

# Lab 1 Guía Práctica Evaluación con Datos Limitados

Luis A. Cubillos

## Objetivos

### General

Aplicar algunos métodos de evaluación con datos limitados analizar el estatus y reconocer limitaciones.

### Específicos

1. Evaluación del estatus aplicando LBSPR a datos de frecuencia de longitudes.
2. Evaluación del estatus aplicando un método basado sólo en capturas.

## Tópicos

1. Evaluación de pesquerías con datos limitados.
2. Muestras de distribución de frecuencia de longitudes.
3. Parámetros de historia de vida ( $M$ ,  $K$ ,  $L_\infty$ ).
4. Series de tiempo de capturas.
5. Clasificación de estatus en base a  $C_{max}$ .
6. Métodos basados sólo en captura (Only-catch).

## Datos

1. Frecuencia de tallas de la pesquería artesanal de reineta, *Brama australis* (Chile), en el periodo 2004-2017. Los datos fueron obtenidos del “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Centro-Sur” y “Programa de Seguimiento de Pesquerías Demersales Zona Sur-Austral” del Instituto de Fomento Pesquero de Chile.
2. Capturas anuales de reineta en Chile, periodo 1994-2020.
3. Capturas anuales de jibia, *Dosidicus gigas*, en el Pacífico Suroriental (Area 87). Datos recopilados de distintas fuentes por Payá (2018).

## Métodos

1. LBSPR (Hordyk et al., 2015a,b)
2. CMSY2 (Froese et al., 2017)
3. OCOM (Zhou et al., 2017a)
4. zBRT (Zhou et al., 2017b)

## Instalación de packages

```
install.packages("LBSPR")
devtools::install_github("cfree14/datalimited2")
```

## Modelo basado en tallas

### LBSPR

El método provee de una estimación de la razón desovante potencial (SPR), que en términos generales consiste en una razón en equilibrio entre el potencial reproductivo ( $EPR$ ) de una población explotada respecto de una condición no explotada, i.e.,

$$SPR = \frac{EPR_F}{EPR_{F=0}}$$

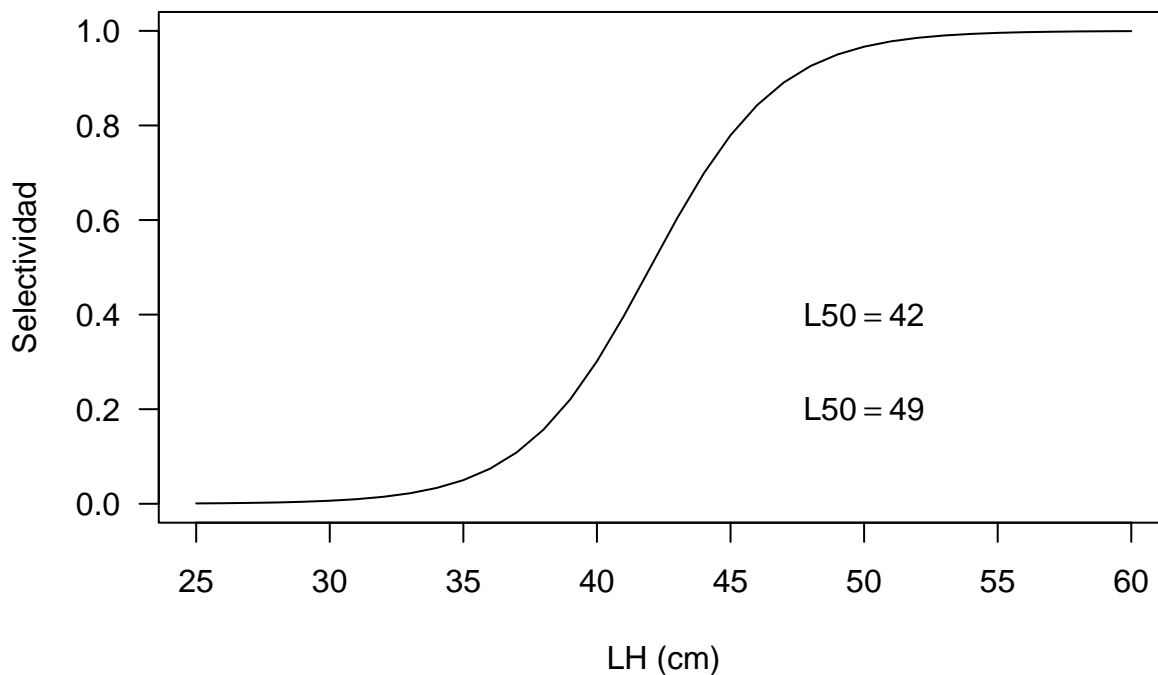
El objetivo del método es estimar SPR a partir de datos de frecuencia de tallas. Asimismo, el método estima los parámetros de la curva de selectividad logística ( $L_{50}$ ,  $L_{95}$ ), y la razón entre la mortalidad por pesca y mortalidad natural  $F/M$ .

La selectividad a la talla se expresa usualmente por:

$$S_l = \frac{1}{1 + \exp(-\log(19)(l - L_{50})/(L_{95} - L_{50}))}$$

donde  $l$  es la talla media,  $L_{50}$  es la talla a la cual se vulnera el 50% de los individuos, y  $L_{95}$  es la talla a la cual se vulnera 95% de los individuos. Visualmente es una curva asintótica, i.e.,

```
l = seq(25,60,1)
L50 = 42
L95 = 49
Sj = 1/(1+exp(-log(19)*(1-L50)/(L95-L50)))
plot(l,Sj,ylim=c(0,1),las=1,type="l",ylab="Selectividad",xlab="LH (cm)")
text(50,0.4,expression(L50==42))
text(50,0.2,expression(L50==49))
```



Para evaluar el estatus, se requiere a lo menos:

- Una muestra representativa de la estructura de tamaños de la fracción vulnerable a la pesca.
- Parámetros: a) razón  $M/K$ ,  $L_{\infty}$

- Es un modelo basado en el equilibrio, de tal manera que varias opciones son posibles aquí.
- Permite simular la estructura de tallas esperada, crecimiento y curvas SPR y estatus.
- Ajuste a datos de longitud empíricos o estructura de tallas para estimar la razón de potencial reproductivo.

**Preparación de los datos** La preparación de los datos de frecuencia de longitudes deben considerar los puntos medios de las clases de longitud en la primera columna, y valores numéricos para la frecuencia en columnas. Las medidas de longitud deben ser números, y cada columna representa un año diferente.

Por ejemplo, las primeras cuatro filas de los datos de frecuencia de tallas de reineta:

```
lfd_reineta = read.csv("LFD_Brama_artesanal_total.csv")
knitr::kable(head(lfd_reineta,4))
```

LH	X2004	X2005	X2006	X2007	X2008	X2009	X2010	X2011	X2012	X2013	X2014	X2015	X2016	X2017
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	2

**Parámetros de historia de vida** Los parámetros de historia de vida fueron obtenidos de Moyano et al. (2017), según Leal et al. (2017)

$$L_{\infty} = 56.9cm$$

$$K = 0.18$$

$$M = 0.35$$

$$M/K = 1.9$$

$$Lm = 37.7cm \text{ (} L50 = 37.7cm \text{ y } L95 = 43cm \text{ )}$$

## Modelos

- Modelos:

**M1** : toda la serie de años

**M2** : promedio móvil de 5 años, centrados en el tercero.

**Estimación** La preparación de los datos de frecuencia de tallas y ajuste del modelo:

```
library(LBSPR)
MyPars <- new("LB_pars")
MyPars@Species <- "Reineta"
#NOTA:La maxima longitud no puede ser menor que Linf
MyPars@Linf <- 56.9 # parametros Moyano
# Madurez
MyPars@L50 <- 37.7 #LEAL et al.2017
MyPars@L95 <- 43
#calcular M/K Langostino
MyPars@MK <- 1.94 #IFOP M=0.35, K=0.18
MyPars@L_units <- "cm"
Brama_LFD1 <- new("LB_lengths",
                  LB_pars=MyPars,
```

