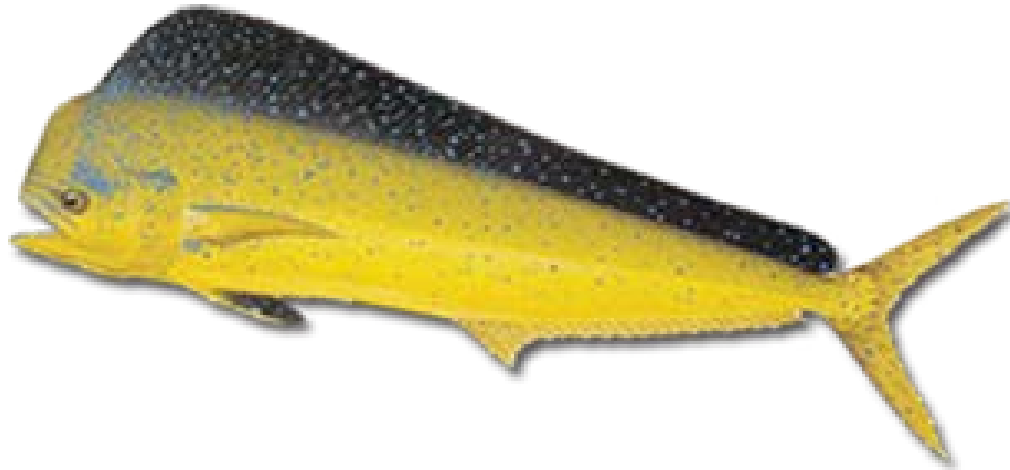


# Estimadores de reducción

Indicadores potenciales de condición del stock para las pesquerías con datos limitados



**Comisión Interamericana del Atún Tropical (CIAT)  
Programa de Evaluación de Poblaciones**

---

3<sup>a</sup> Reunión Técnica sobre el Dorado  
25-27 de octubre de 2016; Panamá, R.P.





# Temario

---

- Antecedentes
  - Motivación para el uso de los estimadores de reducción con el dorado
  - Algunos aspectos importantes de la historia de vida del dorado en el OPO
  - ¿Porque aplicar los estimadores de reducción con el dorado?
- Tutorial paso a paso en Excel: demostración de los estimadores de reducción con datos de dorado del Océano Pacífico sudeste



