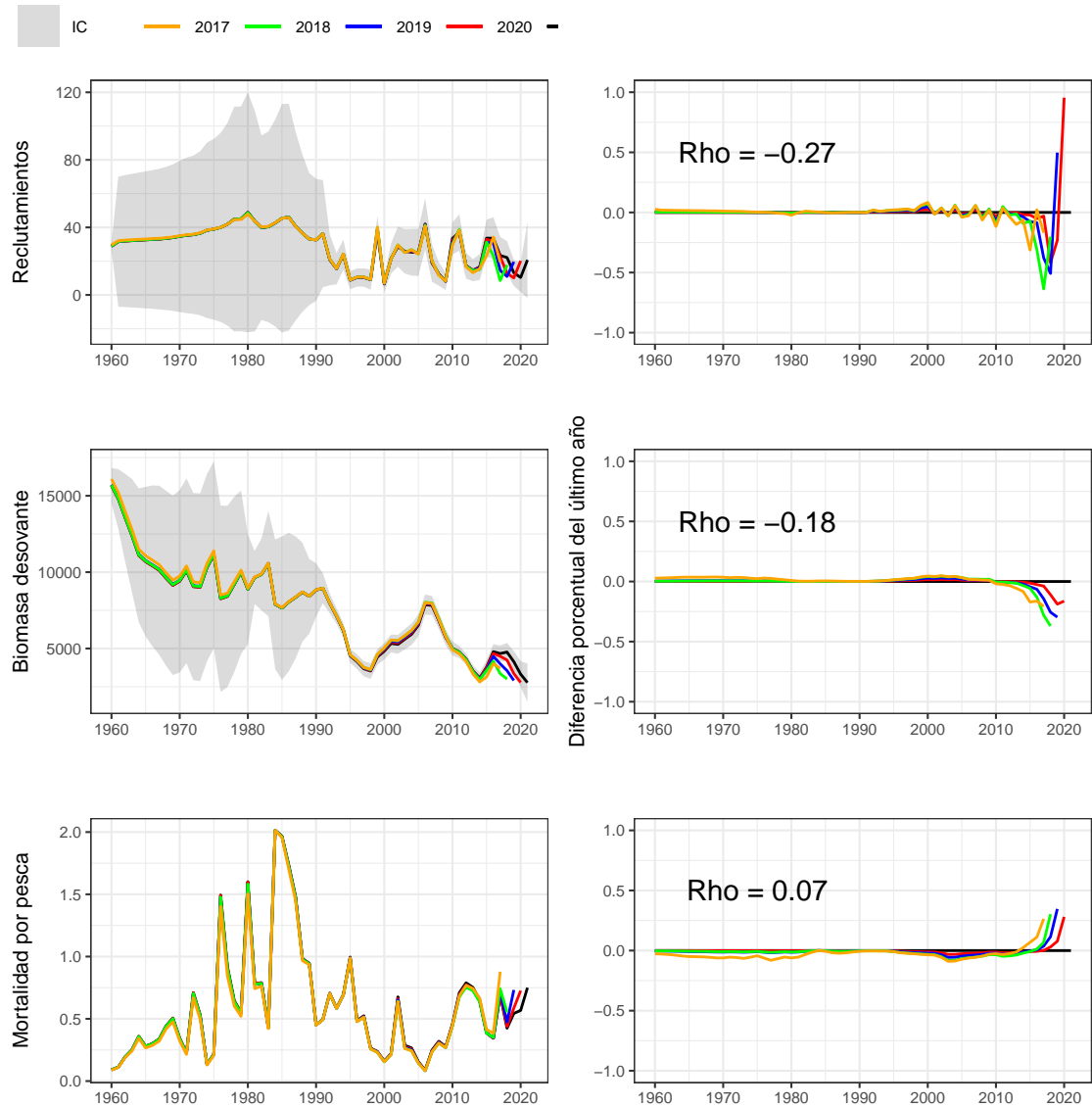


Figura 9. Modelo base. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

1.3. Perfil de verosimilitud

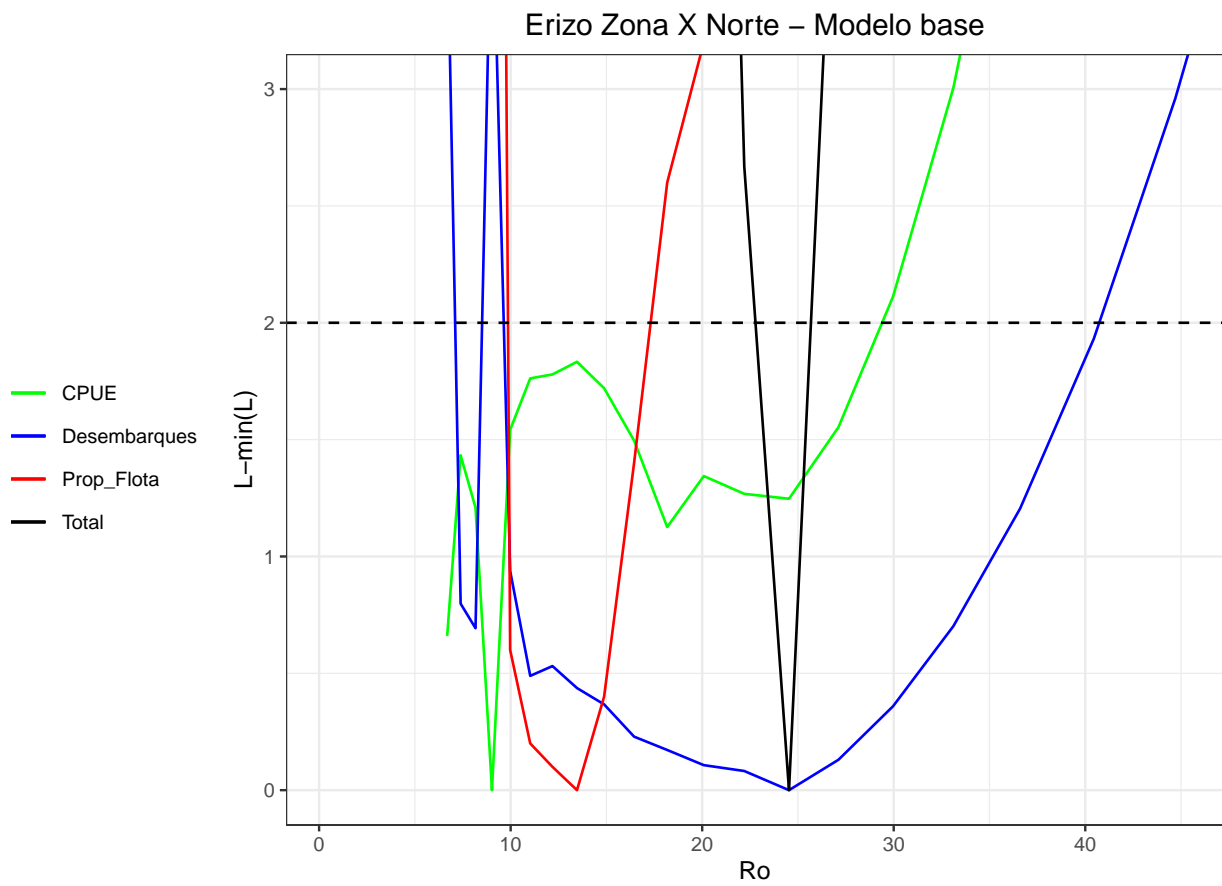


Figura 10. Modelo base. Perfil de verosimilitud erizo zona X norte

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

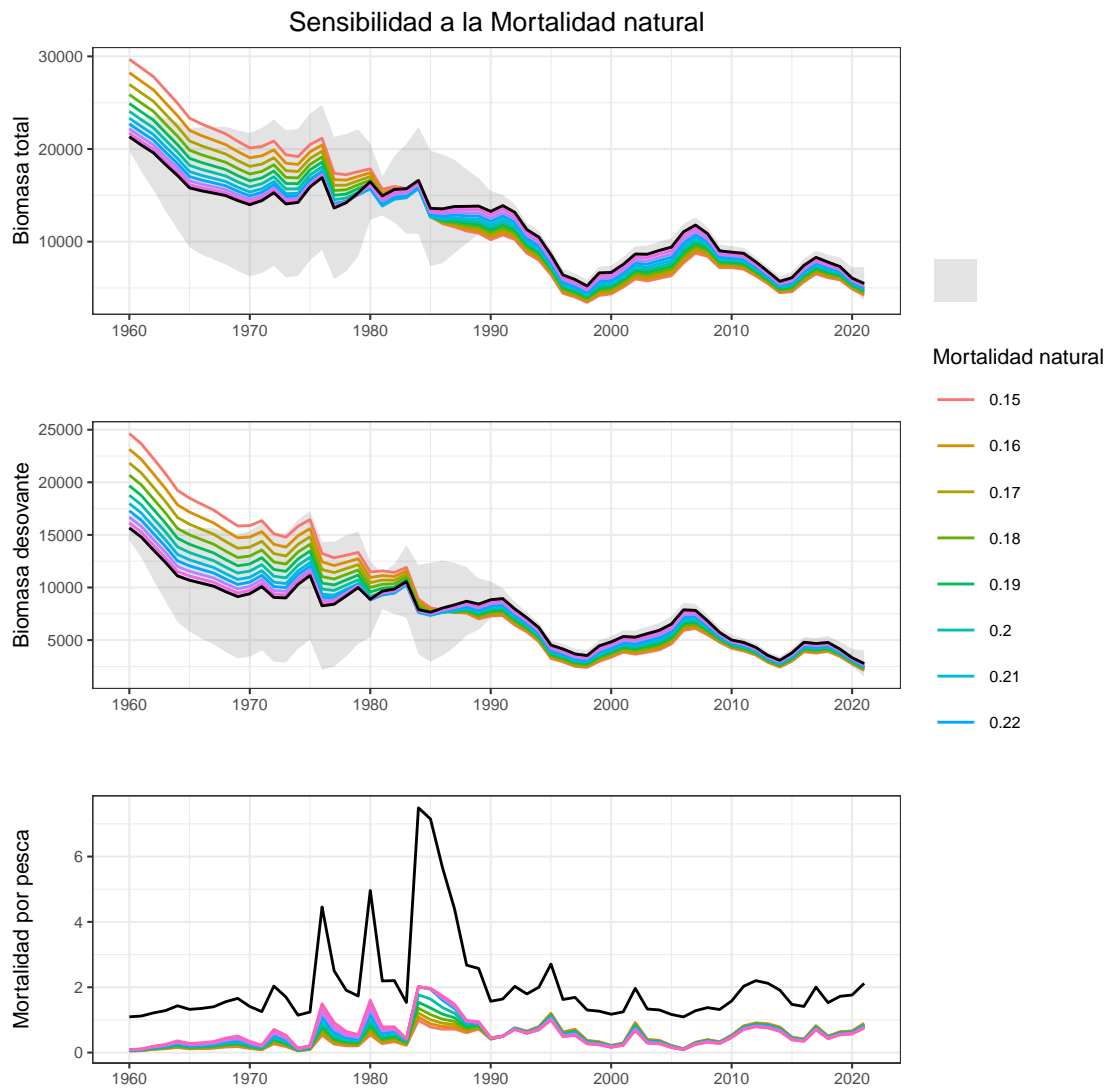


Figura 11. Modelo base. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ($L_{\infty} = 119.85$ mm y $M = 0.25$ año⁻¹)

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

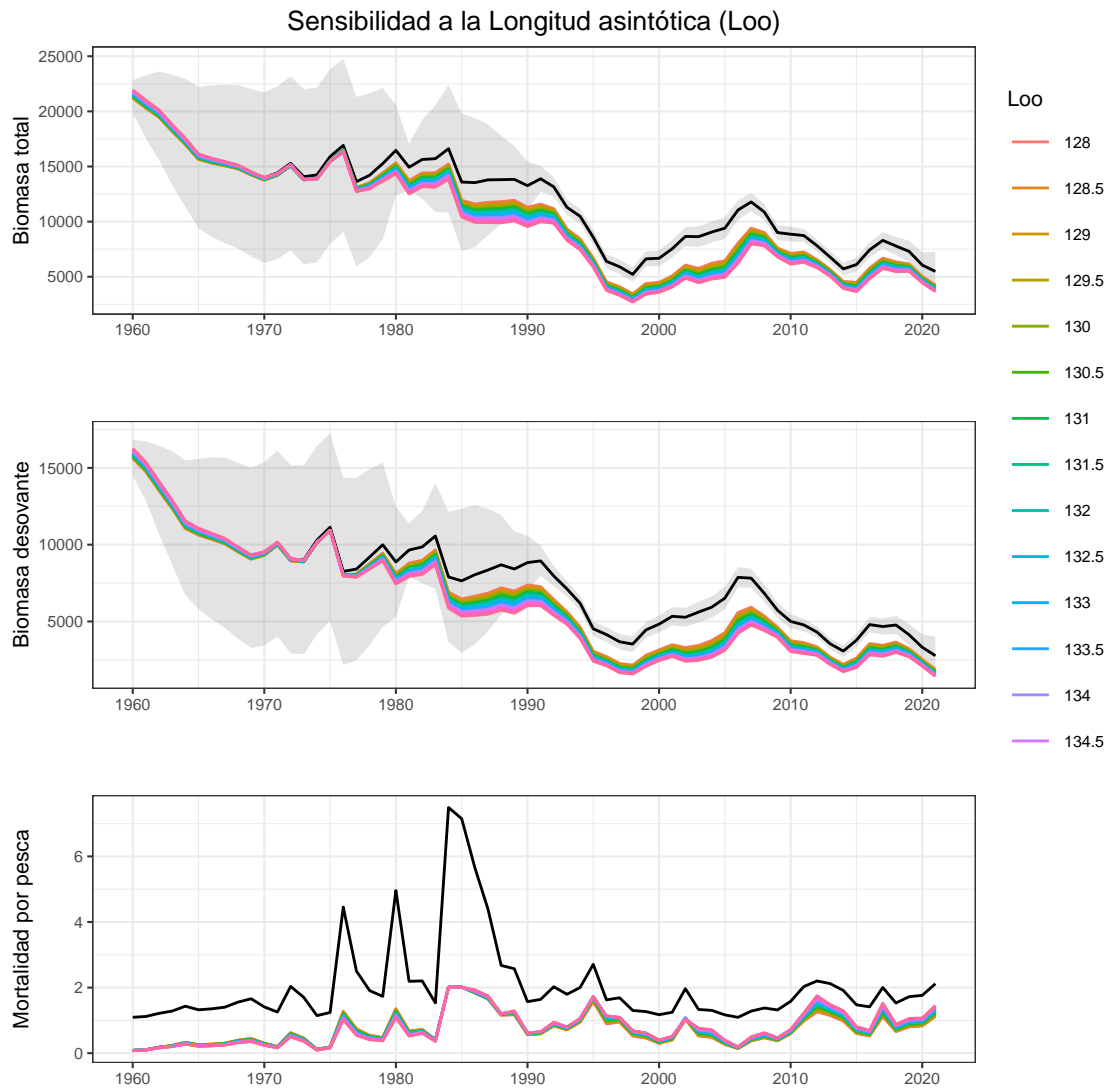


Figura 12. Modelo base. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona norte. La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y M = 0.25 año-1)