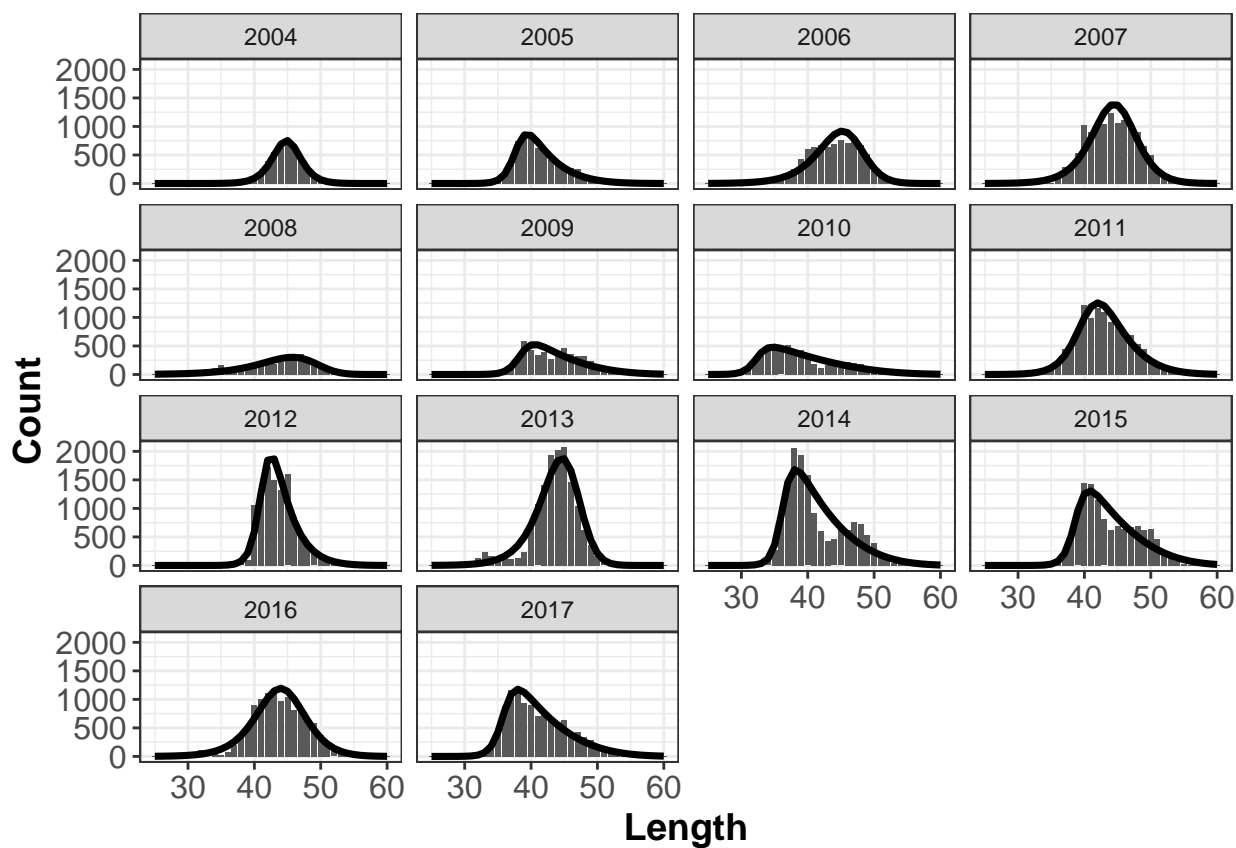
```

file="LFD_Brama_artesanal_total.csv",
dataType="freq",header=TRUE)
Brama_M1 <- LBSPRfit(MyPars, Brama_LFD1)

```

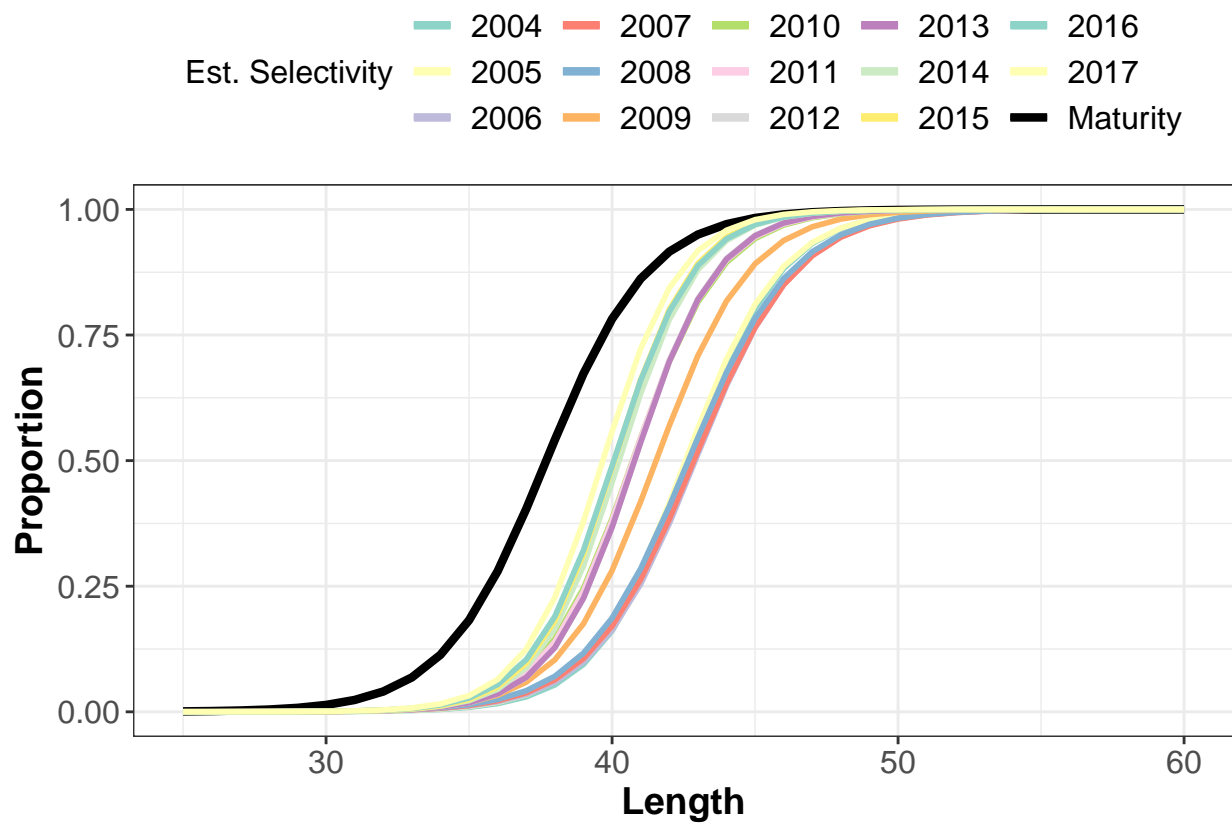
El ajuste del modelo M1 a los datos

```
plotSize(Brama_M1)
```



