



Magister en Ciencias mención Pesquerías

Evaluación y Manejo de Pesquerías Limitadas en Datos

Dr. Luis Cubillos

| Enero 15 - 19, 2024 | Concepción |

Consultas: Cecilia Briceño Email: cebriceno@udec.cl



Día 3: Modelos de evaluación basados sólo en datos de captura (CMSY, OCOM, BSPM, AMSY, JABBA)

◆ **Clase 4: Métodos basados sólo en capturas**

Modelos basados sólo en capturas

- Clasificación de estatus:
 - Clasificación de estatus ([Froese et al., 2012](#); [Anderson et al., 2012](#))
 - Enfoque ORCS mejorado ([Free et al., 2017](#))

Modelos basados sólo en capturas

- Clasificación de estatus:
 - Clasificación de estatus ([Froese et al., 2012](#); [Anderson et al., 2012](#))
 - Enfoque ORCS mejorado ([Free et al., 2017](#))
- Modelos de producción, p.e.:
 - CMSY ([Martell y Froese, 2012](#))
 - CMSY2 ([Froese et al., 2017](#))
 - OCOM ([Zhou et al., 2017](#))
 - CMSY++ ([Froese et al., 2023](#))

Clasificación de estatus

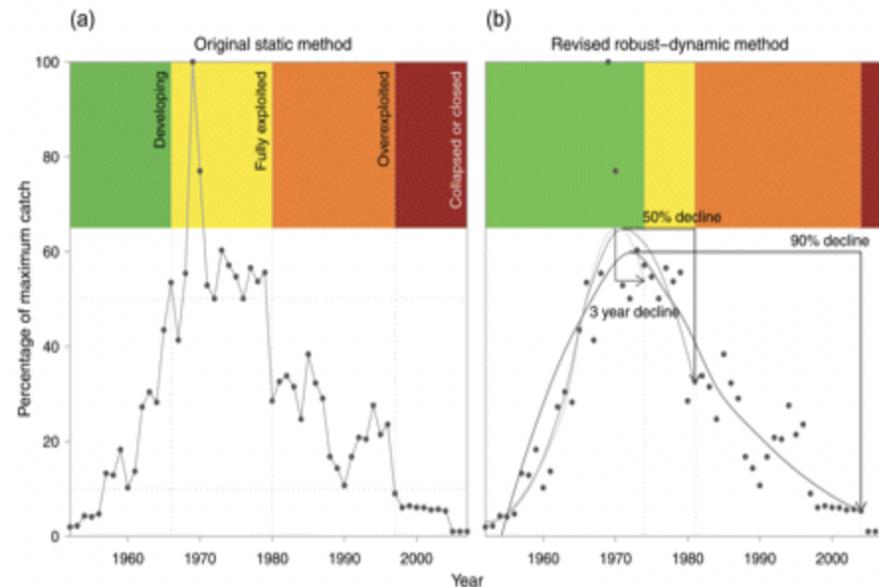
Criterios utilizados para asignar estados a datos de captura (Y) relativos a la máxima captura registrada (Y_{max}), *capturas relativas al RMS*, y *biomasa relativa al RMS*.

Indicador	Año	Y/Y_{max}	Y/RMS	B/B_{RMS}
Subdesarrollada	Antes de $Y \geq Y_{max}$	< 0.1	< 0.1	
En desarrollo	-	0.1 a 0.5	0.2 a 0.75	> 1.5
Explotación plena	Después de $Y \geq Y_{max}$	> 0.5	> 0.75	≤ 0.5
Sobreexplotación	-	0.1 a 0.5	0.2 a 0.75	< 0.5
Colapso	-	< 0.1	< 0.2	< 0.1

Recuperación: Año entre el colapso y el primer año subsecuente de explotación plena.

Dynamic catch-based method

- El problema de máximos atípicos



Anderson, S. C., Branch, T. A., Ricard, D., and Lotze, H. K. 2012. Assessing global marine fishery status with a revised dynamic catch-based method and stock-assessment reference points. – ICES Journal of Marine Science, 69:1491-1500

Modelo de biomasa dinámica

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

Encontrar la mejor combinación entre r y k que minimize la diferencia entre la biomasa observada y estimada.