1.2. Variables de estado

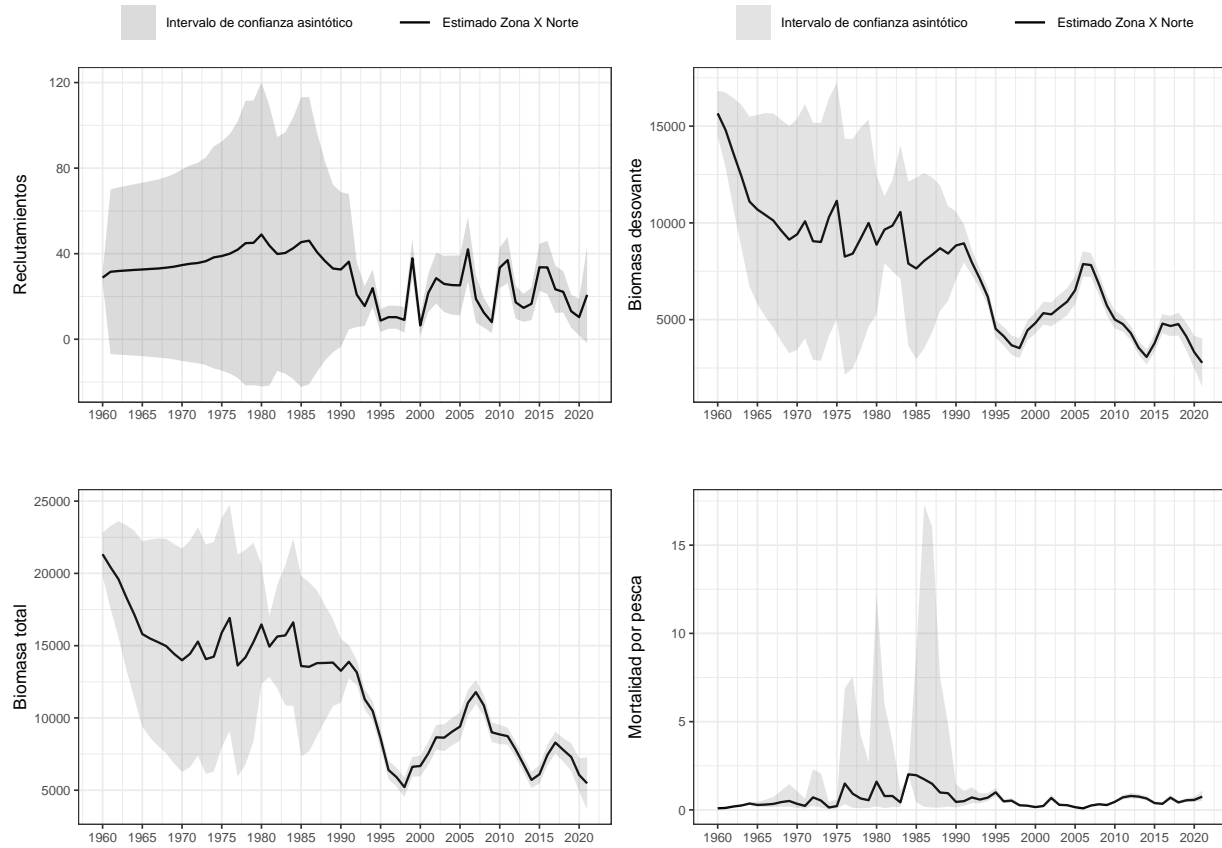


Figura 13. Modelo base. Variables de biomazas totales, desovantes, reclutamientos y desvíos estimadas por el modelo para el erizo de la zona X Norte período 1960 - 2019.

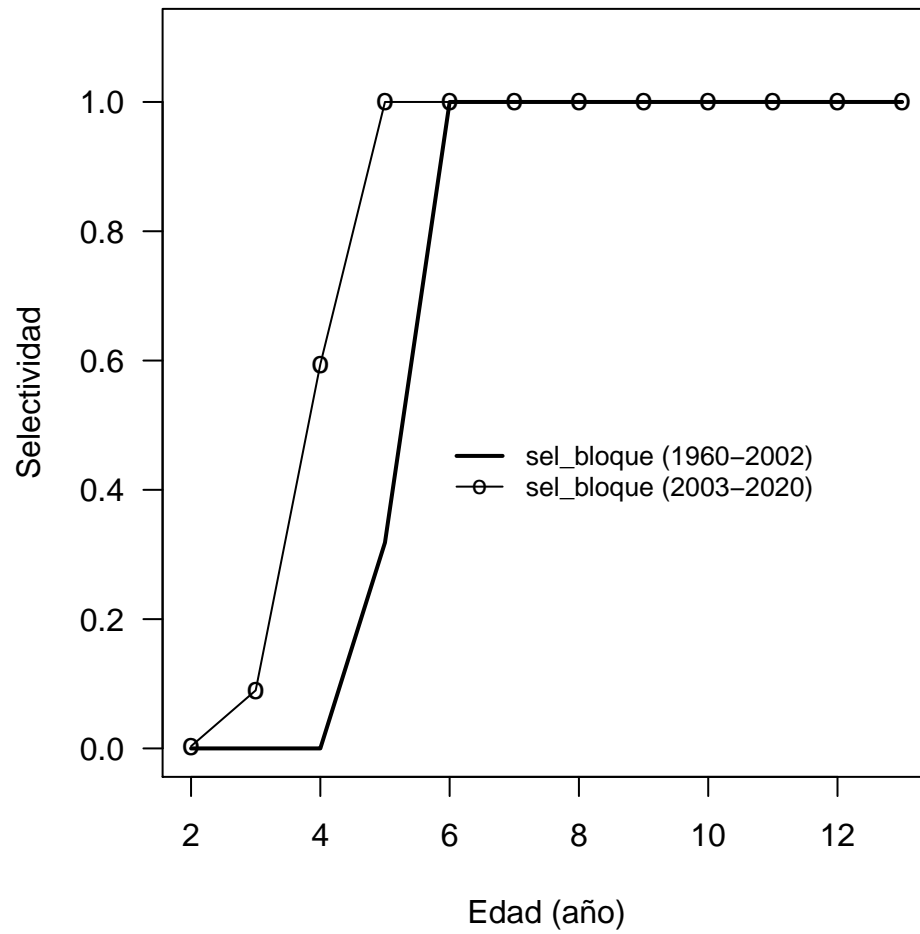


Figura 14. Modelo base. Selectividad de la flota de la Zona X Norte

1.3. Puntos Biológicos de Referencia

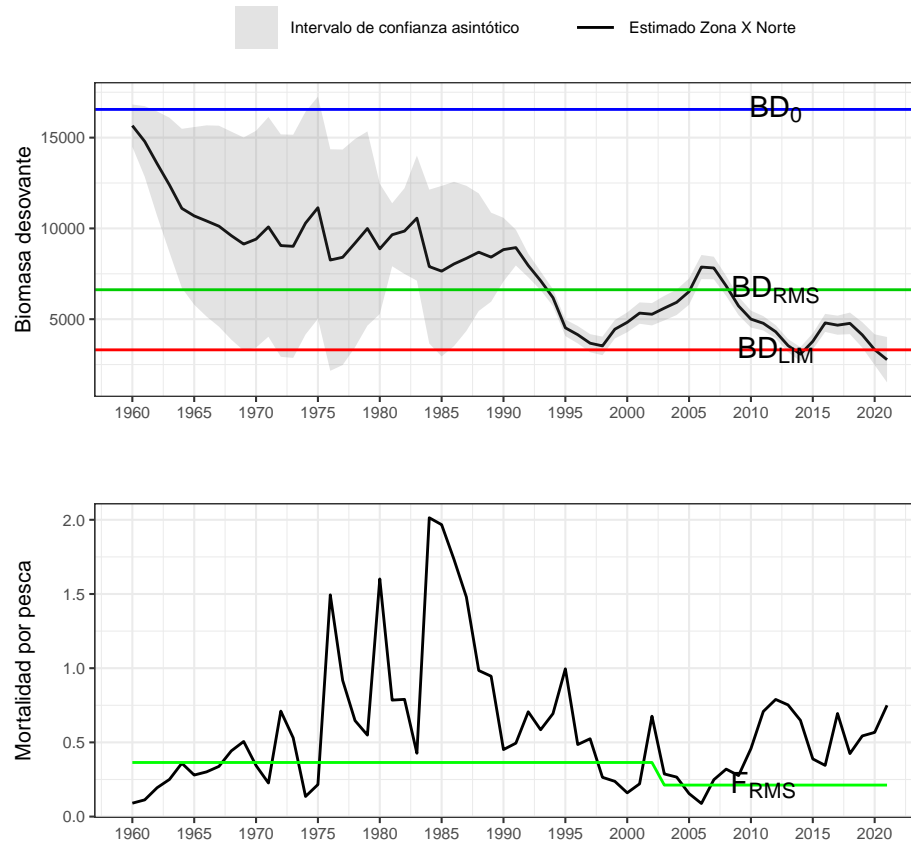
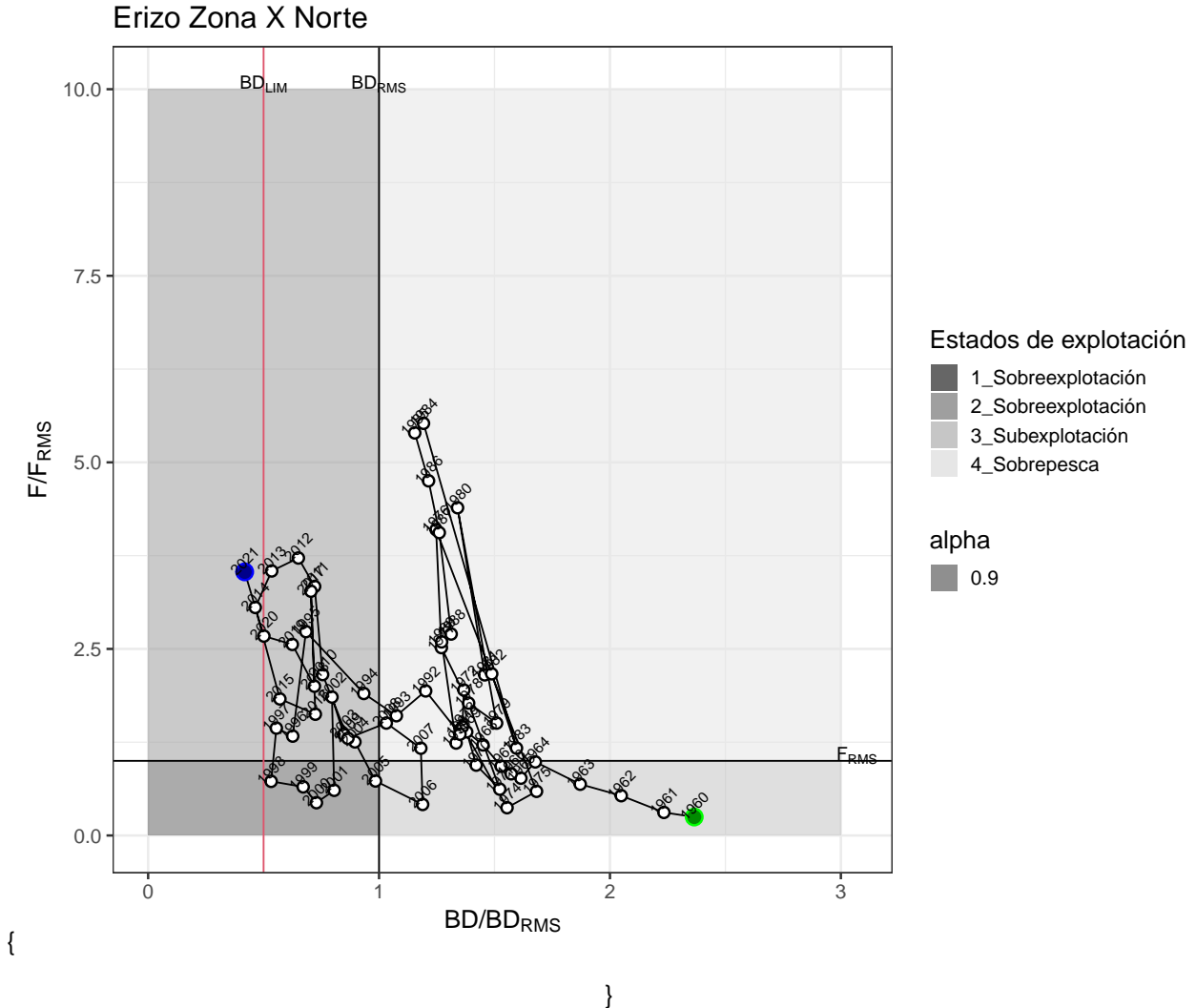


Figura 15. Modelo base. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Norte

1.4. Estatus del erizo de la zona norte de la Región de Los Lagos

```
\begin{figure}
```



Modelo base. Diagrama de fase propuesto para erizo zona X Norte. En el eje Y se presenta la razón entre el nivel de reducción de la biomasa desovante (BD) estimada en la evaluación de stock respecto de la biomasa objetivo (BD_{RMS}), la cual define el estatus de sub-explotación, plena explotación, sobreexplotación y colapso. El eje X representa la razón entre la mortalidad por pesca proveniente de la evaluación respecto del F40% considerado objetivo para alcanzar el RMS (proxy), sobre la línea continua ($F/F_{RMS} > 1$), se define la condición de sobrepesca.}