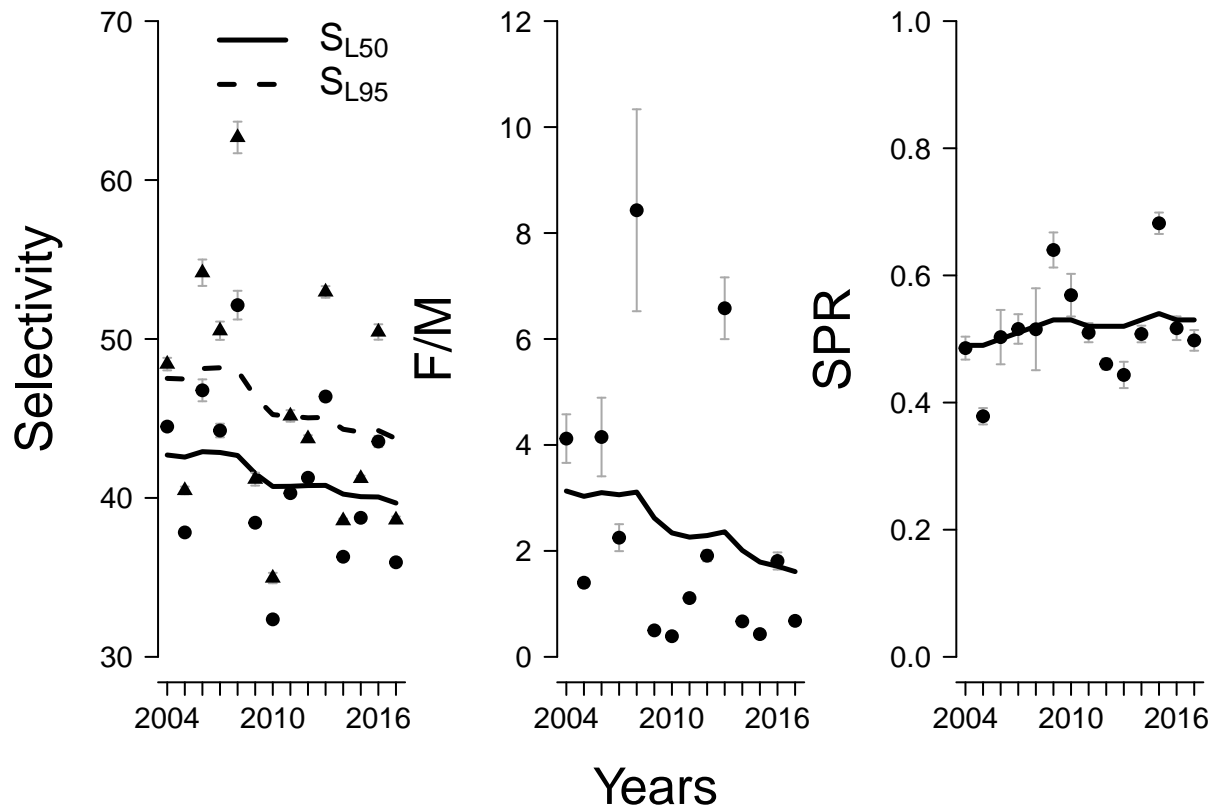
Los resultados del ajuste:

```
plotMat(Brama_M1)
```



Las estimaciones para el modelo M1

```
plotEsts(Brama_M1)
```



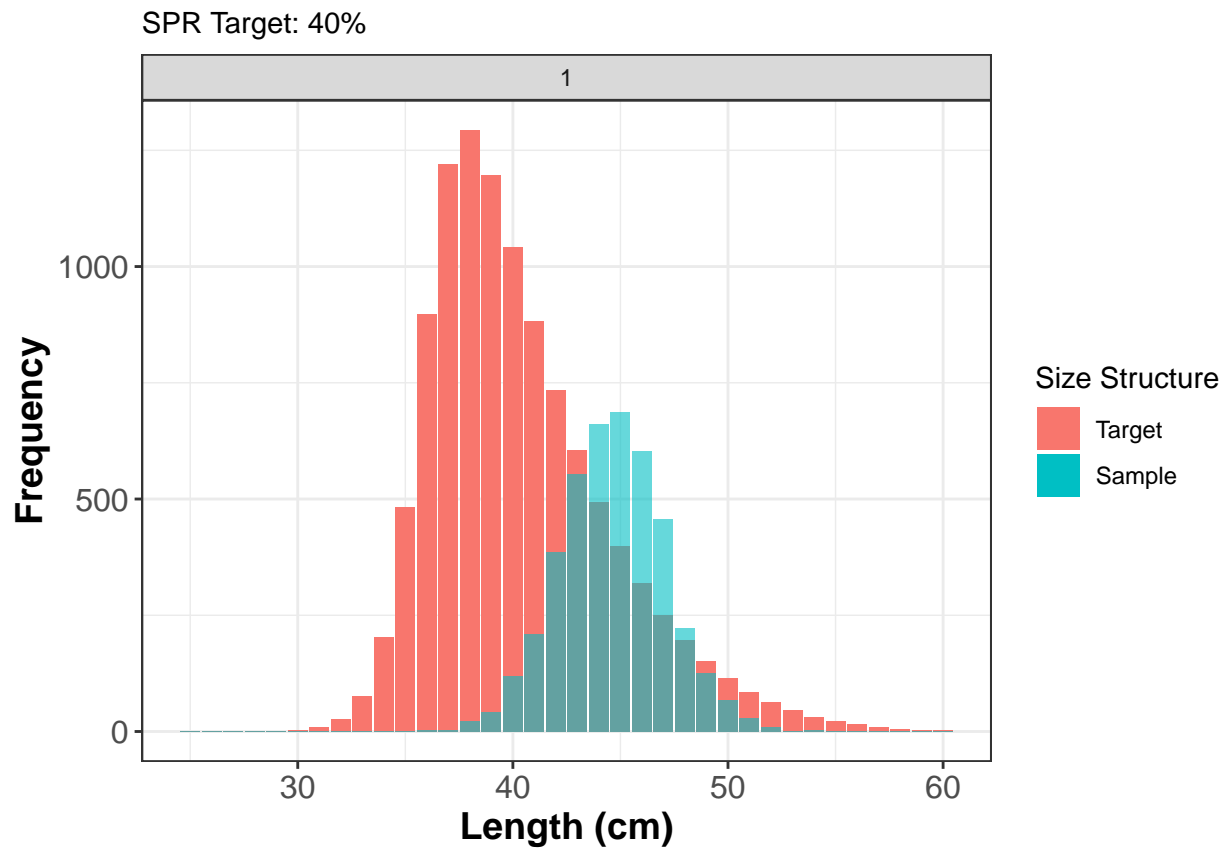
Los parámetros de selectividad M1

Brama\_M1@Ests

```
##      SL50  SL95   FM  SPR
## [1,] 42.70 47.52 3.13 0.49
## [2,] 42.57 47.48 3.03 0.49
## [3,] 42.91 48.14 3.10 0.50
## [4,] 42.86 48.19 3.06 0.51
## [5,] 42.67 48.01 3.11 0.52
## [6,] 41.54 46.37 2.62 0.53
## [7,] 40.72 45.24 2.34 0.53
## [8,] 40.73 45.14 2.26 0.52
## [9,] 40.78 45.04 2.29 0.52
## [10,] 40.79 45.07 2.36 0.52
## [11,] 40.24 44.32 2.01 0.53
## [12,] 40.08 44.14 1.79 0.54
## [13,] 40.06 44.24 1.71 0.53
## [14,] 39.68 43.73 1.61 0.53
```

La comparación con el Objetivo de Manejo M1, suponiendo que el PBR objetivo es 40% de la biomasa desovante inexplorada

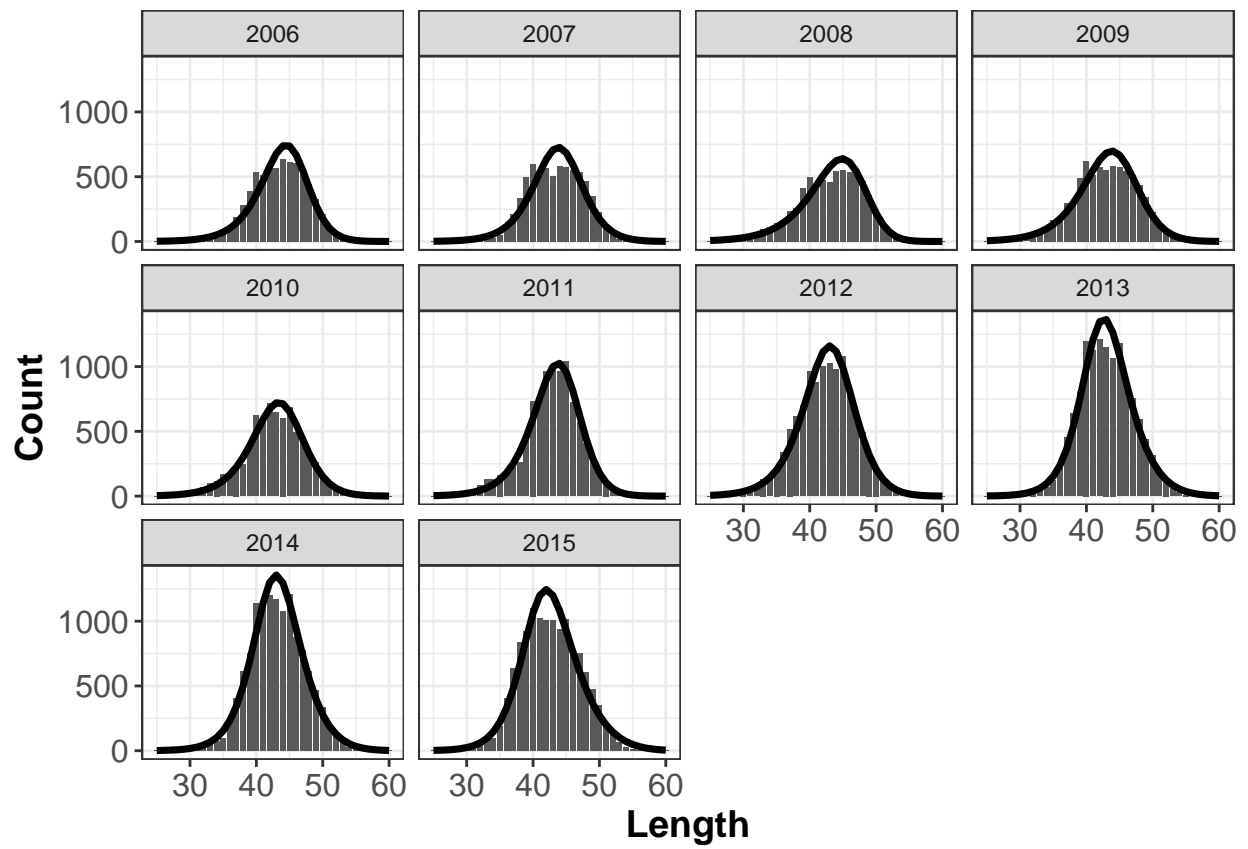
```
MyPars@SPR <- 0.4
yr <- 14
MyPars@SL50 <- Brama_M1@SL50[yr]
MyPars@SL95 <- Brama_M1@SL95[yr]
plotTarg(MyPars, Brama_LFD1, yr=yr)
```