# La motivación

---

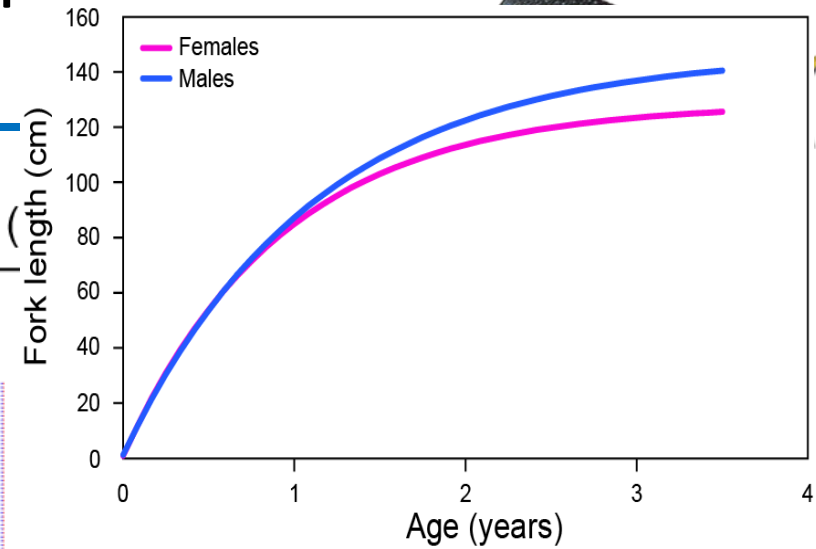
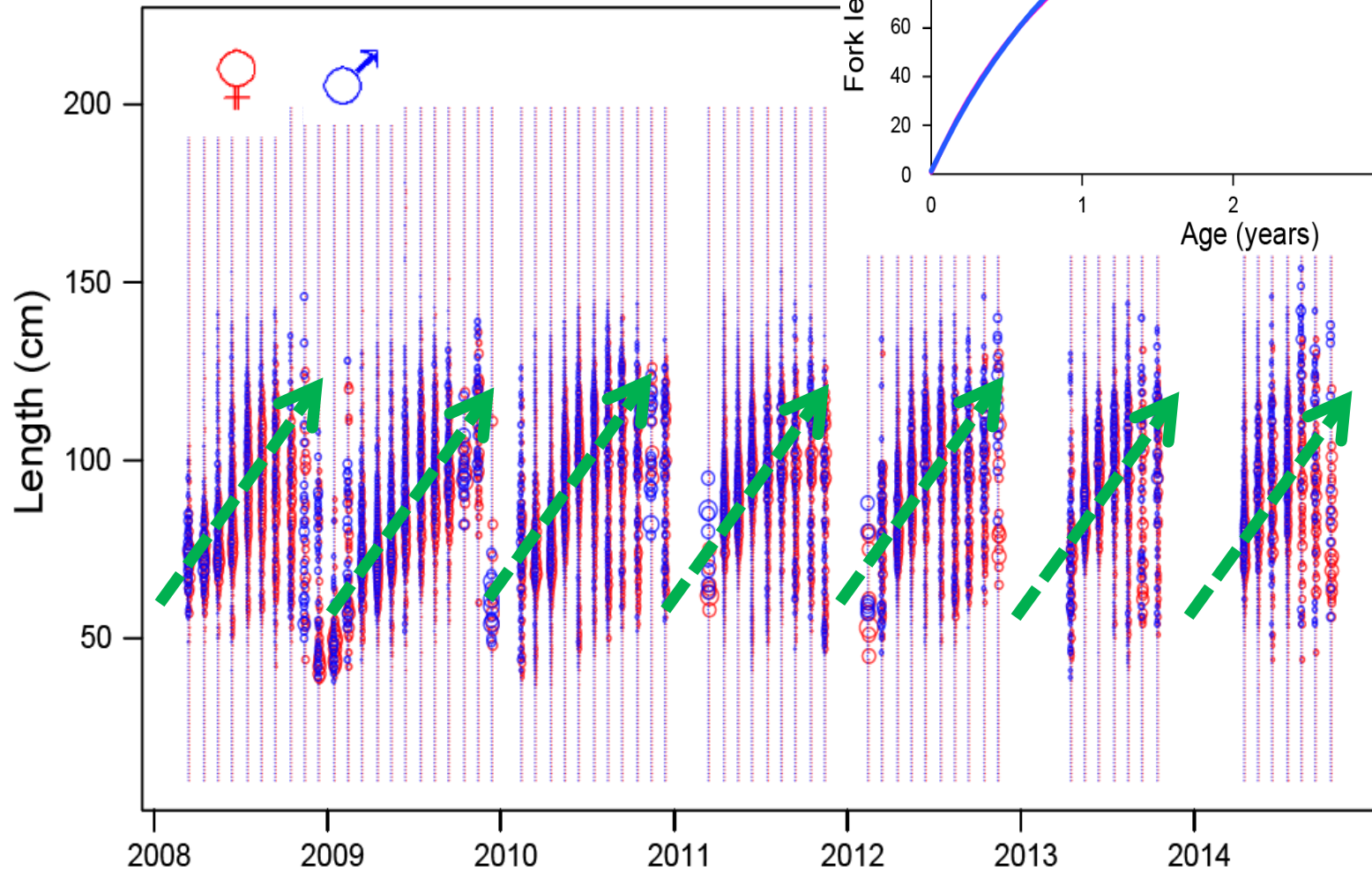
- Hay escasez de datos para conducir evaluaciones de stock convencionales para dorado en algunas pesquerías del OPO
  - La excepción es la evaluación para el dorado del Océano Pacífico sudeste (Perú y Ecuador ; Aires-da-Silva et al. 2016; IATTC Doc SAC-07-06a(i))
- Se necesitan metodologías alternativas
- Hay literatura abundante en métodos para pesquerías con datos limitados, sin embargo se necesitan métodos que:
  - Estén basados en la teoría de dinámica poblacional
  - Se puedan mejorar hasta llegar a un modelo convencional de evaluación de stock (mediante la integración de nuevos tipos de datos y procesos)
  - Una vez mejorados, pueda servir como modelos operativos para la evaluación de las estrategias de ordenación