2. Erizo zona sur Región de Los Lagos

2.1. Diagnóstico del modelo

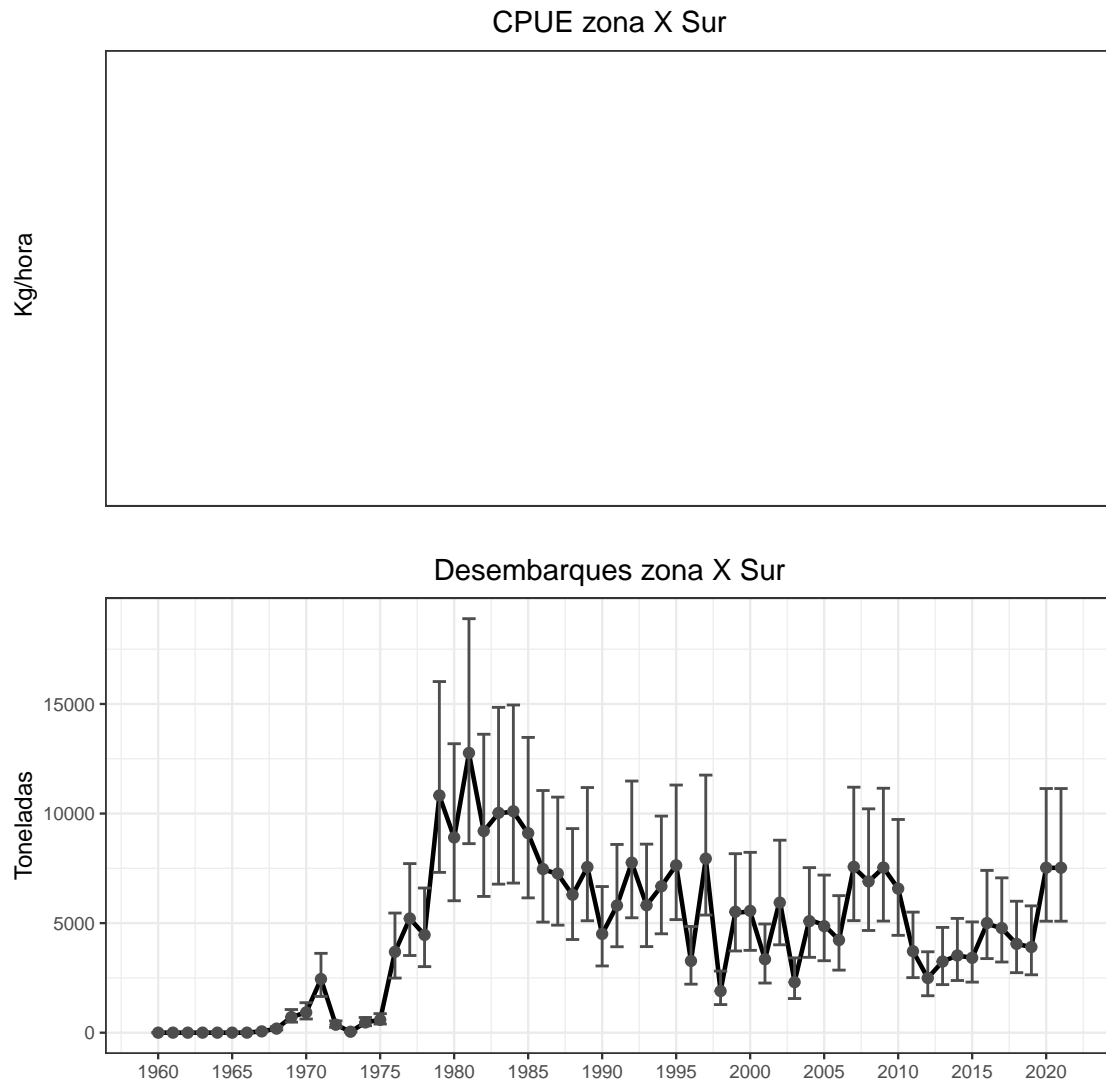


Figura 16. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo

2.1.1. Ajustes del modelo a los datos observados

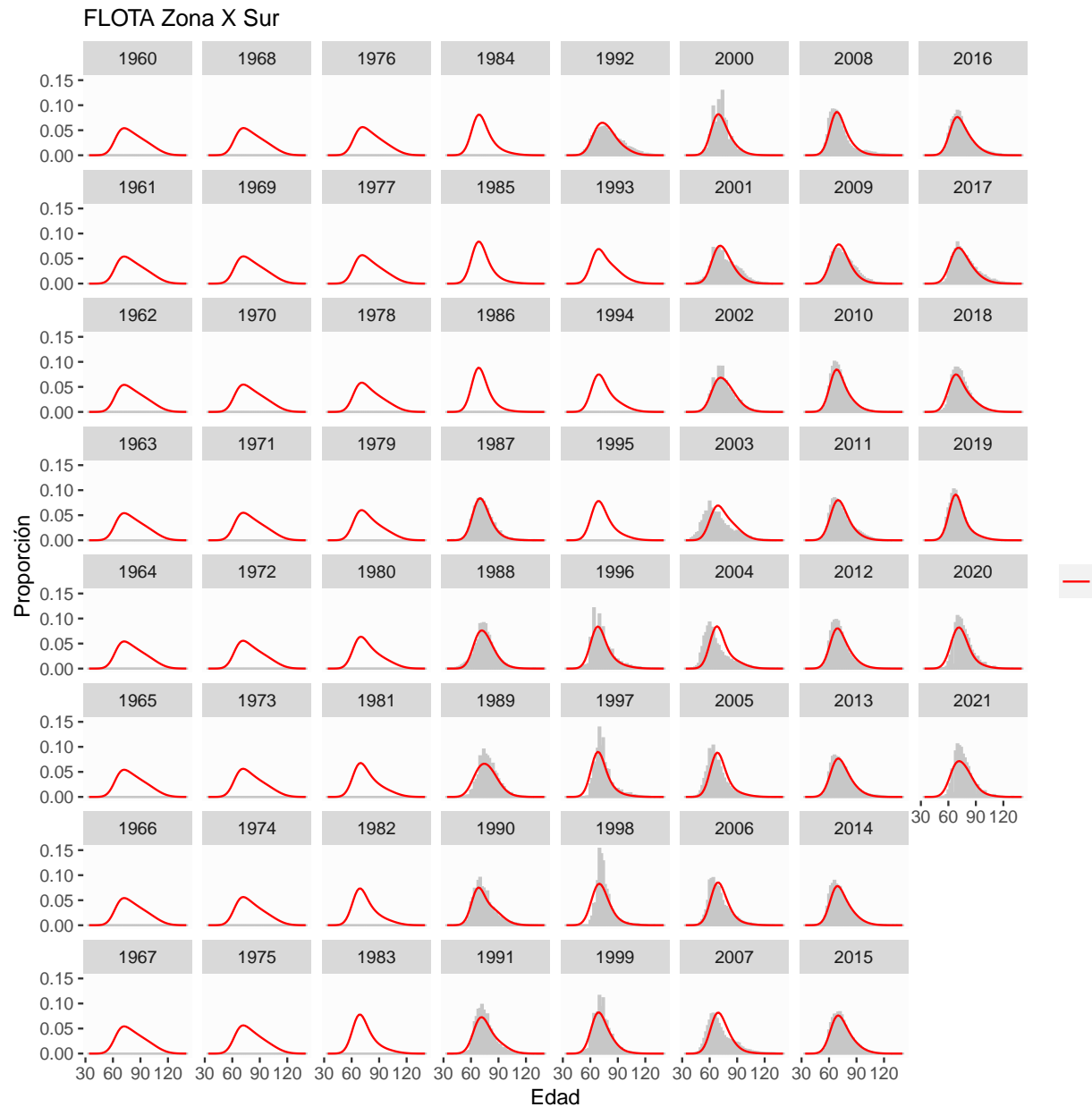


Figura 17. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona X Sur

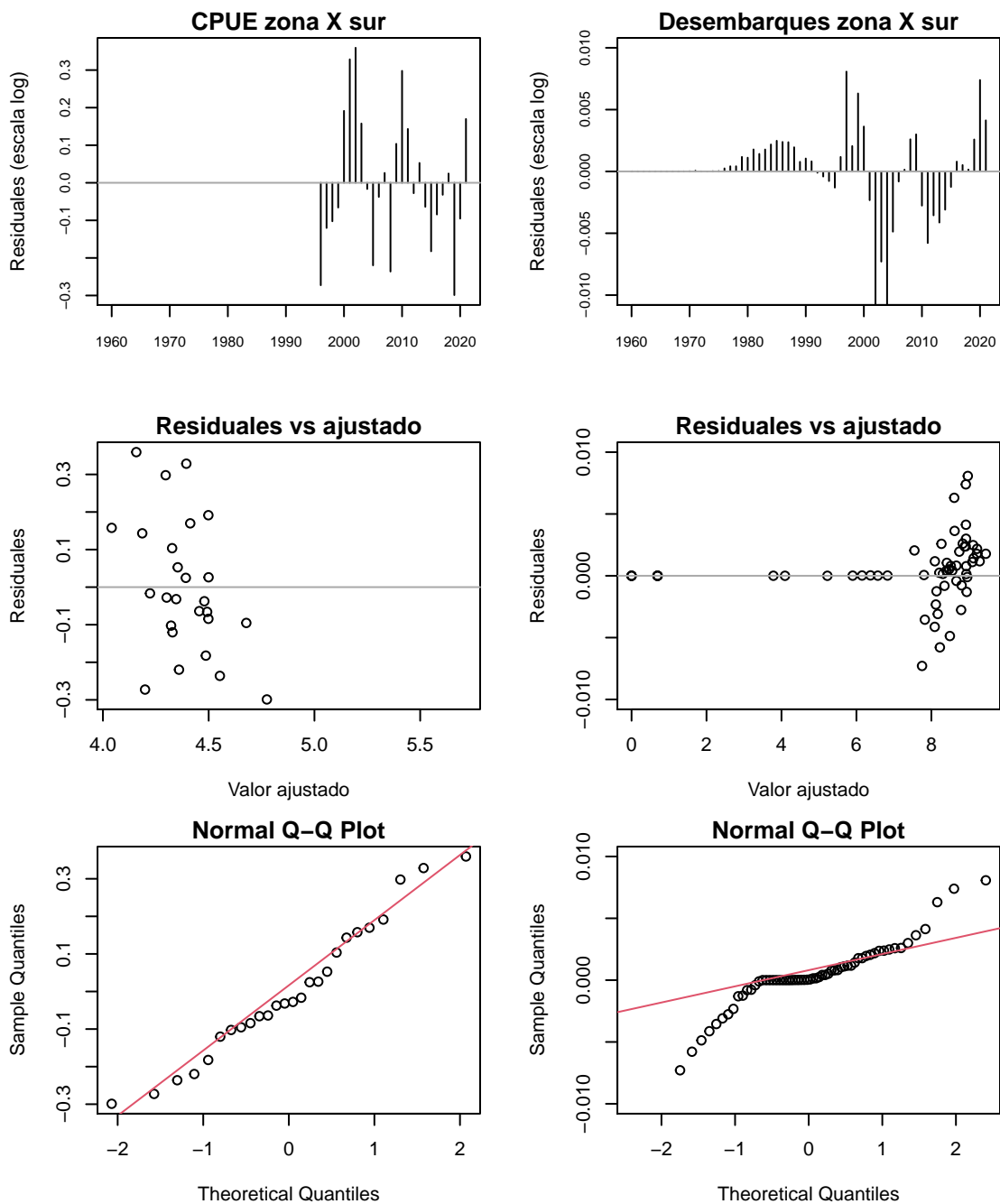


Figura 18. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona X Sur

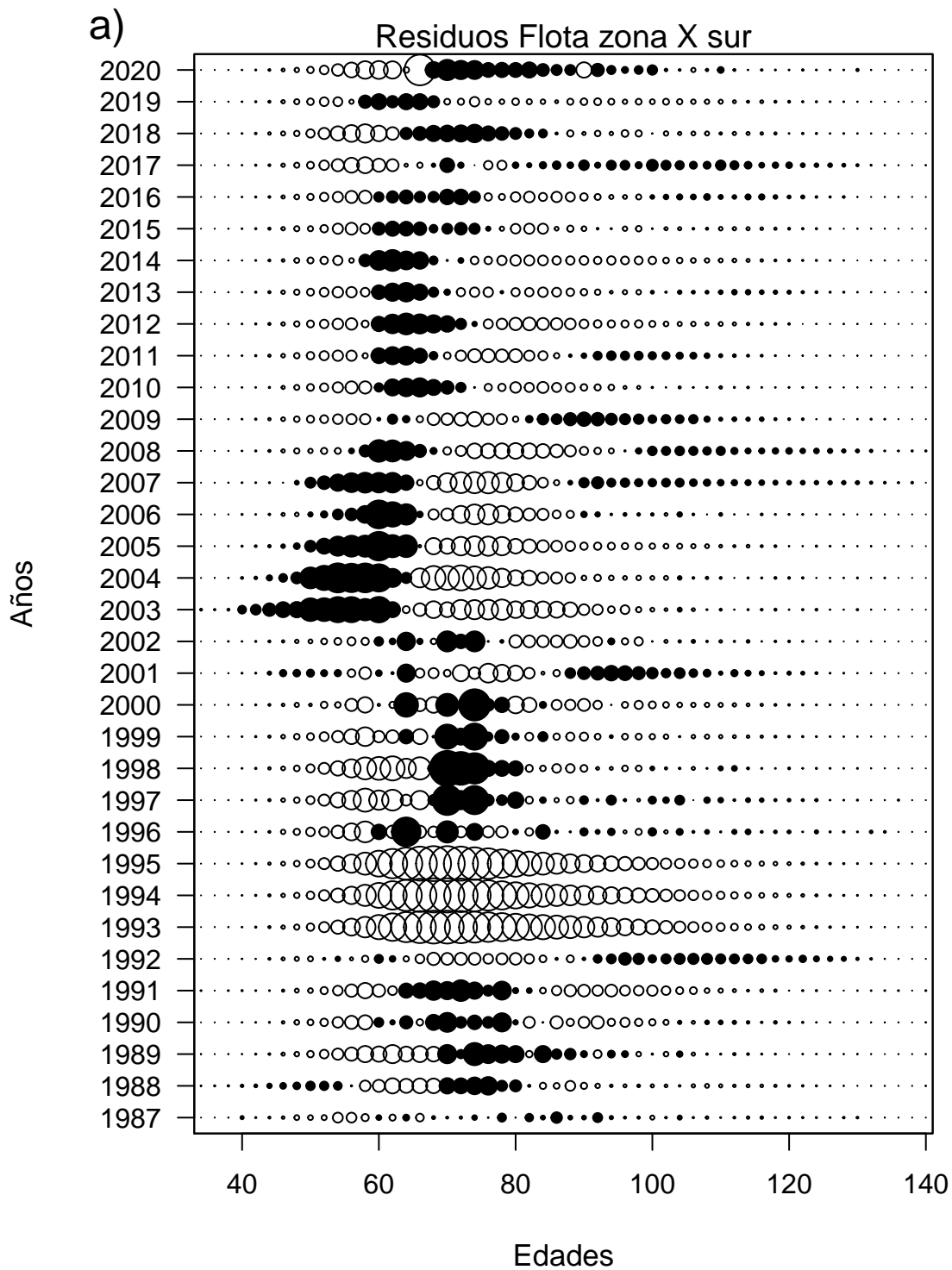


Figura 19. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona X sur

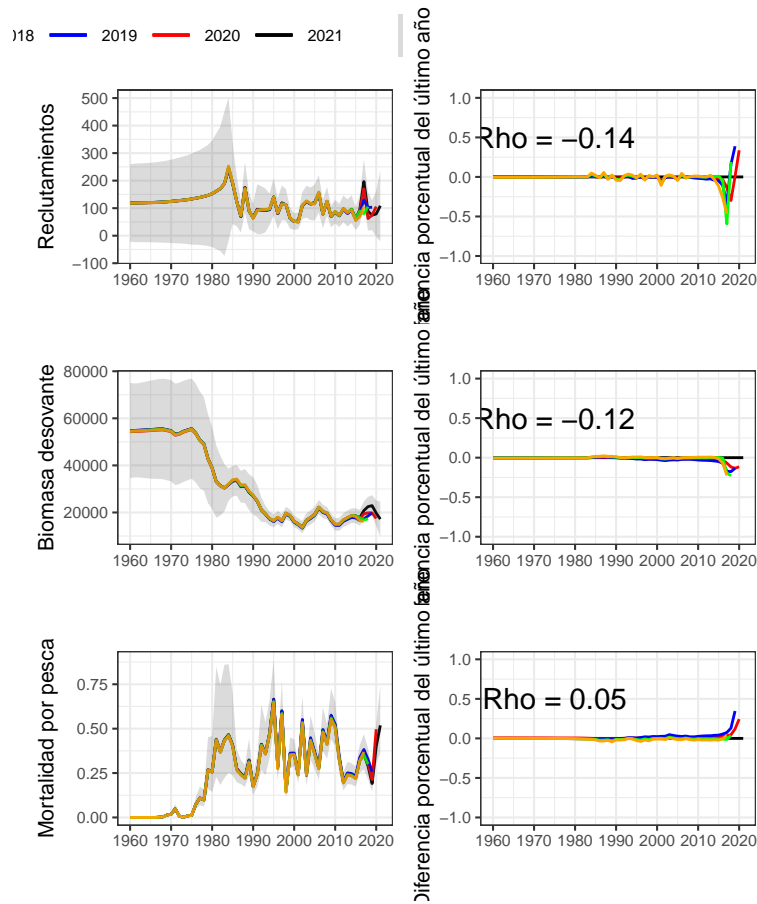


Figura 20. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

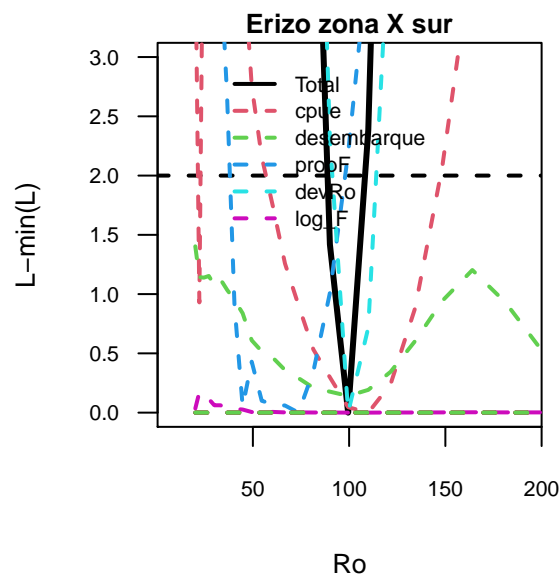


Figura 21. Perfil de verosimilitud erizo zona X sur



2.1.2. Análisis de residuos de erizo zona X sur

2.1.3. Análisis retrospectivo de erizo zona X sur

2.1.4. Perfil de verosimilitud de erizo zona X sur

2.1.5. Análisis de sensibilidad***