Métodos

- **Catch-MSY**: Catch-Based MSY estimation ([Martell y Froese, 2013](#))
- **CMSY2**: Catch Maximum Sustainable Yield 2 ([Froese et al., 2017](#))
- **BSM**: Bayesian State-Space Surplus Production ([Froese et al., 2017](#))
- **OCOM**: Optimized Catch-Only Model ([Zhou et al., 2017](#))
- **SSCOM**: State-Space Catch Only Model ([Thorson et al., 2013](#))
- **zBRT**: Boosted Regression Tree ([Zhou et al., 2017](#))
- CMSY++ ([Froese et al., 2023](#))

Parámetros de historia de vida y prior r

OCOM: requiere una estimación de M

Zhou et al. (2012):

Telósteos: $F_{RMS} = 0.87M$ Condrichtios: $F_{RMS} = 0.41M$

Parámetros de historia de vida y prior r

OCOM: requiere una estimación de M

Zhou et al. (2012):

Telósteos: $F_{RMS} = 0.87M$ Condrichtios: $F_{RMS} = 0.41M$

Considerando que: $r = 2F_{RMS}$, se obtiene r a partir de M , i.e.,

$$r \sim \text{lognormal}(\mu_r, \sigma_r^2)$$

donde: $\mu_r = \log(2F_{RMS})$ $\sigma_r^2 = \sigma_M^2 + \sigma_e^2$ $\sigma_M^2 = 0.23$ $\sigma_e^2 = 0.0012$

OCOM (cont.)

Prior para la saturación

Zhou et al. (2017) define saturación a:

$$S_e = B_e/B_0$$

donde B_e biomasa al final del periodo, B_0 es la biomasa no explotada.

$S_e \sim sNorm(\text{mean} = S_{BRT} - 0.072, SD = 0.189, skewness = 0.763,$ para $S_{BRT,e} \leq 0.5$

$S_e \sim sNorm(\text{mean} = S_{BRT} + 0.179, SD = 0.223, skewness = 0.904,$ para $S_{BRT,e} > 0.5$

$sNorm$ indica distribución normal sesgada.

CMSY2

Resiliencia	Prior r-range
High	[0.6, 1.5]
Medium	[0.2, 0.8]
Low	[0.05, 0.5]
Very low	[0.015, 0.1]

Prior rangos para biomasa del año más reciente

Prior biomass	B/k
Low	[0.01, 0.4]
Medium	[0.2, 0.6]
High	[0.5, 0.9]

Para k con low Prior biomass:

$$k_{low} = \frac{\max(C)}{r_{high}}, k_{high} = \frac{4\max(C)}{r_{low}}$$

Para k con High Prior biomass:

$$k_{low} = \frac{2\max(C)}{r_{high}}, k_{high} = \frac{12\max(C)}{r_{low}}$$

- Relaciones utilizadas para predecir r en FISHBASE
- Resiliencia qualitativa (Very Low, Low, Medium, High) y rangos para r están disponibles e FISHBASE.
- Ante ausencia de índices de abundancia, r puede ser obtenido de rasgos de historia de vida y un rango para k desde la captura máxima.