# Composición de las capturas por talla

pescando cohortes individuales

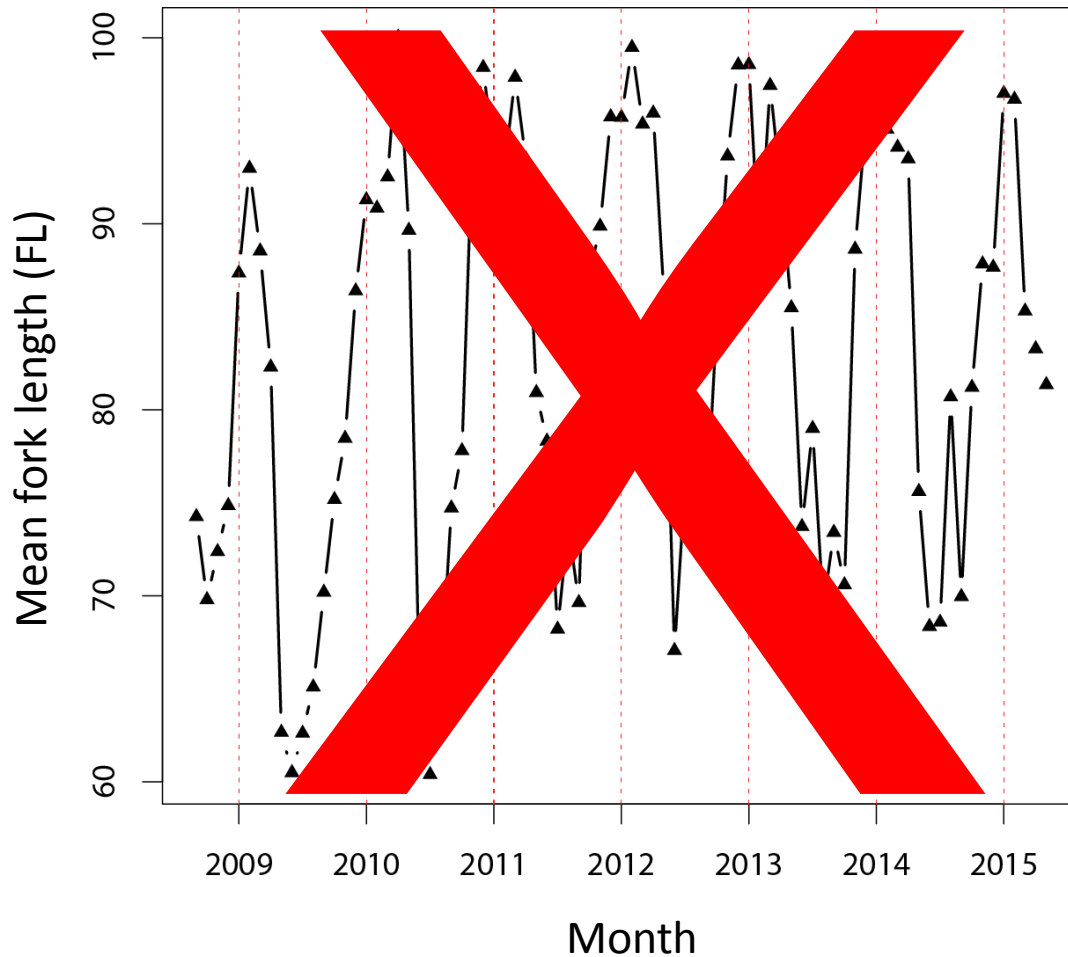
Antecedentes

size comp data, whole catch, F2-Ecuador