a. Mortalidad natural

b. Longitud asintótica

2.2. Variables de estado de erizo Zona X sur.

2.3. Puntos Biológicos de Referencia

2.4. Estatus del erizo de la zona sur de la Región de Los Lagos

3. Erizo Región de Aysén

3.1. Diagnóstico del modelo

3.1.1. Ajustes del modelo a los datos observados***

3.1.2. Análisis de residuos de erizo zona XI***

3.1.3. Análisis retrospectivo de erizo zona XI

3.1.4. Perfil de verosimilitud de erizo zona XI

3.1.5. Análisis de sensibilidad de erizo zona XI

a. Mortalidad natural

b. Longitud asintótica

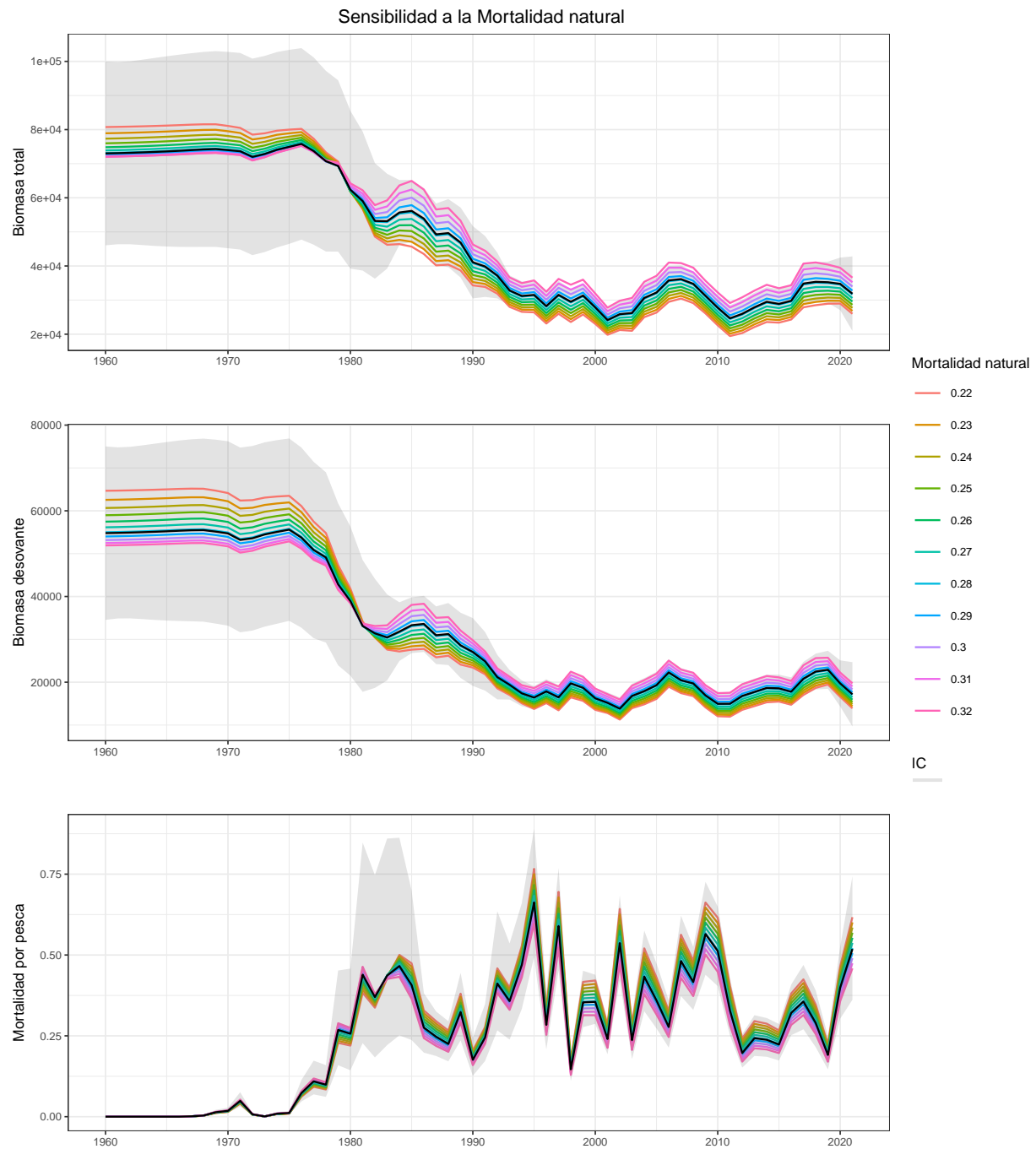


Figura 22. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona X sur. *La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y M = 0.282 año-1)*

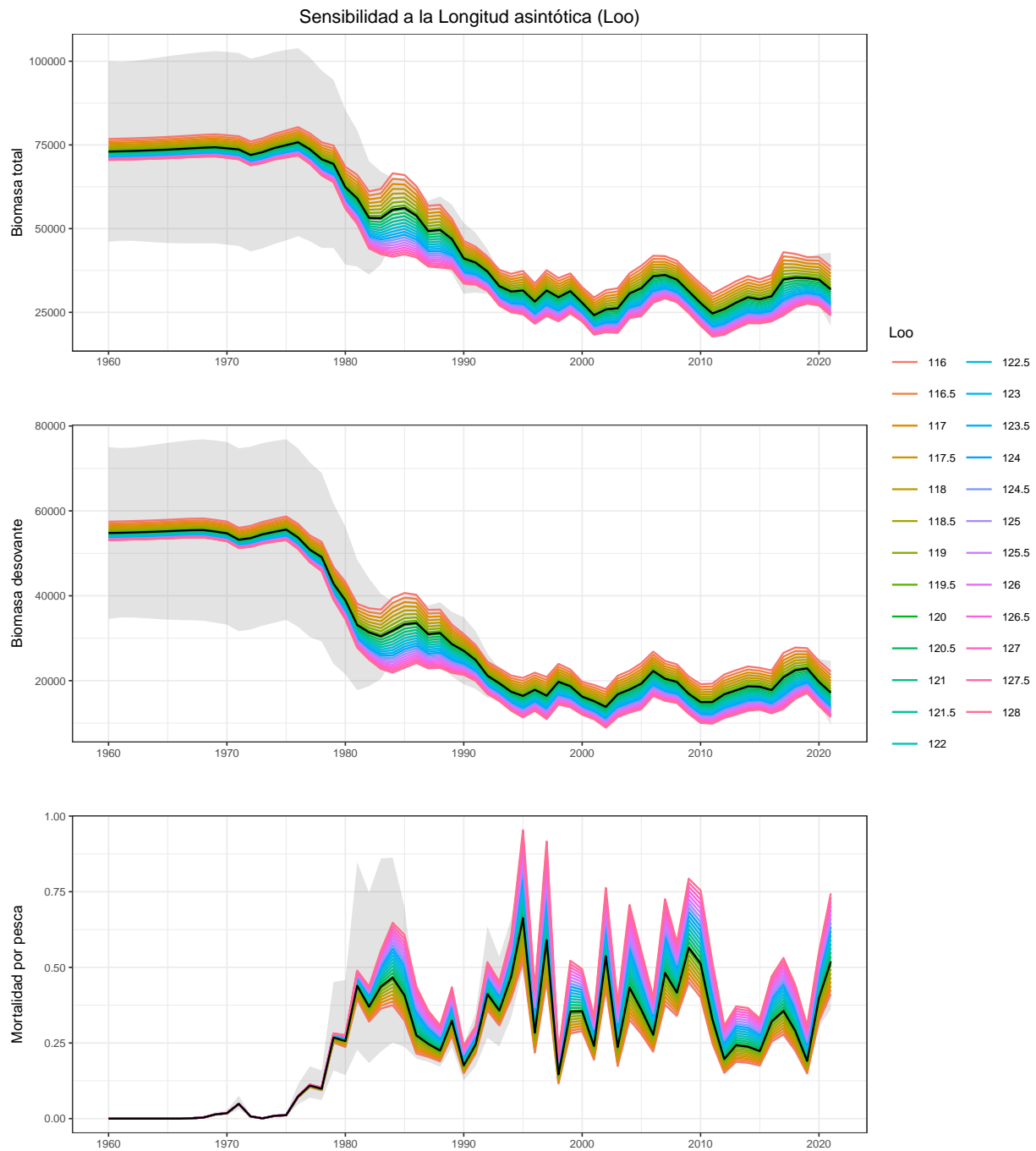


Figura 23. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona X sur. *La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 119.85 mm y M = 0.282 año⁻¹)*