$$k = 4 \times r \times C_{max}$$

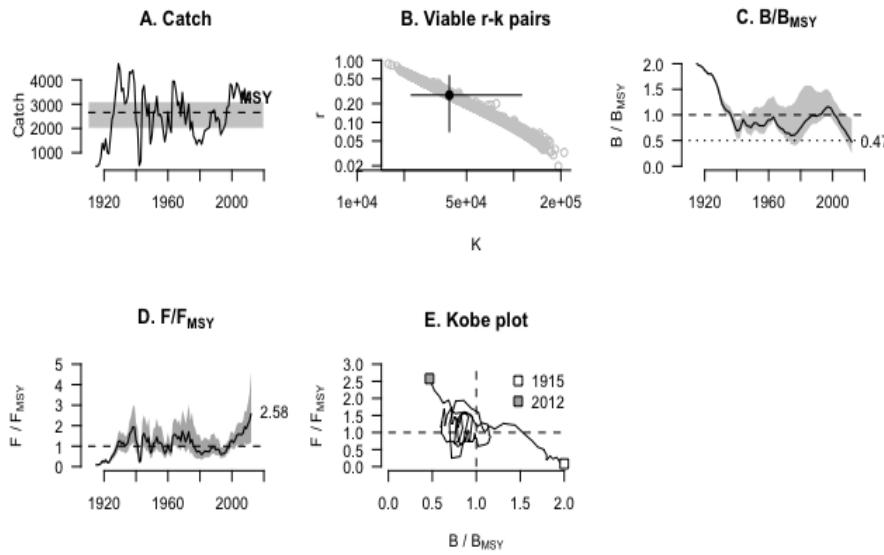
Nota: $RMS = rk/4$

Casos especiales

Las capturas son series de tiempo, influenciadas por múltiples factores distintos que la pesca, por ejemplo:

- Cambios de régimen
- Incremento monótono
- Disminución monótona

Ejemplo: OCOM



Zhou, S., Punt, A. E., Smith, A. D. M., Ye, Y., Haddon, M., Dichmont, C. M., & Smith, D. C. (2017a). An optimized catch-only assessment method for data poor fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 75(3), 964–976. doi:10.1093/icesjms/fsx226

Indices de abundancia

- Data-Moderada:
 - Solo datos de índices de abundancia
 - AMSY - Froese et al. (2019)
 - Capturas + Indice de abundancia
 - ASPIC - Prager (1994), Prager et al. (1996)
 - SPiCT - Pedersen y Berg (2017)
 - JABBA - Winker et al. (2018)
 - JABBA-Select - Winker et al. (2020)
 - Productivity regimes, or gradual varying productivity
 - seaprodTVP - Mildenbeger et al. 2020
 - Ejemplos en <https://github.com/tokami/spict/tree/seaprodTVP>

AMSY

Estima el estatus a partir de un índice de abundancia relativo, sin necesidad de contar con las capturas, i.e.,

$$cpue_t = B_t q$$

$$cpue_{t+1} = cpue_t + cpue_t r(1 - cpue_t/kq) - C_t q$$

$C_t q$ es la captura relativa ($C\{qt\}$), y kq es la capacidad de carga relativa ($k\{q\}$).

Luego:

$$C_{qt} = cpue_t + cpue_t r(1 - cpue_t/k_q) - cpue_{t+1}$$

Parámetros para el manejo

$$RMS_q = \frac{r}{2} \frac{k_q}{2} = \frac{rk_q}{4}$$

$$\frac{F}{F_{RMS}} = \frac{C_{qt}/cpue_t}{r/2} = \frac{2C_{qt}}{rcpue_t}$$

Prior para r

Resiliencia	Límite inferior	Límite superior
High	0.6	1.5
Medium	0.2	0.8
Low	0.05	0.5
Very low	0.015	0.1

Prior para B/k

B/k	Límite inferior	Límite superior
Muy pequeña	0.01	0.2
Pequeña	0.15	0.4
ca. mitad	0.35	0.65
Más de la mitad	0.5	0.85
ca. subexploitado	0.75	1.0

Valores de B/k permiten estimar $k_q = cpue_t / (B_t/k)$

Prior para B/k

B/k	Límite inferior	Límite superior
Muy pequeña	0.01	0.2
Pequeña	0.15	0.4
ca. mitad	0.35	0.65
Más de la mitad	0.5	0.85
ca. subexploitado	0.75	1.0

Valores de B/k permiten estimar $k_q = cpue_t / (B_t/k)$

Si el tamaño del stock es muy pequeño que la mitad de B_{RMS} en los años más recientes, entonces:

$$C_{qt} = cpue_t + cpue_t r (1 - cpue_t/k_q) (4cpue_t/k_q) - cpue_{t+a} \left| \frac{cpue_t}{k_q} \right| < 0.25$$