Al considerar que LBSPR consiste en un modelo de equilibrio, una alternativa de preparación de los datos consiste en un promedio móvil de cinco años, indicando el tercer año como el indicador de años

El ajuste del modelo M2 a los datos

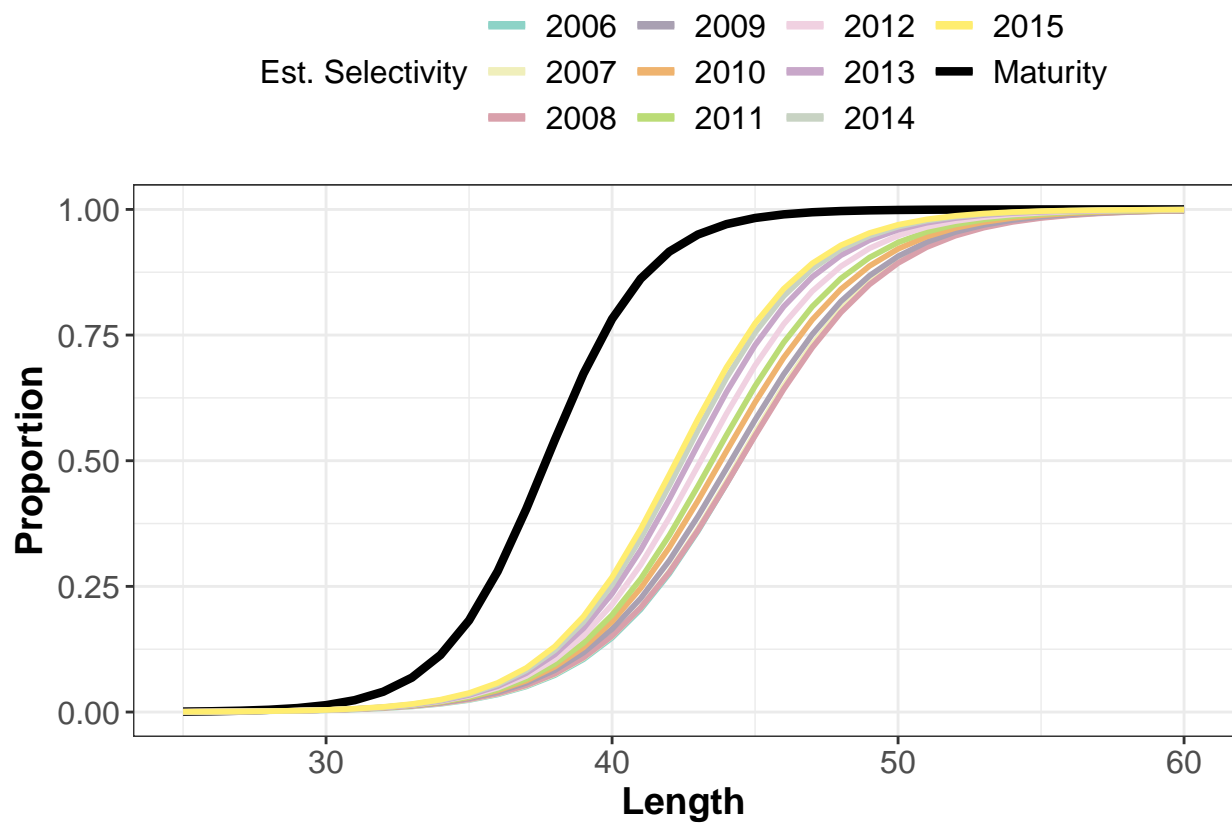
```
plotSize(Brama_M2)
```



Los resultados del ajuste:

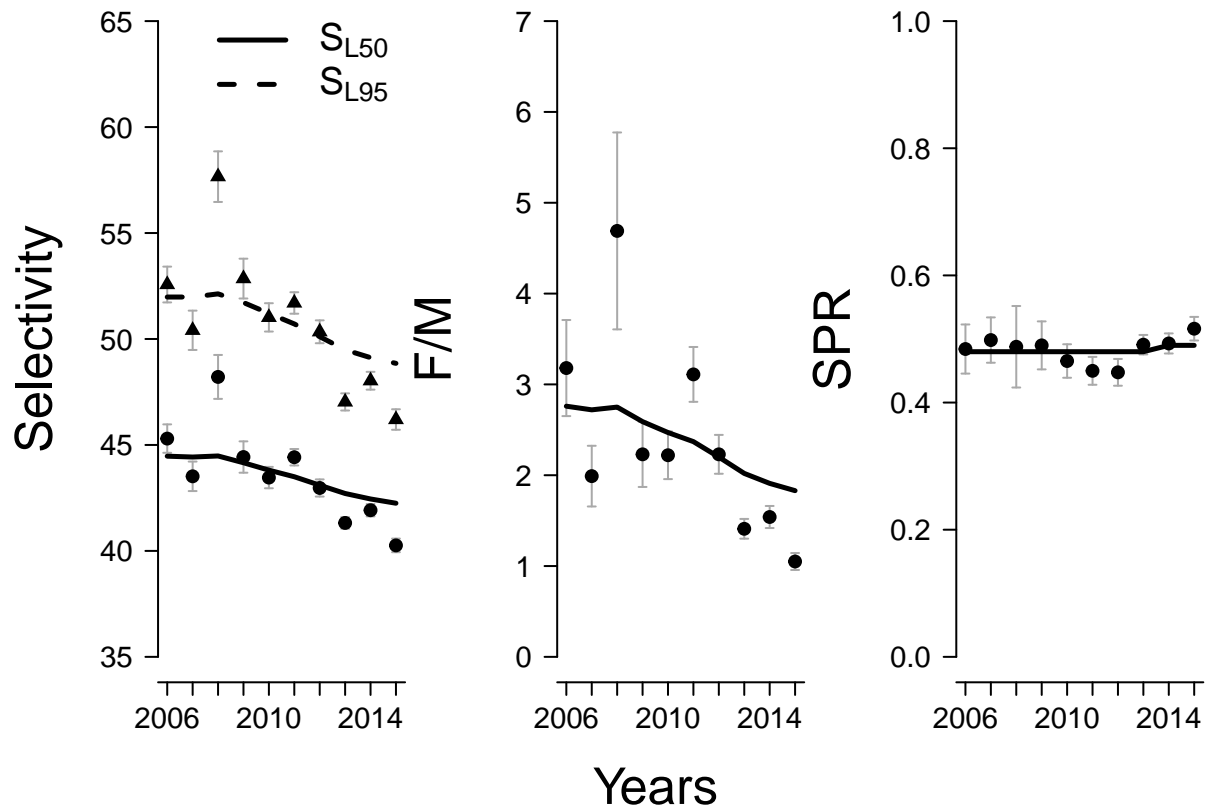
```
plotMat(Brama_M2)
```





Las estimaciones para el modelo M1

```
plotEsts(Brama_M2)
```



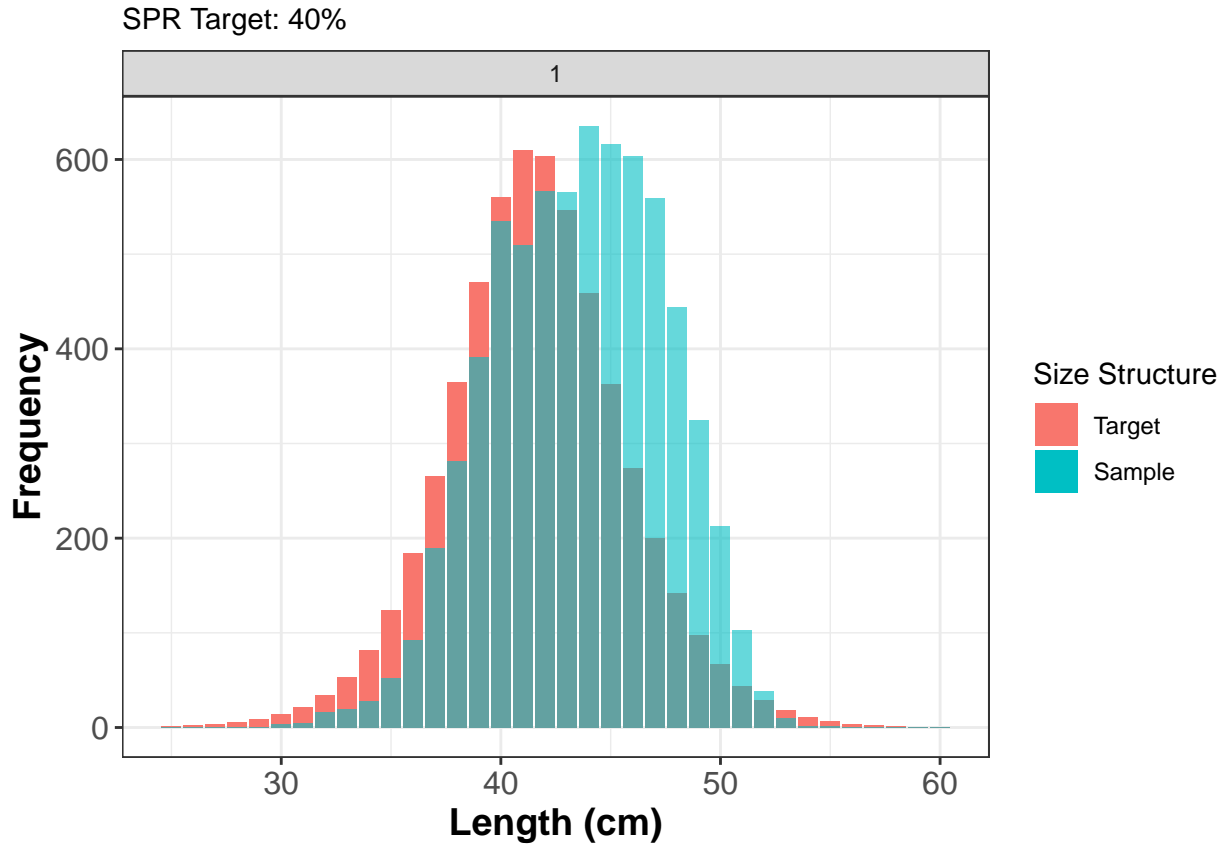
Los parámetros de selectividad M1

Brama\_M2@Ests

```
##      SL50  SL95   FM  SPR
## [1,] 44.47 51.98 2.76 0.48
## [2,] 44.43 51.98 2.72 0.48
## [3,] 44.48 52.13 2.75 0.48
## [4,] 44.16 51.72 2.59 0.48
## [5,] 43.81 51.21 2.47 0.48
## [6,] 43.50 50.71 2.37 0.48
## [7,] 43.10 50.11 2.20 0.48
## [8,] 42.71 49.49 2.02 0.48
## [9,] 42.45 49.12 1.91 0.49
## [10,] 42.25 48.85 1.83 0.49
```

La comparación con el Objetivo de Manejo M2, suponiendo que el PBR objetivo es 40% de la biomasa desovante inexplorada, se obtiene:

```
MyPars@SPR <- 0.4
yr <- 10
MyPars@SL50 <- Brama_M2@SL50[yr]
MyPars@SL95 <- Brama_M2@SL95[yr]
plotTarg(MyPars, Brama_LFD2, yr=yr)
```



## Métodos basados en datos de captura

Los modelos que se utilizarán son tres de los más comunes, y consisten en estimaciones de estatus según el modelo de excedentes de producción logístico para el modelo de biomasa dinámica dada por:

$$B_{t+1} = B_t + rB_t(1 - B_t/k) - C_t$$

donde  $B_t$  es la biomasa del stock en el año  $t$ ,  $r$  es la tasa intrínseca de crecimiento poblacional (i.e.,  $r_{max}$ ),  $k$  es la capacidad de carga (no confundir con el coeficiente de crecimiento corporal de von Bertalanffy), en tanto que  $C_t$  es la captura en el año  $t$ .

El marco biológico para la explotación por defecto, viene dado por los siguientes puntos biológicos de referencia:

Biomasa inexplorada:  $B_0 = k$

Biomasa objetivo:  $B_{RMS} = k/2$

Biomasa límite:  $B_{lim} = k/4$

Rendimiento máximo sostenido:  $RMS = rK/4$

Mortalidad por pesca objetivo:  $F_{RMS} = r/2$

## Datos de captura

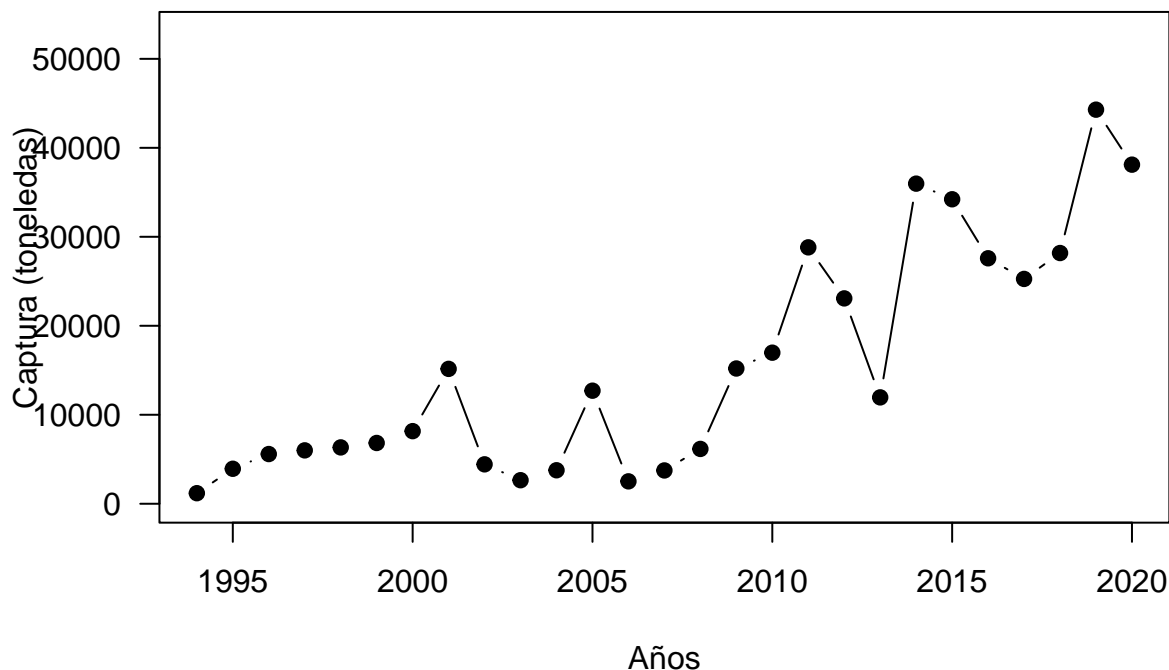
Los datos de captura de reineta consisten en una serie de tiempo que cubre 27 años, desde 1994 a 2020, i.e.,

```
reineta <- structure(list(
  yr = 1994:2020,
```

```
ct = c(1186, 3930, 5585, 5998, 6332, 6828, 8159, 15156, 4429, 2645, 3764, 12707, 2517, 3743, 6160, 15156, 4429, 2645, 3764, 12707, 2517, 3743, 6160, 15156, 4429, 2645, 3764, 12707, 2517, 3743, 6160, 15156)
.Names = c("yr", "ct"),
class = "data.frame",
row.names = 1:27)
```