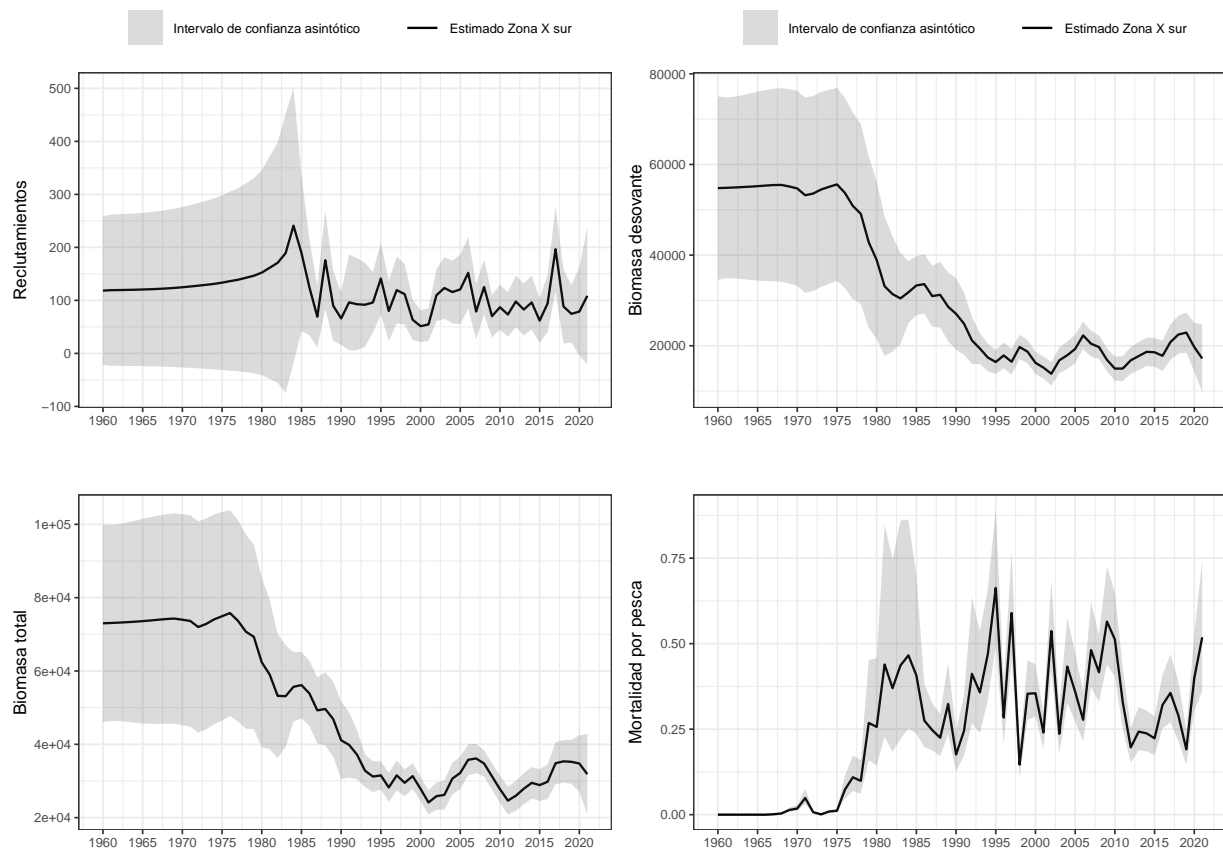


Figura 24. Variables poblacionales de Erizo zona X Sur

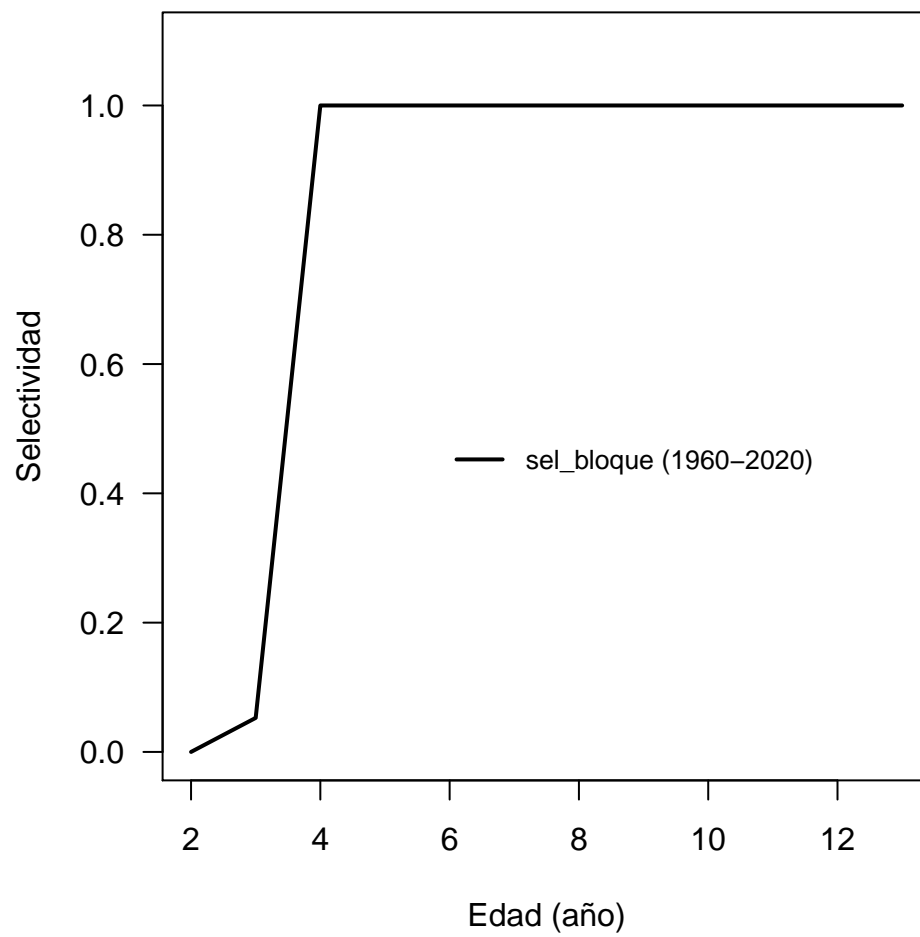


Figura 25. Selectividad de la flota de la Zona X sur

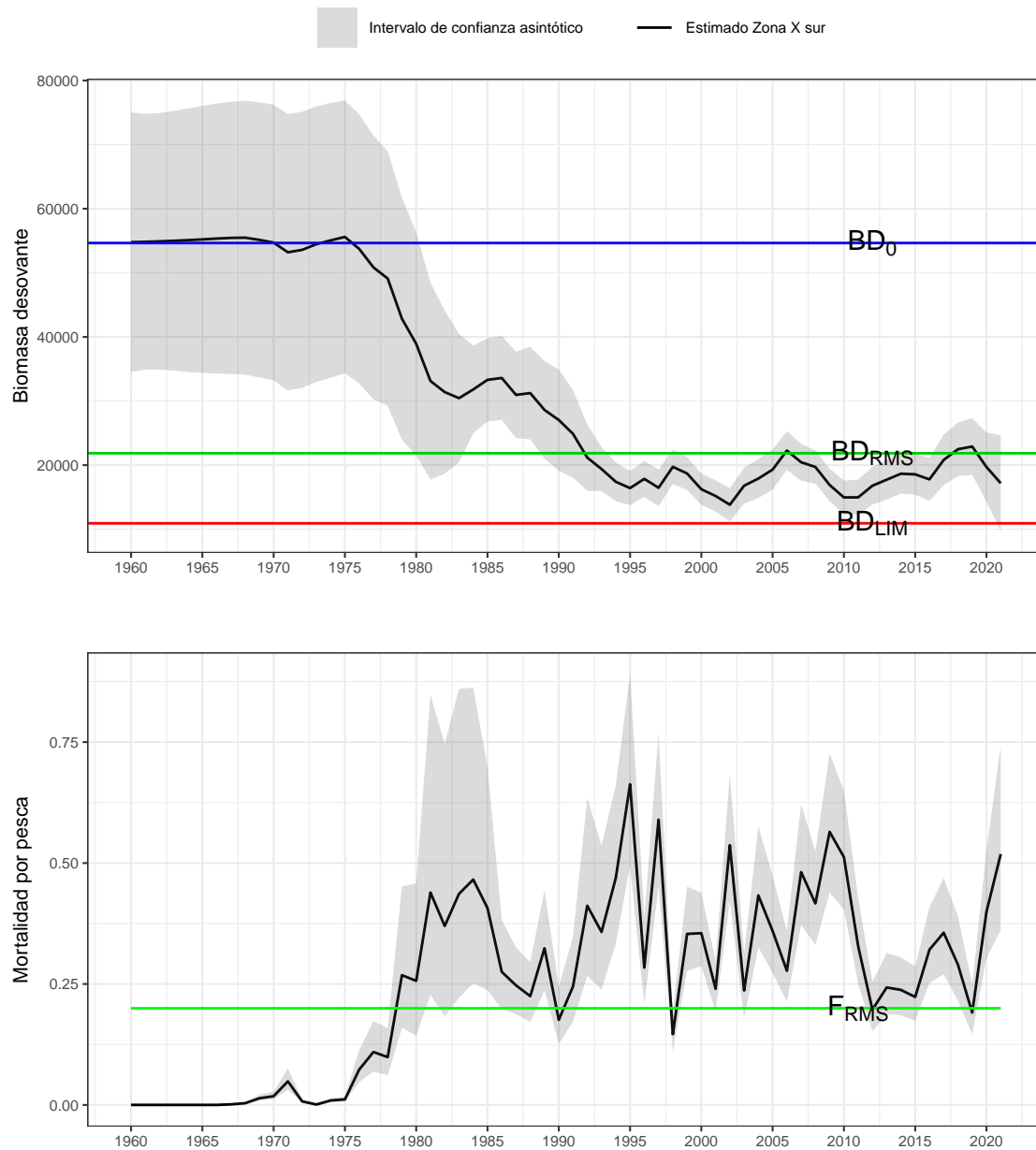


Figura 26. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona X Sur

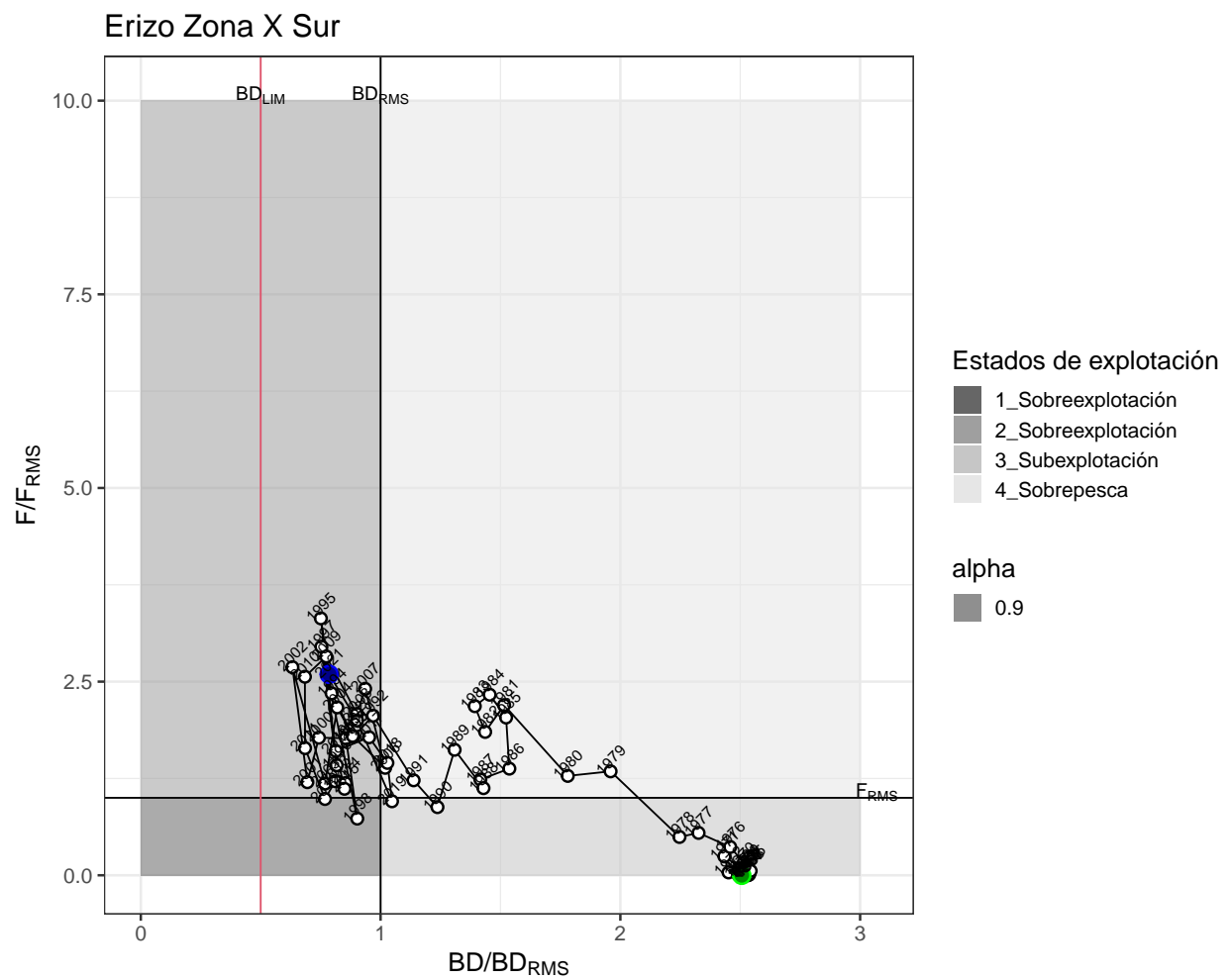


Figura 27. Diagrama de fase Erizo zona X Sur

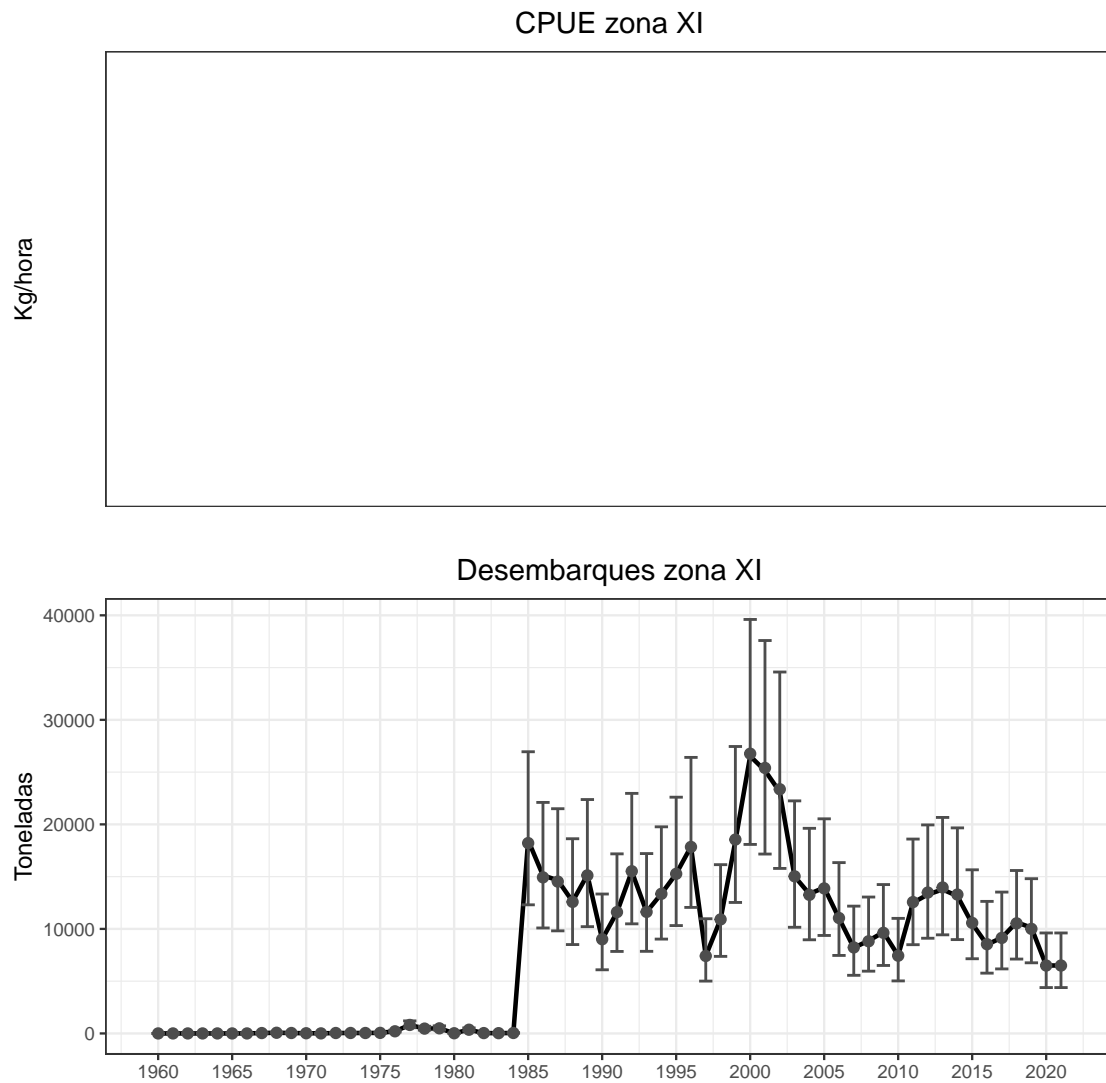


Figura 28. Ajuste del modelo a la información de CPUE, desembarque para el erizo de la zona X Sur. Los puntos representan a las observaciones junto a sus niveles de incertidumbre. La línea negra sólida muestra el valor estimado por el modelo