# ¿Talla promedio como indicador del estado del stock?

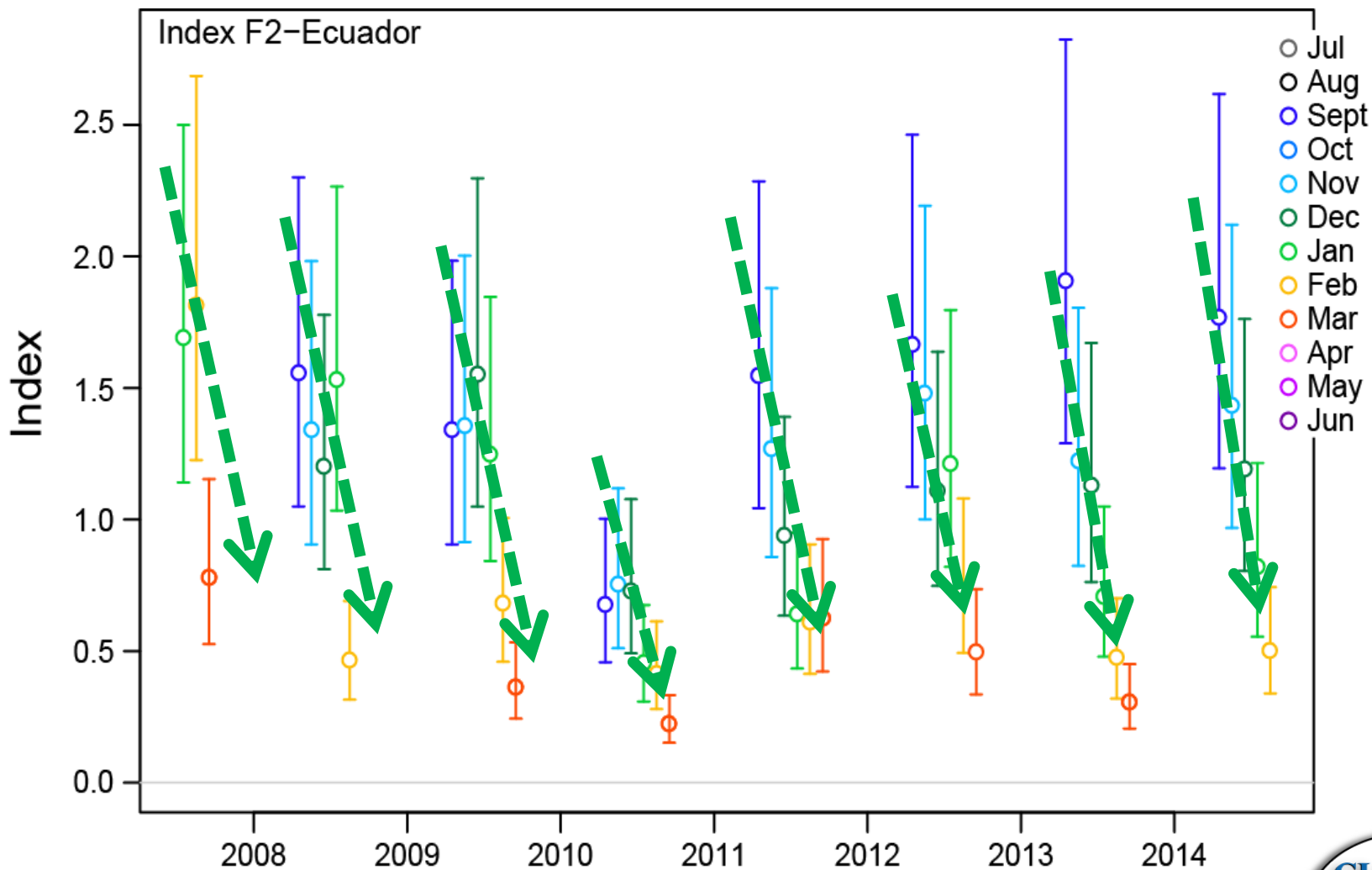
Antecedentes



- Crecimiento de una cohorte (en longitud)
- Poca información sobre la tasa de explotación ( $F$ )