Un gráfico de las capturas clásico se puede representar por:

```
library(datalimited2)
yt <- reineta$ct
captura_reineta <- ts(yt, start = 1994, frequency = 1)
plot(captura_reineta, ty="b", pch=19, ylim=c(0, max(reineta$ct)*1.2), las=1, ylab="Captura (toneledas)", xlab="Años")
```



Modelos OCm1: CMSY2

OCm2: OCOM

OCm3: zBRT

**Estimación** El modelo CMSY2 corresponde al método propuesto por Froese et al. (2017) en base a indicadores de resiliencia que pueden ser consultados en FISHBASE, mediante la función `resilience(species="Brama australis")`. Sin embargo, la resiliencia no está disponible para esta especie y se asume que puede ser alta. Luego, la estimación es:

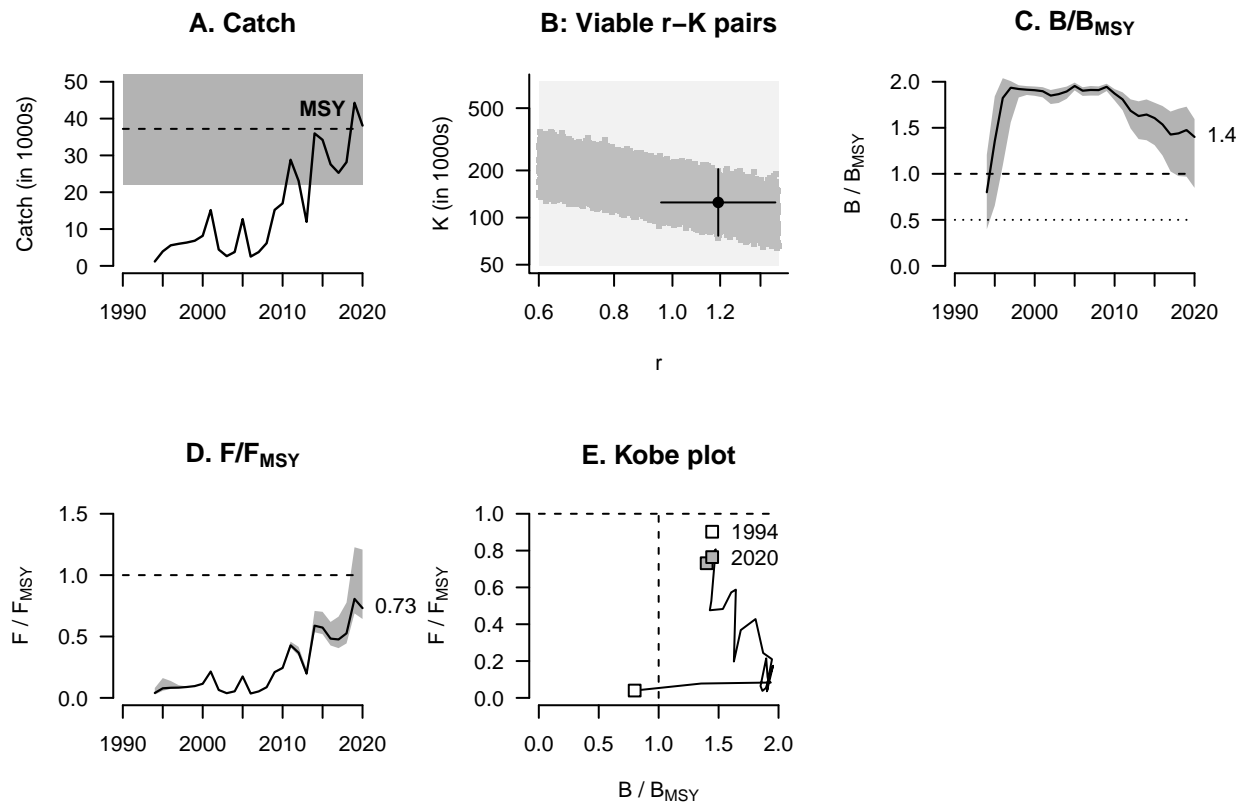
```
catch = reineta$ct
yr = reineta$yr
OCm1 = cmsy2(year=yr, catch=catch, resilience="High")

## startbio= 0.2 0.6 default , intbio= 2015 0.5 0.9 default , endbio= 0.4 0.8 default
## First Monte Carlo filtering of r-k space with 10000 points...
##
## Found 31556 viable trajectories for 3445 r-k pairs
## -----
## Catch data used from years 1994 - 2020
## Prior initial relative biomass = 0.2 - 0.6 default
```

```
## Prior intermediate rel. biomass= 0.5 - 0.9 in year 2015 default
## Prior final relative biomass = 0.4 - 0.8 default
## Prior range for r = 0.6 - 1.5 default , prior range for k = 49.1 - 737
##
## Results of CMSY analysis
## -----
## Altogether 31556 viable trajectories for 3445 r-k pairs were found
## r = 1.19 , 95% CL = 0.957 - 1.48 , k = 125 , 95% CL = 76.5 - 204
## MSY = 37.2 , 95% CL = 21.8 - 63.4
## Relative biomass in last year = 0.7 k, 2.5th perc = 0.424 , 97.5th perc = 0.797
## Exploitation F/(r/2) in last year = 0.731
##
## -----
## Fmsy = 0.596 , 95% CL = 0.479 - 0.741 (if B > 1/2 Bmsy then Fmsy = 0.5 r)
## Fmsy = 0.596 , 95% CL = 0.479 - 0.741 (r and Fmsy are linearly reduced if B < 1/2 Bmsy)
## MSY = 37.2 , 95% CL = 21.8 - 63.4
## Bmsy = 62.5 , 95% CL = 38.3 - 102
## Biomass in last year = 87.5 , 2.5th perc = 53 , 97.5 perc = 99.6
## B/Bmsy in last year = 1.4 , 2.5th perc = 0.848 , 97.5 perc = 1.59
## Fishing mortality in last year = 0.436 , 2.5th perc = 0.383 , 97.5 perc = 0.72
## Exploitation F/Fmsy = 0.731 , 2.5th perc = 0.642 , 97.5 perc = 1.21
```

El diagnóstico del ajuste se obtiene mediante la función:

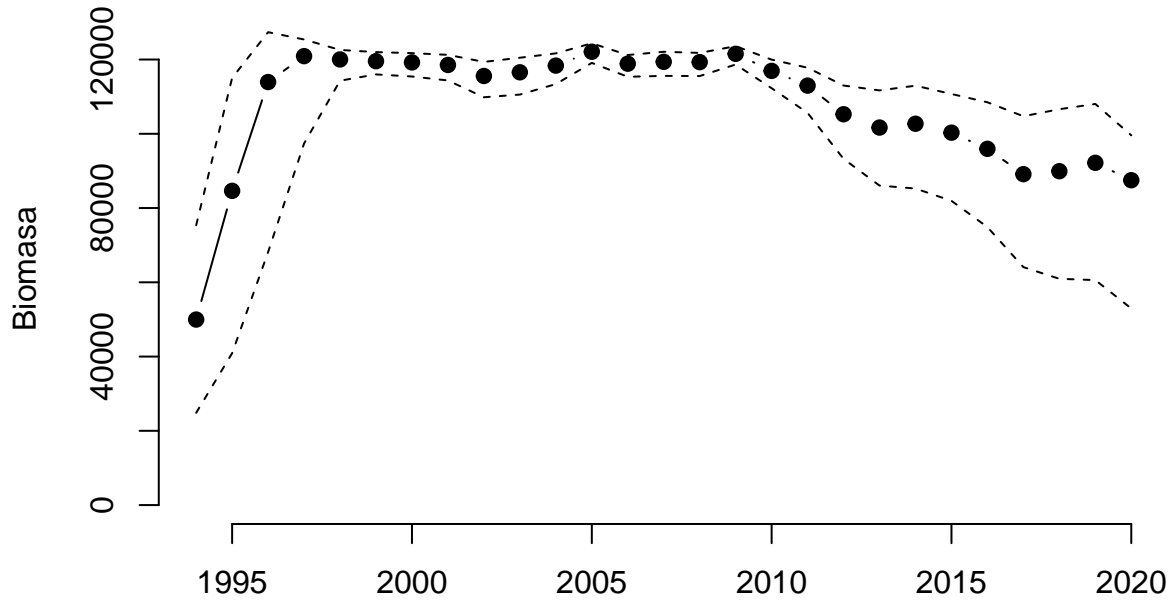
```
plot_dlm(OCm1)
```



La estimación de la biomasa con límites de confianza se obtiene de la siguiente manera:

```
m1.Bt = OCm1$ref_ts$b
m1.Bt_l = OCm1$ref_ts$b_lo
```

```
m1.Bt_h = OCm1$ref_ts$b_hi
plot(yr, m1.Bt, type="b", bty="n", pch=19, xlab="", ylab="Biomasa", ylim=c(0, max(m1.Bt_h)))
lines(yr, m1.Bt_l, lty=2)
lines(yr, m1.Bt_h, lty=2)
```