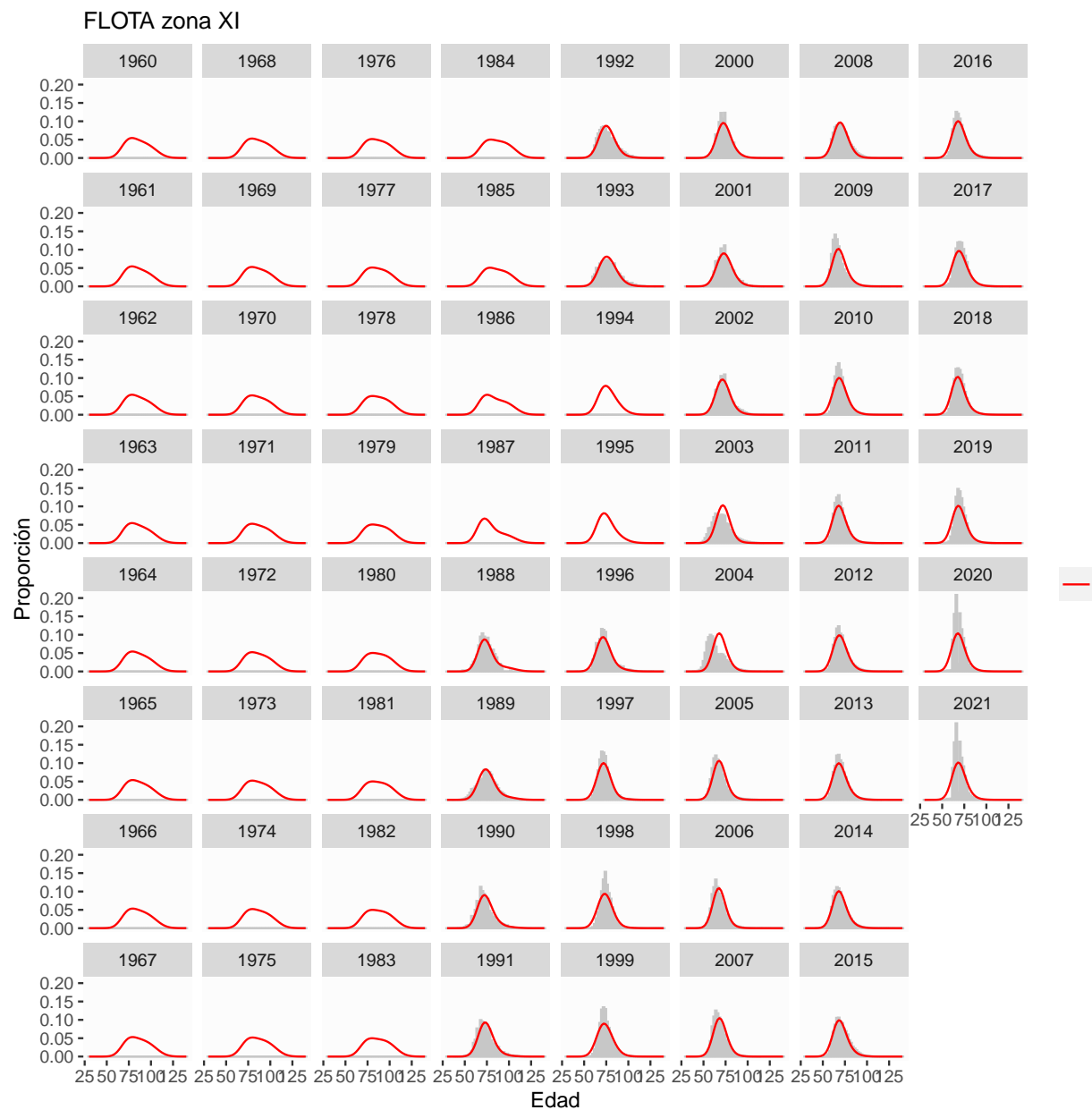


Figura 29. Ajustes de la proporción de tallas de erizo de la zona XI

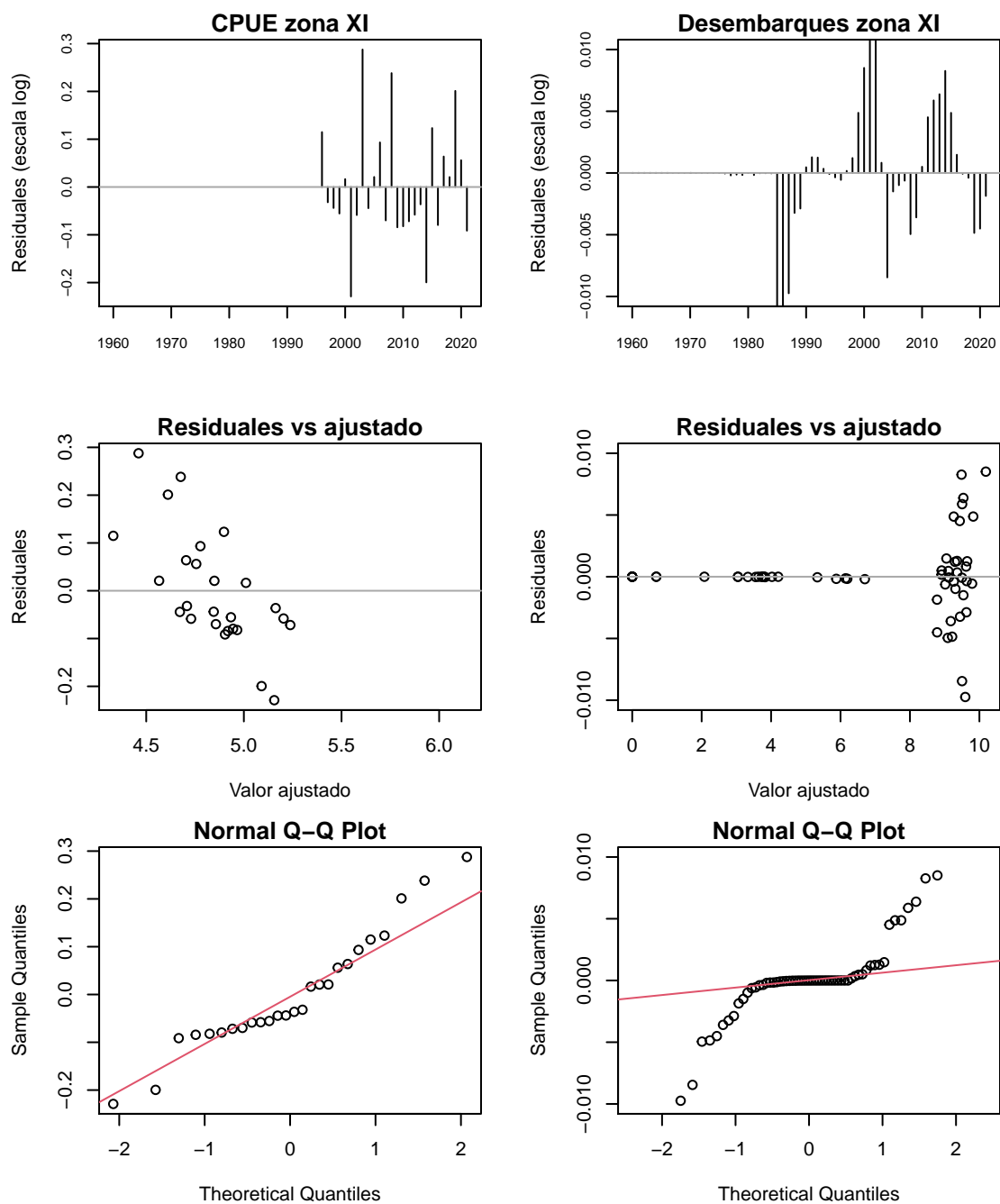


Figura 30. Residuos de la CPUE y desembarques de erizo de la zona XI

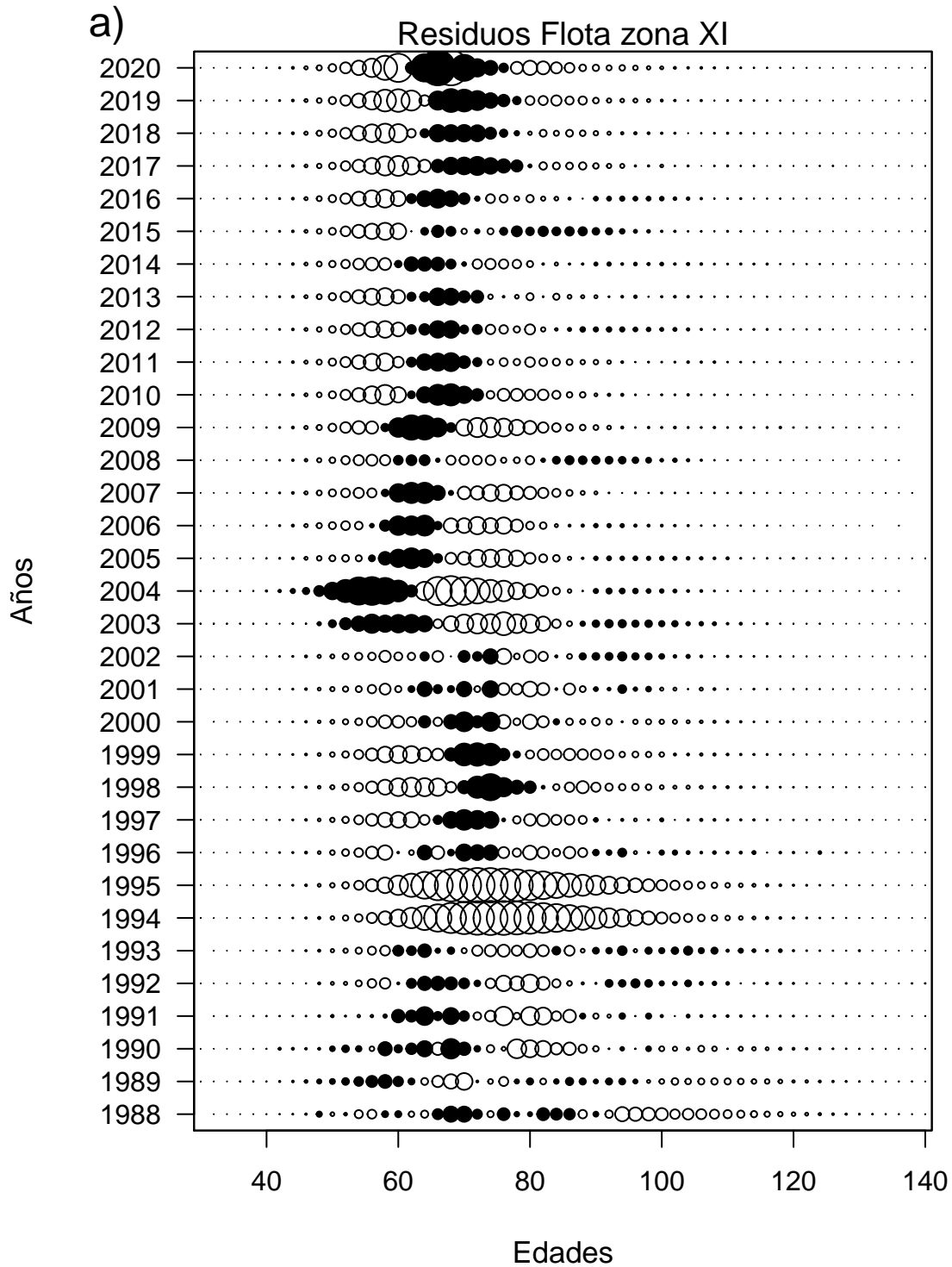


Figura 31. Residuos de la proporción de tallas de erizo de la zona XI

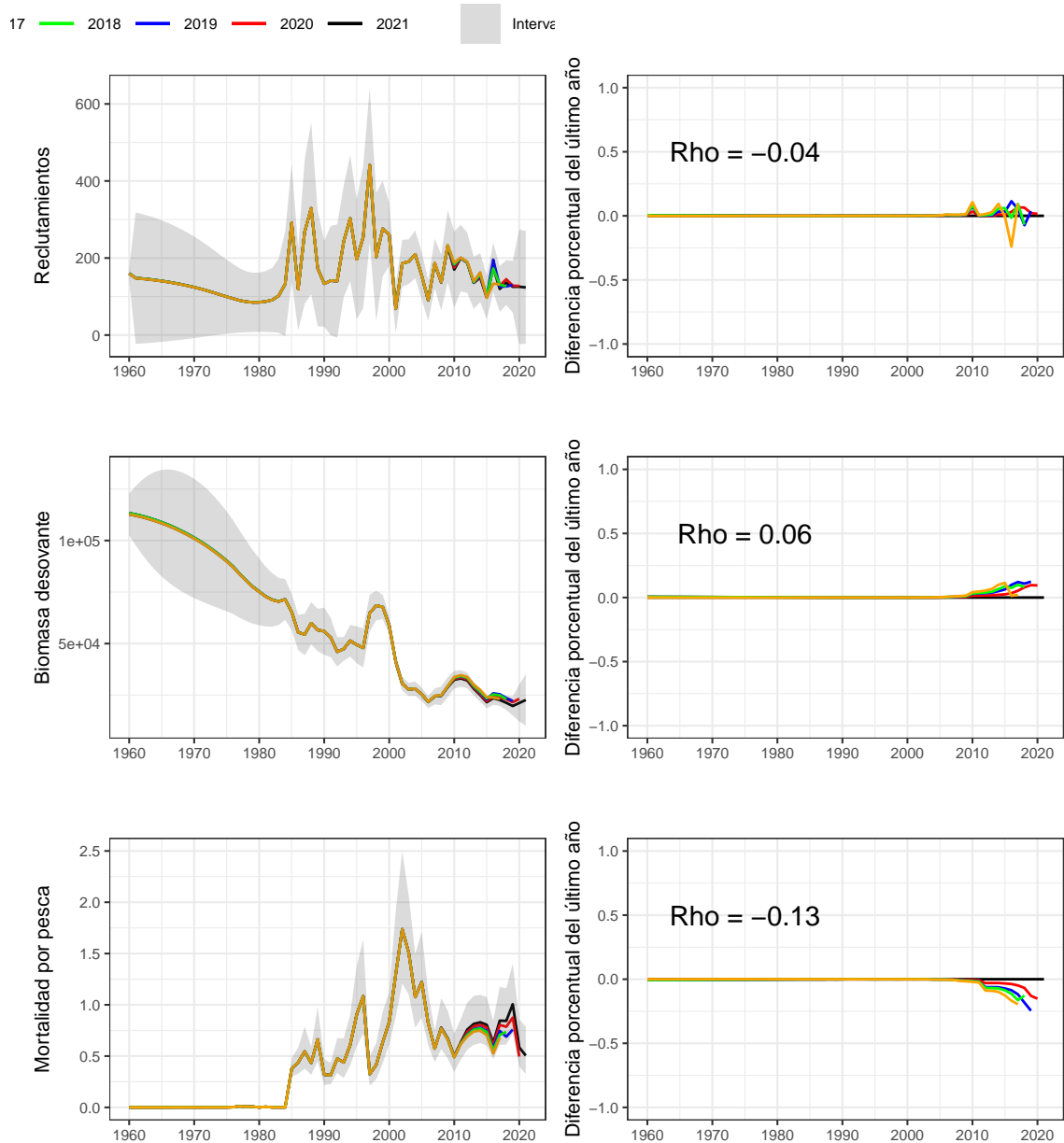


Figura 32. Patrón retrospectivo estándar (panel izquierdo) y relativo (panel derecho) de los reclutamientos