Modelo Bayesiano state space

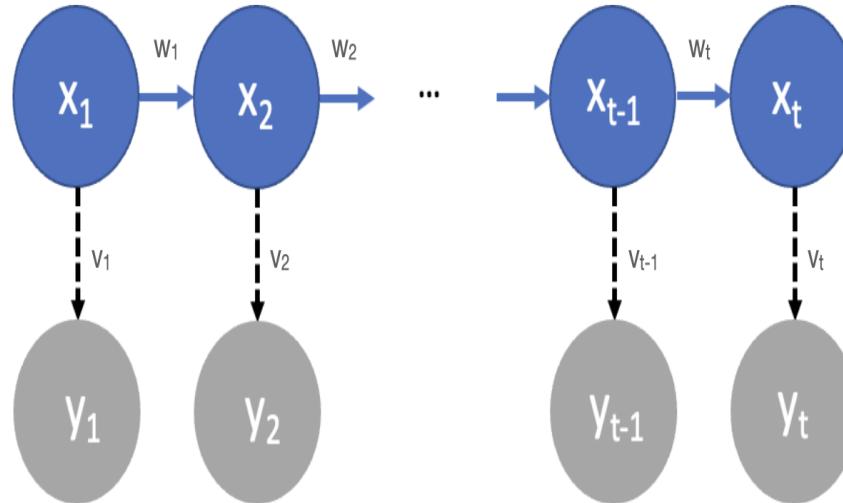
Un modelo Bayesiano state space, puede ser descrito por:

$$x_t = f(x_{t-1}, \theta) + w_t, \quad w_t \sim N(0, \sigma_w)$$

$$y_t = g(x_t, \theta) + v_t, \quad v_t \sim N(0, \sigma_v)$$

donde:

- $f(x_t, \theta)$ es el sistema no observado con error de proceso w_t .
- $g(x_t, \theta)$ son los datos dado la variable de estado con error de observación v_t .
- Para realizar una inferencia bayesiana, se imponen prior a los parámetros θ , y a la variable de estado inicial x_0 .
- El sistema se resuelve con algoritmos Monte Carlo con cadena de Markov (MCMC).



Modelo JABBA

Just Another Bayesian Biomass Assessment

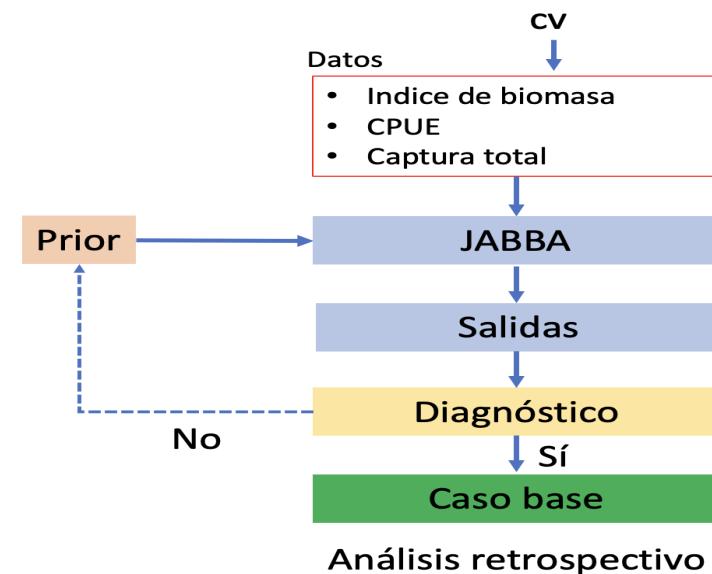
Bayesian state space: Pella-Tomlinson

$$B_{t+1} = [B_t + SP_t - C_t] \exp(\eta_t)$$

$$SP_t = \frac{r}{m-1} B_t (1 - (B_t/K)^{m-1})$$

1. Enfoque simple y flexible para modelos de biomasa agregados. Estimación rápida del estatus con diagnóstico de ajuste.
2. Modelos alternativos pueden ser comparados en su desempeño.
3. Análisis retrospectivo y proyecciones de corto plazo.