Para extraer los puntos biológicos de referencia, se utiliza la siguiente función:

```
CMSY1_ref_pts = OCm1[["ref_pts"]]
knitr::kable(CMSY1_ref_pts)
```

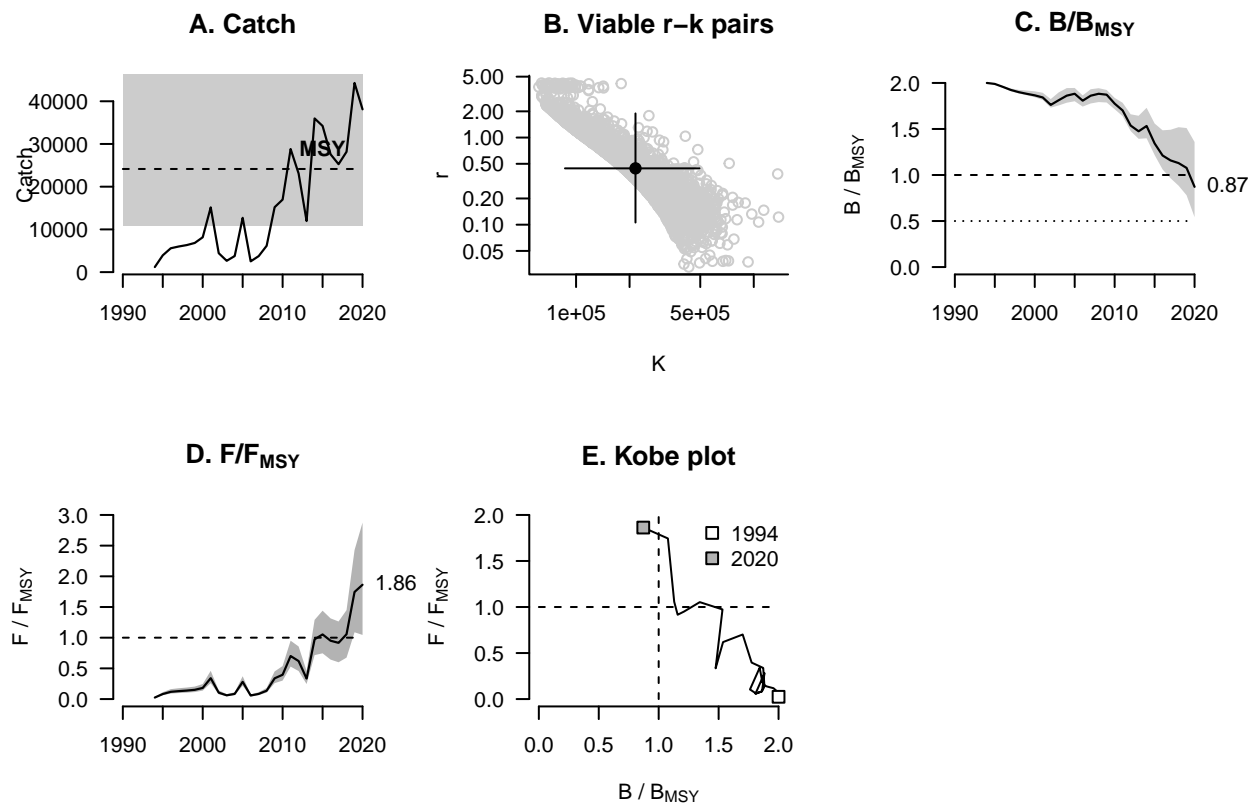
param	est	lo	hi
r	1.19e+00	9.57e-01	1.48e+00
k	1.25e+05	7.65e+04	2.04e+05
msy	3.72e+04	2.18e+04	6.34e+04
fmsy	5.96e-01	4.79e-01	7.41e-01
bmsy	6.25e+04	3.83e+04	1.02e+05

El método OCOM fue propuesto por Zhou et al. (2017a), y en su estimación se utiliza la siguiente función:

```
OCm2 = ocom(year = yr, catch = catch, m = 0.35)
```

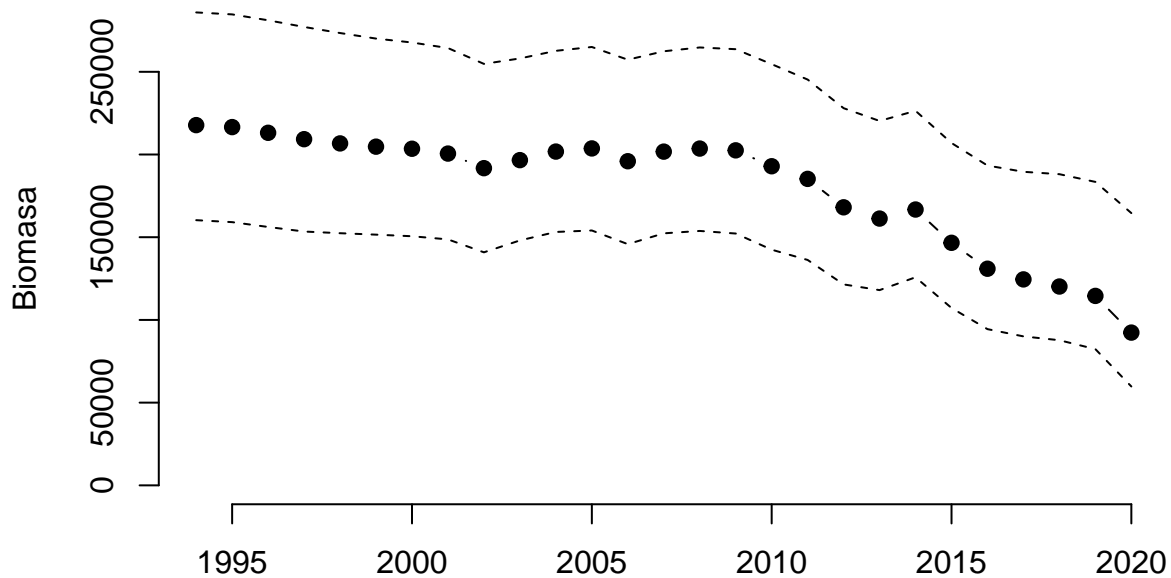
El diagnóstico del ajuste se obtiene mediante la función:

```
plot_dlm(OCm2)
```



De igual manera, la trayectoria de la biomasa estimada es:

```
m2.Bt = OCm2$ref_ts$b
m2.Bt_l = OCm2$ref_ts$b_lo
m2.Bt_h = OCm2$ref_ts$b_hi
plot(yr, m2.Bt, type="b", bty="n", pch=19, xlab="", ylab="Biomasa", ylim=c(0,max(m2.Bt_h)))
lines(yr, m2.Bt_l, lty=2)
lines(yr, m2.Bt_h, lty=2)
```



Los puntos biológicos de referencia, se obtiene por:

```
CMSY2_ref_pts = OCm2[["ref_pts"]]
knitr::kable(CMSY2_ref_pts)
```

param	q0.025	q0.25	q0.5	q0.75	q0.975
r	1.06e-01	2.67e-01	4.43e-01	7.15e-01	1.89e+00
k	8.66e+04	1.57e+05	2.16e+05	2.91e+05	4.95e+05
msy	1.08e+04	1.91e+04	2.41e+04	2.90e+04	4.63e+04
bmsy	4.33e+04	7.85e+04	1.08e+05	1.46e+05	2.48e+05
fmsy	5.30e-02	1.34e-01	2.22e-01	3.57e-01	9.46e-01
s_final	2.69e-01	3.93e-01	4.70e-01	5.48e-01	7.07e-01