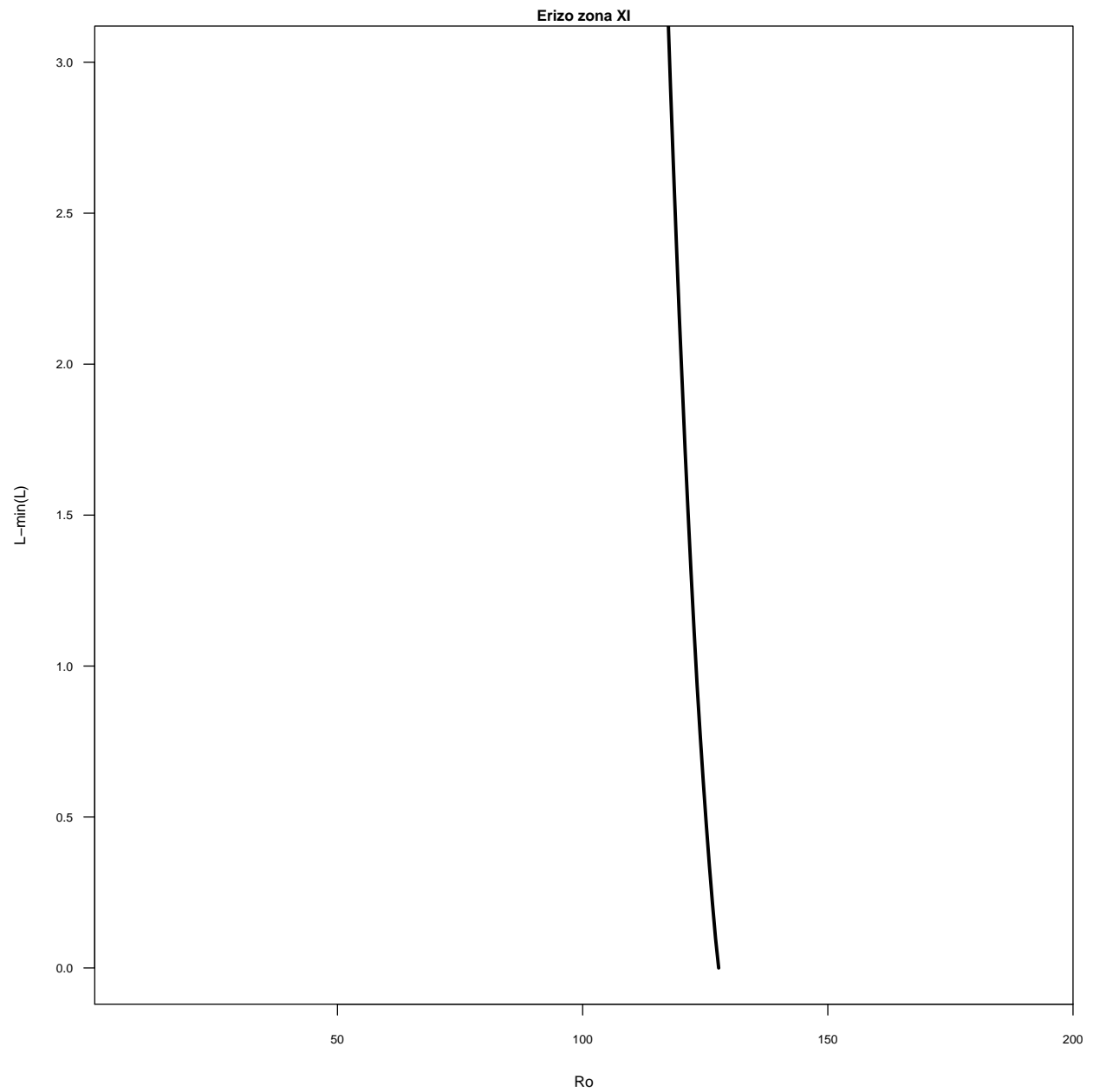


Figura 33. Perfil de verosimilitud erizo zona XI

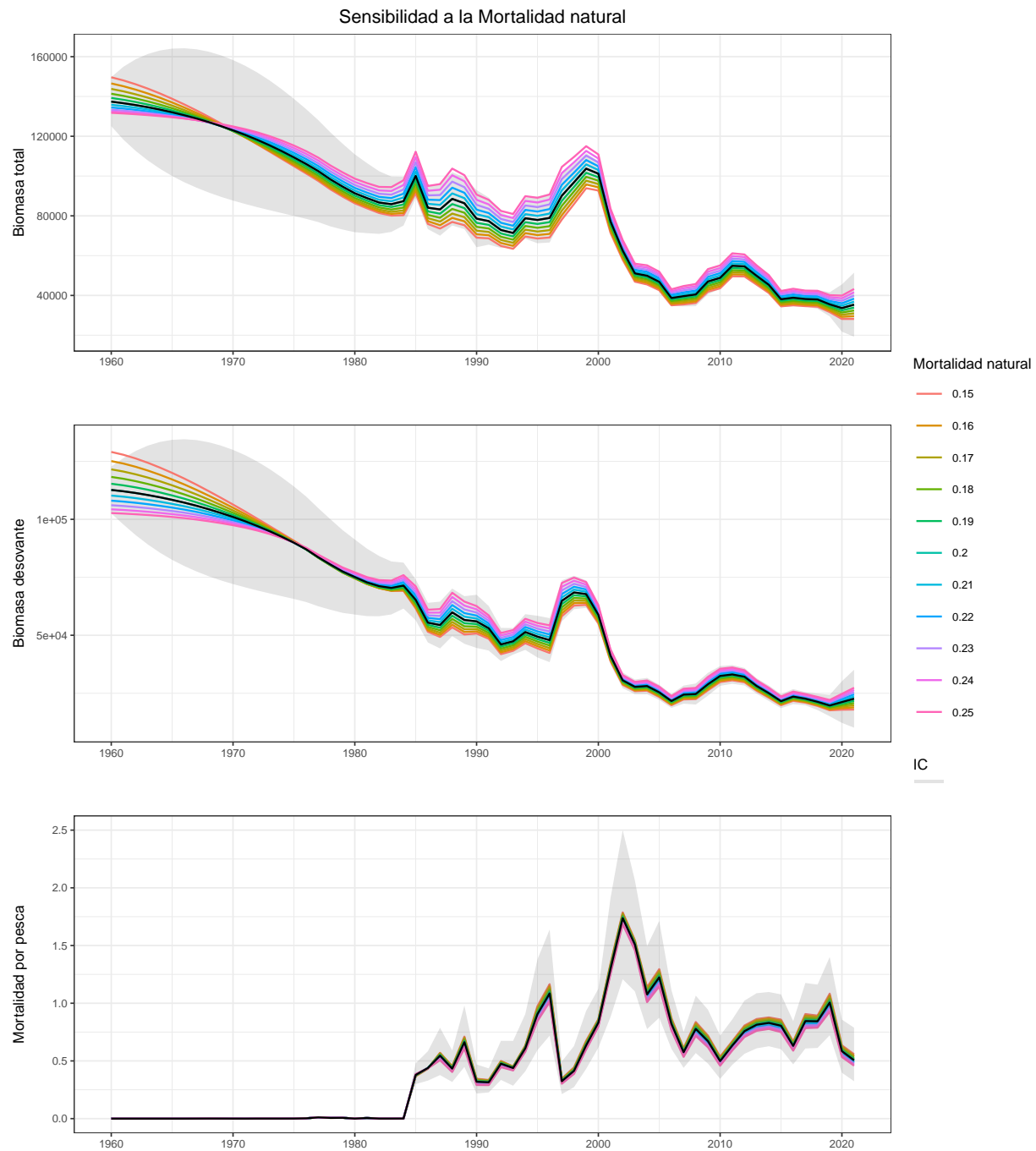


Figura 34. Análisis de sensibilidad de la Mortalidad natural de erizo de la zona XI. *La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base ($L_{oo} = 132.8$ mm y $M = 0.20$ año⁻¹)*

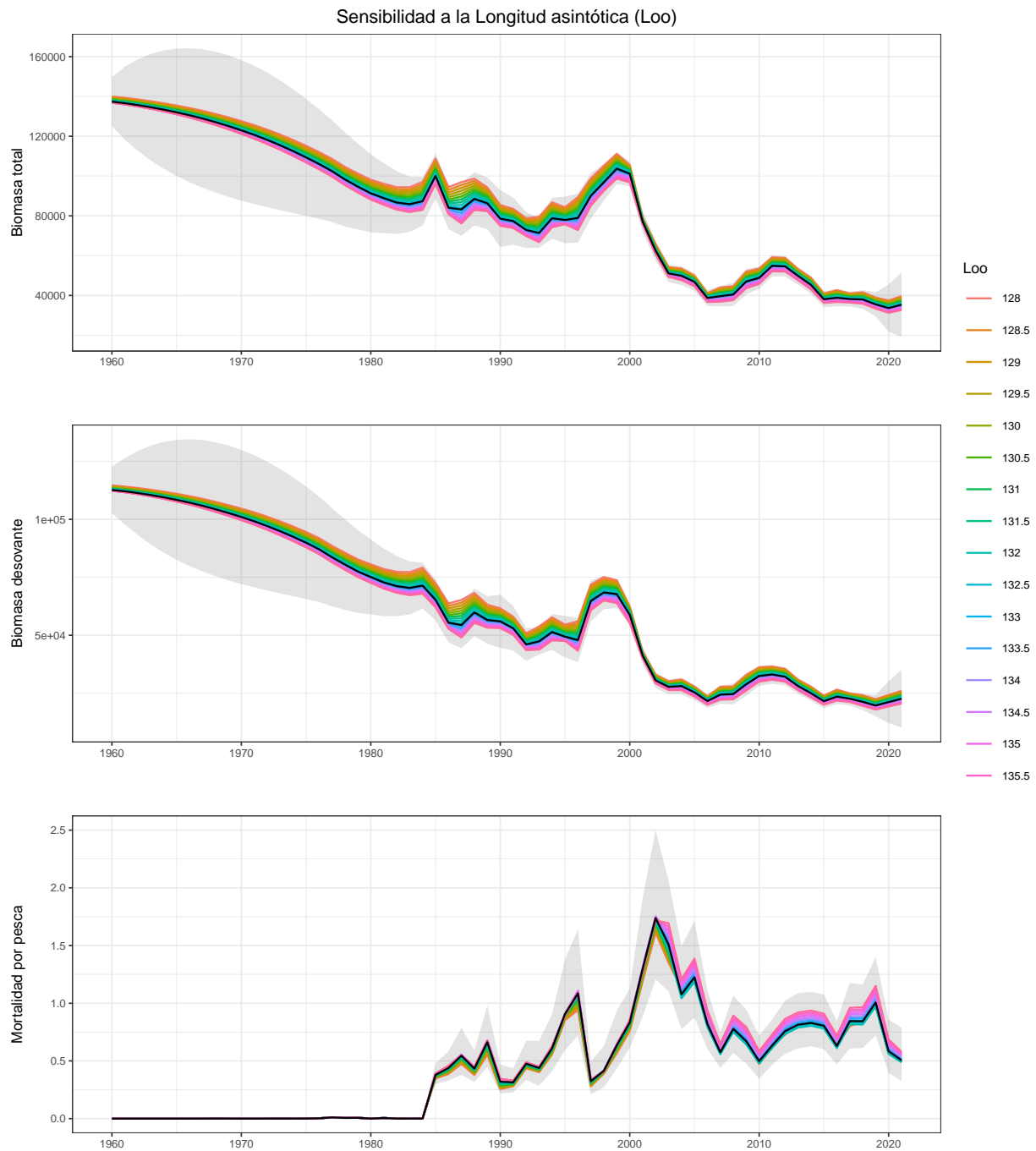


Figura 35. Análisis de sensibilidad del rango de Loo de erizo de la zona XI. *La línea negra y zona sombreada corresponde a caso base (Loo = 132.8 mm y M = 0.20 año-1)*