Winker et al. 2018 Fish. Res. 204



State-space modelo de biomasa

$$P_t = \begin{cases} \left(P_{t-1} + \frac{r}{(m-1)} P_{t-1} (1 - P_{t-1}^{m-1}) - \frac{\sum_f C_{f,t-1}}{k} \right) \exp(\eta_t), & P_{t-1} \geq P_{\lim}, t = 2, 3, \dots, T \\ \left(P_{t-1} + \frac{r}{(m-1)} P_{t-1} (1 - P_{t-1}^{m-1}) \frac{P_{t-1}}{P_{\lim}} - \frac{\sum_f C_{f,t-1}}{k} \right) \exp(\eta_t) & P_{t-1} < P_{\lim}, t = 2, 3, \dots, T \end{cases}$$

t = 1

Diagrama de dependencias:

- Fracción de K año 1 → $\varphi \exp(\eta_t)$
- Error de Proceso → $\varphi \exp(\eta_t)$
- Captura total → $\sum_f C_{f,t-1}$
- Capacidad de carga → $\frac{\sum_f C_{f,t-1}}{k}$
- $B_t = P_t k$ → Error de observación
- $I_t = q B_t \exp(\varepsilon_t)$ → Error de observación
- Hiperparámetros → $\theta = \{k, r, \varphi, \sigma_\eta^2, q_i, \sigma_{\varepsilon,t,i}^2\}$

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

R: <https://cran.r-project.org/>

Instalación de JABBA

RStudio: <https://posit.co/downloads/>

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

Instalación de JABBA

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

- Requiere instalación previa JAGS (<https://sourceforge.net/projects/mcmc-jags/>)
- Repositorio JABBA: <https://github.com/jabbamodel/JABBA>

```
# Instalación JABBA
library(devtools)
install_github("jabbamodel/JABBA")

# Paquetes requeridos
library(gplots)
library(coda)
library(rjags)
library(R2jags)
library("fitdistrplus")
library(reshape)
```

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

Instalación de JABBA

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

1. Crear un directorio para la evaluación con JABBA
2. Crear un subdirectorio para las salidas

```
library(JABBA)
# Directorio para evaluar con JABBA -----
Carpeta = "~/MiEvalconJABBA/SAM"
df <- read.csv("Data/misdatos.csv",sep=";")
assessment = "Salidas_MiEvalStock"
output.dir = file.path(File,assessment)
dir.create(output.dir,showWarnings = F)
setwd(output.dir)
```

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

Instalación de JABBA

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

1. Preparar los datos en listas

```
# Prepara datos en listas -----
cpue = df[,c(1,3)]
colnames(cpue) = c("Year", "cpue")
se = df[,c(1,4)] #CV datos cpue
colnames(se) = c("Year", "cpue")
catch = df[,c(1,2)]
colnames(catch) = c("Year", "Total")
mieval <- list()
mieval$cpue <- cpue
mieval$se <- se
mieval$catch <- catch
```

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

Instalación de JABBA

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

```
jbinput = build_jabba(catch=mieval$catch, cpue=mieval$cpue, se=mieval$se,  
                      assessment=assessment,  
                      scenario = "Simple",  
                      model.type = "Schaefer",  
                      sigma.est = FALSE,  
                      fixed.obsE = 0.01,  
                      igamma = c(0.001,0.001))
```

Para empezar con JABBA

Instalar R y RStudio

Instalación de JABBA

Preparación de datos I

Preparación de datos II

Preparar la evaluación

Estimación

```
model_m1 = fit_jabba(catch=mieval$catch, cpue=mieval$cpue, se=mieval$se,  
                      assessment=assessment,  
                      scenario = "Simple",  
                      model.type = "Schaefer",  
                      sigma.est = FALSE,  
                      fixed.obsE = 0.01,  
                      igamma = c(0.001,0.001))
```

PAUSA