Con propósitos comparativos, se puede aplicar el método BTR de Zhou et al. (2017b), a saber:

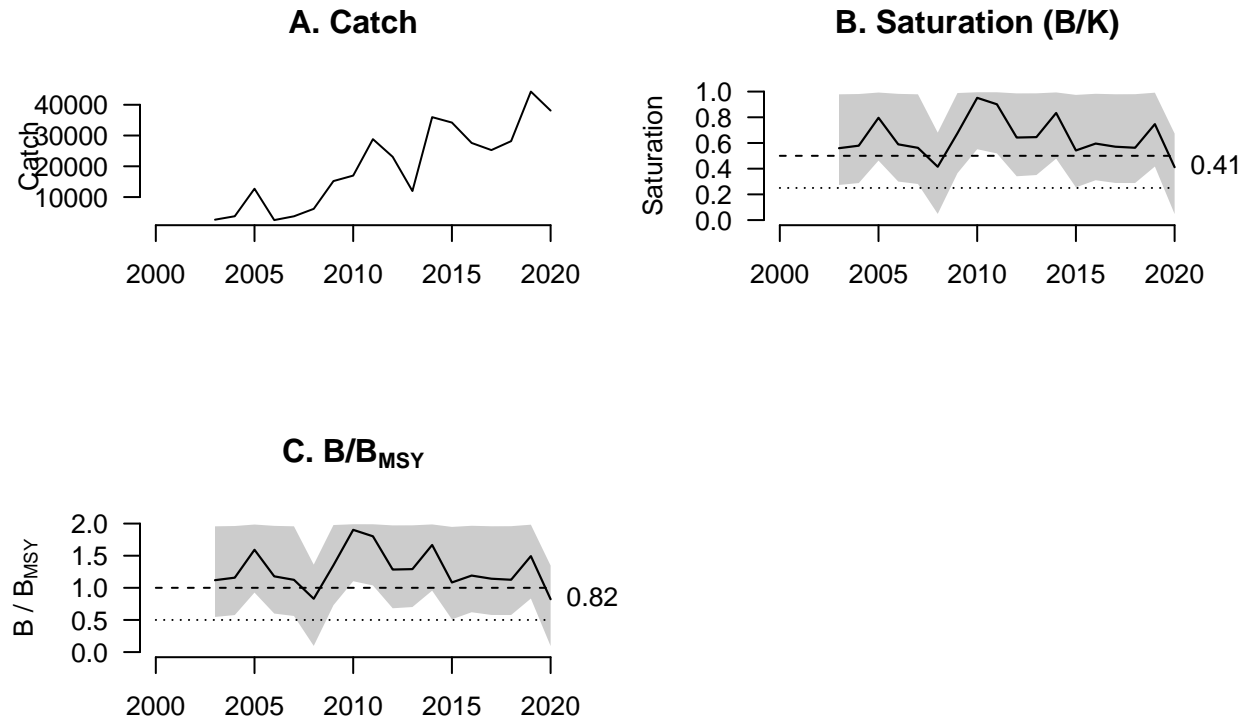
```
OCm3 <- zbrt(year=yr, catch=catch)
```

**Nota:** el método zBRT de Zhou estima la saturación, que es equivalente al complemento del agotamiento ( $S = 1 - \text{Depletion}$ ); i.e.,

$$S = B/k = 0.5B/B_{RMS}$$

A partir de la serie de tiempo de captura se obtiene la saturación  $B/k$ , i.e.

```
plot_dlm(OCm3)
```



Para extraer las series de tiempo:

```
ts <- OCm3[["ts"]]
knitr::kable(ts)
```



year	catch	s8	s38	s	s_lo	s_hi	bbmsy	bbmsy_lo	bbmsy_hi
1994	1186	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1995	3930	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1996	5585	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1997	5998	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1998	6332	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1999	6828	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2000	8159	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2001	15156	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2002	4429	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2003	2645	0.559	0.599	0.559	0.273	0.979	1.119	0.547	1.96
2004	3764	0.579	0.618	0.579	0.288	0.981	1.158	0.576	1.96
2005	12707	0.796	0.789	0.796	0.463	0.993	1.592	0.926	1.99
2006	2517	0.589	0.610	0.589	0.300	0.982	1.179	0.599	1.96
2007	3743	0.562	0.581	0.562	0.281	0.979	1.124	0.561	1.96
2008	6160	0.415	0.429	0.415	0.048	0.681	0.830	0.096	1.36
2009	15199	0.676	0.640	0.676	0.365	0.989	1.352	0.730	1.98
2010	16977	0.951	0.729	0.951	0.551	0.995	1.903	1.103	1.99
2011	28814	0.901	0.726	0.901	0.519	0.995	1.802	1.038	1.99
2012	23079	0.642	0.580	0.642	0.341	0.986	1.285	0.682	1.97
2013	11955	0.645	0.572	0.645	0.350	0.986	1.291	0.701	1.97
2014	35975	0.834	0.669	0.834	0.478	0.993	1.667	0.956	1.99
2015	34218	0.542	0.547	0.542	0.255	0.974	1.083	0.510	1.95
2016	27586	0.595	0.577	0.595	0.310	0.983	1.191	0.620	1.97
2017	25267	0.571	0.503	0.571	0.289	0.979	1.142	0.578	1.96
2018	28175	0.563	0.447	0.563	0.288	0.980	1.125	0.577	1.96
2019	44288	0.747	0.574	0.747	0.417	0.991	1.494	0.833	1.98
2020	38109	0.411	0.421	0.411	0.047	0.673	0.823	0.093	1.35

## Ejercicios

### Ejercicio 1

1. Aplique LBSPR a datos de frecuencia de tallas que han sido filtrados con un promedio móvil cada siete años para inducir una estructura de tallas en equilibrio. Compare los resultados. Los datos están disponibles en la carpeta datos en un archivo delimitado por coma, i.e., `LFD_Artesanal_Reineta_MA7yr.csv`.
2. Aplique los modelos basados sólo en captura a datos de jibia, *Dosidicus gigas*, que corresponden a registros totales en el Pacífico Suroriental, Area 87 (Payá, 2018). Discuta brevemente los resultados encontrados y comente sobre el estatus del calamar.

## Referencias

- Free CM (2018) datalimited2: More stock assessment methods for data-limited fisheries. R package version 0.1.0. <https://github.com/cfree14/datalimited2>
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K.M., Winker, H. 2017. Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries* 18(3): 506-526. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/faf.12190/abstract>
- Hordyk, A.R., Ono, K., Sainsbury, K.J., Loneragan, N., Prince, J.D. 2015a. Some explorations of the life history ratios to describe length composition, spawning-per-recruit, and the spawning potential ratio. *ICES Journal of Marine Science* 72: 204 - 216. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst235>

Hordyk, A.R., Ono, K., Valencia, S.R., Loneragan, N.R., Prince, J.D. 2015b. A novel length-based empirical estimation method of spawning potential ratio (SPR), and tests of its performance, for small-scale, data-poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 72, 217 – 231. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu004>

Leal, E., Díaz, E., Claramunt, G. 2018. Advances in reproductive study of Pacific pomfret (*Brama australis*) in Chile central coast. *Latin American Journal of Aquatic Research* 45(5), 1079-1084. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue5-fulltext-25>

Payá, I. 2018. Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales al año 2018. Jibia. Informe 3 Consolidado Instituto de Fomento Pesquero. 110 pp. + 4 anexos.

Zhou, S., Punt, A.E., Smith, A.D.M., Ye, Y., Haddon, M., Dichmont, C.M., Smith, D.C. 2017a. An optimised catch-only assessment method for data poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 75, 964–976. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx226>

Zhou, S., Punt, A.E., Yimin, Y., Ellis, N., Dichmont, C.M., Haddon, M., Smith, D.C., Smith, A.D.M. 2017b. Estimating stock depletion level from patterns of catch history. *Fish and Fisheries* 18(4), 742–751. <https://doi.org/10.1111/faf.12201>