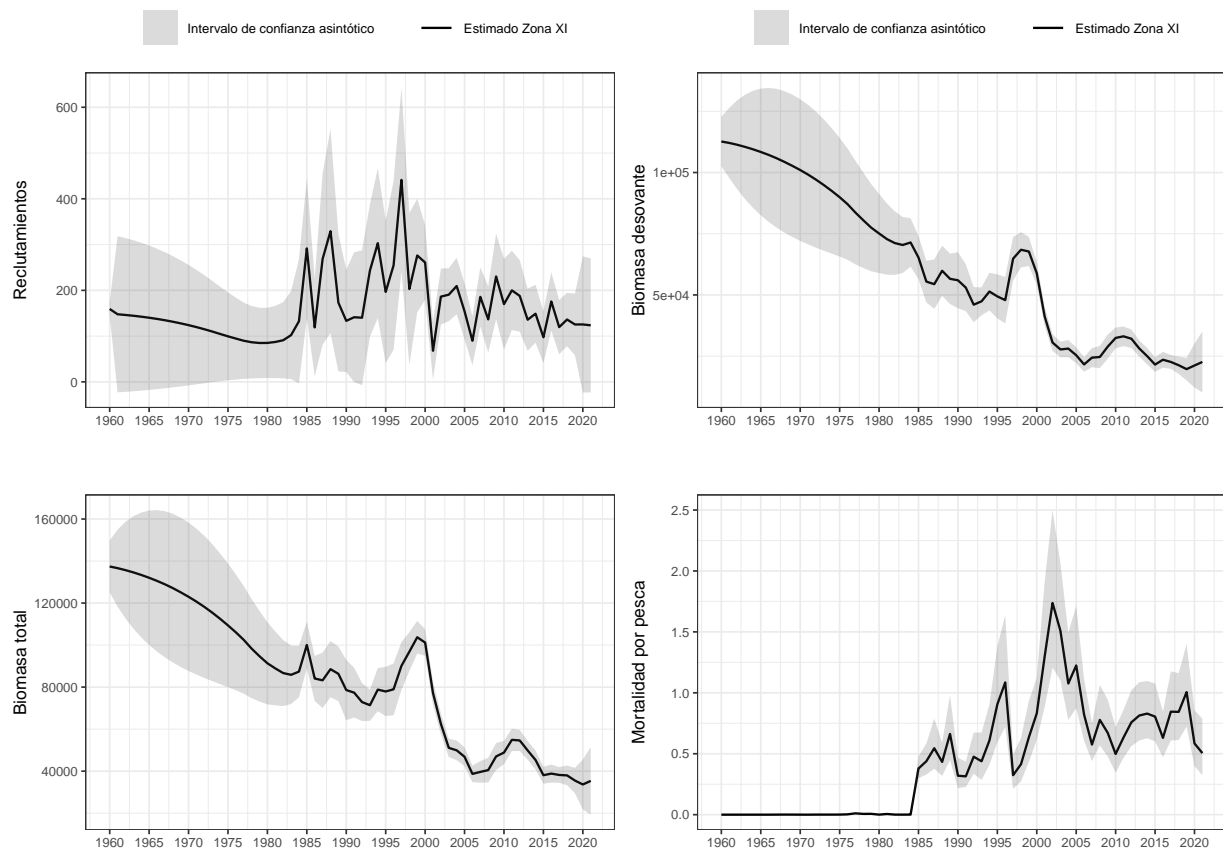


Figura 36. Variables poblacionales de Erizo zona XI

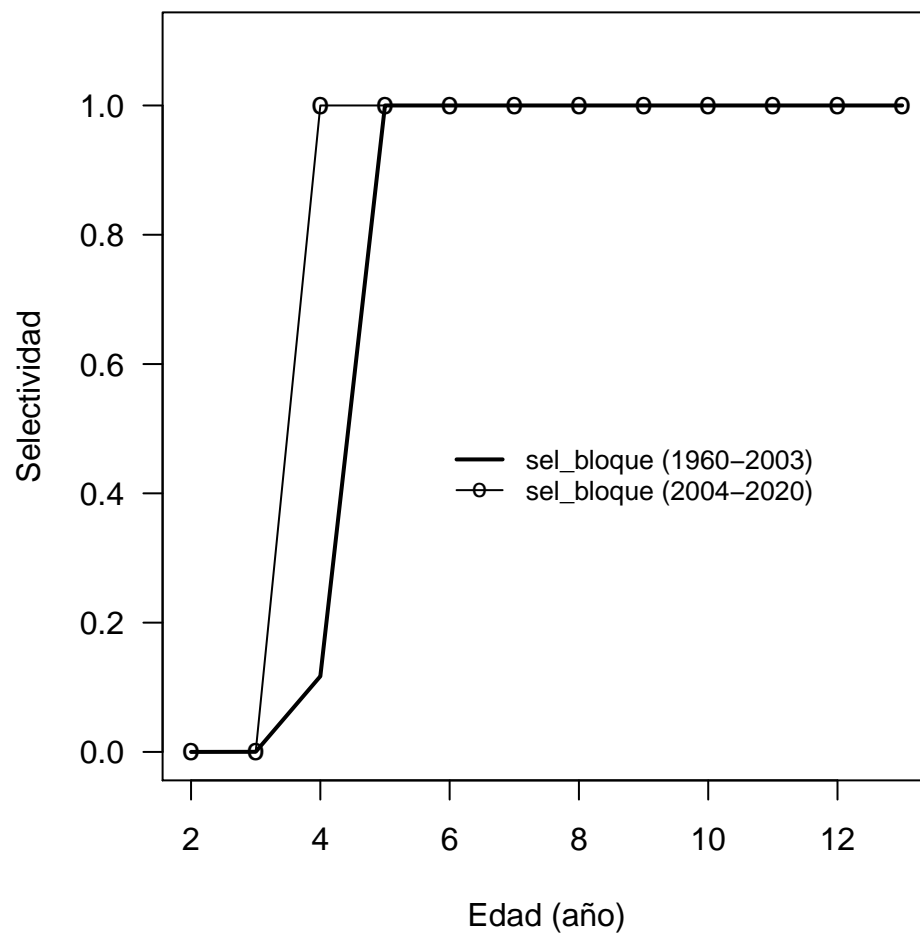


Figura 37. Selectividad de la flota de la Zona XI

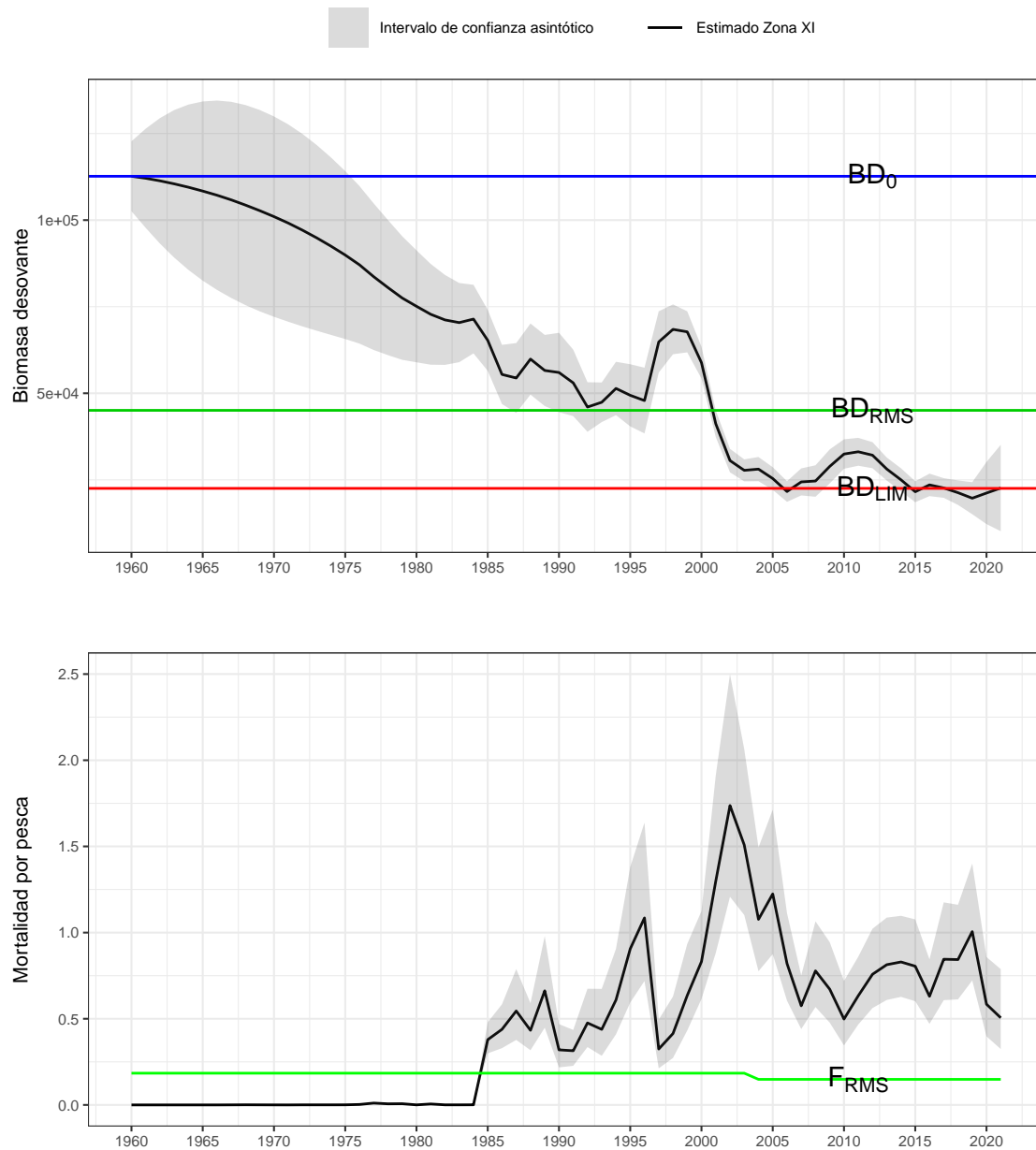


Figura 38. Puntos Biológicos de referencia de Erizo zona XI

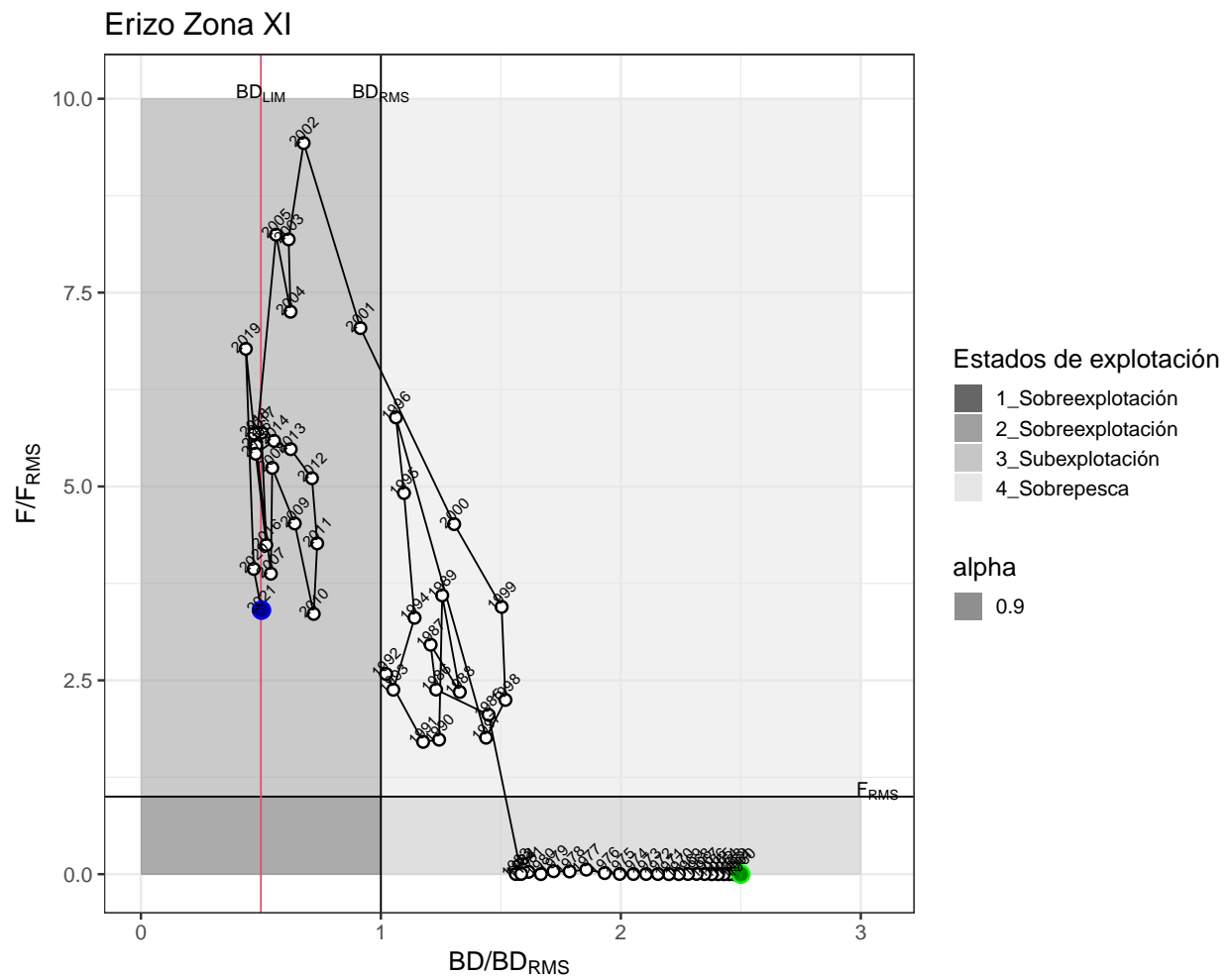


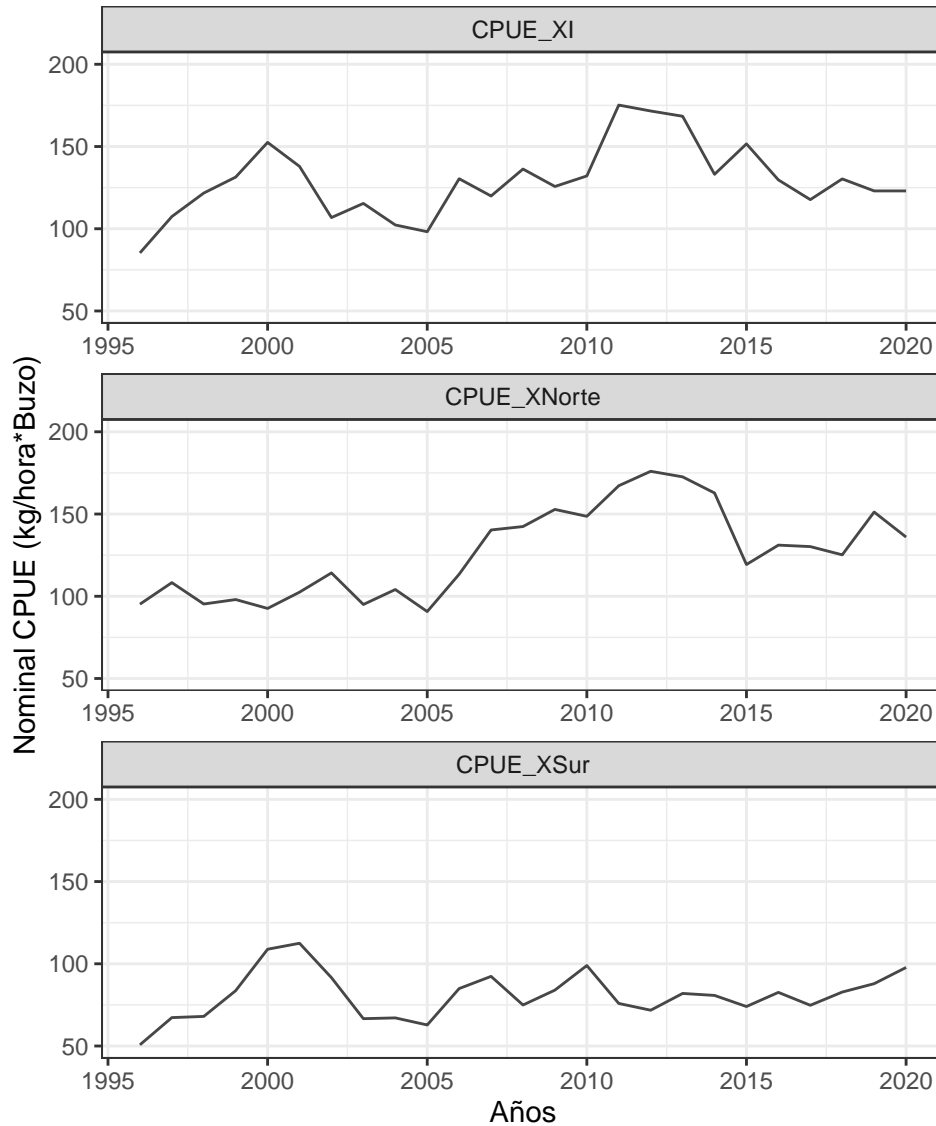
Figura 39. Diagrama de fase Erizo zona XI

3.2. Variables de estado

3.3. Puntos Biológicos de Referencia

3.4. Estatus del erizo de la Región de Aysén

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 Total por zona", align = "c")
```

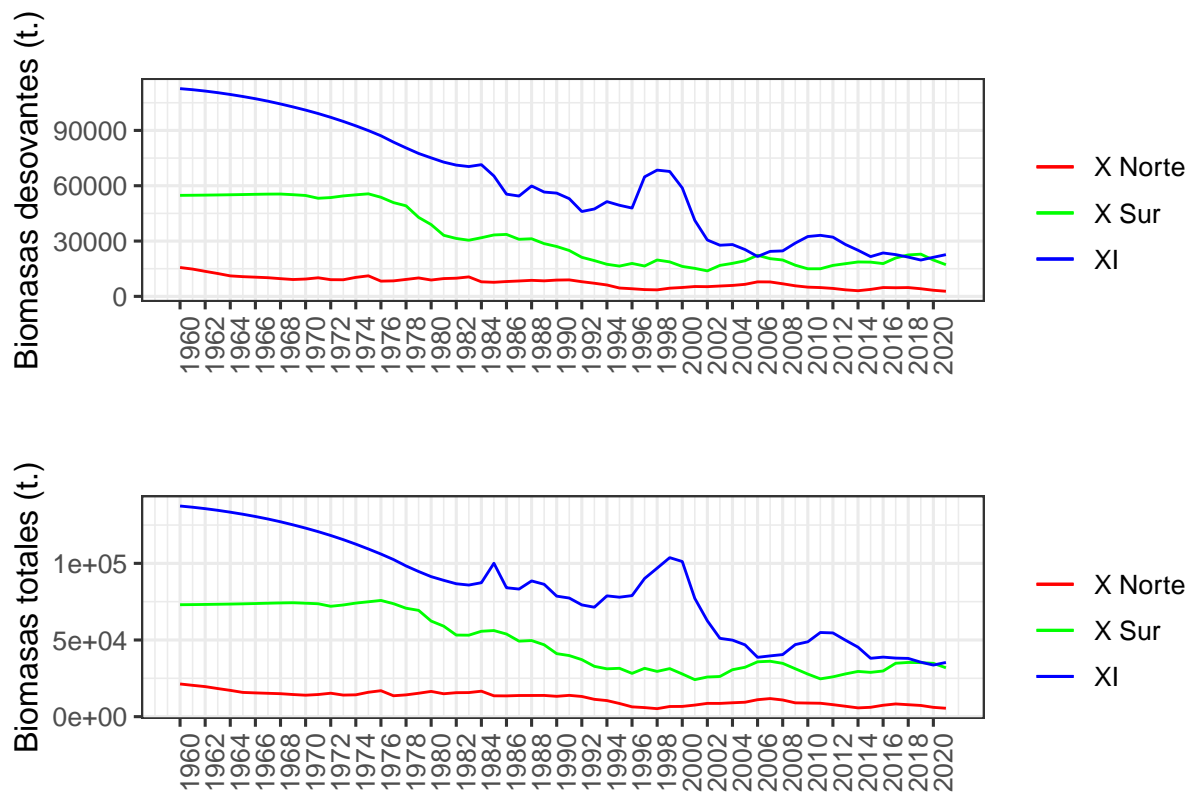


Figura 40. Biomasa Totales y Desovantes

**Tabla 1.** Biomosas Totales por zona

years	BD1	BD2	BD3	totd
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
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



years	BD1	BD2	BD3	totd
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
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