# ¿ CPUE como potencial indicador de la condición del stock de dorado?

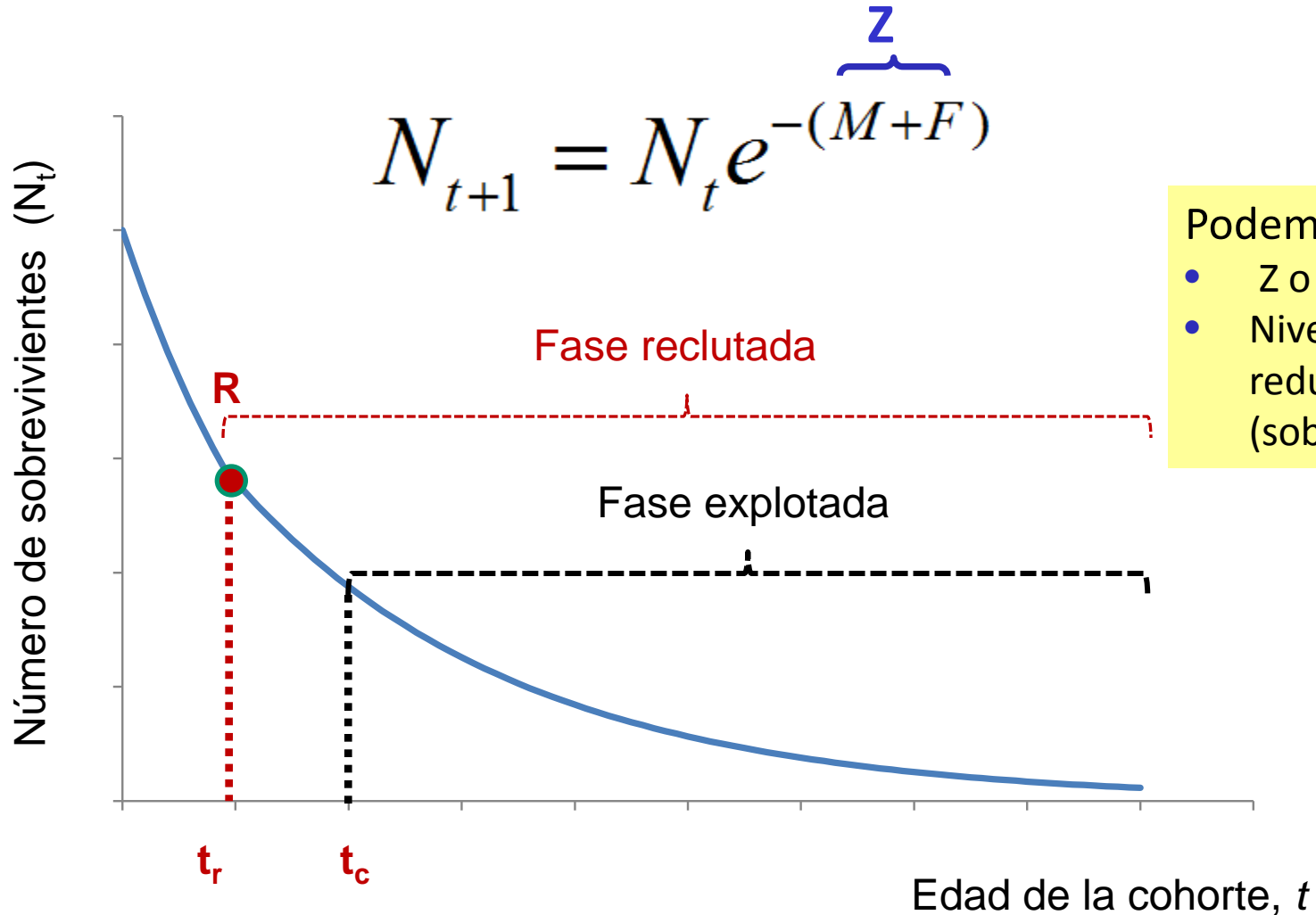
Antecedentes



# Dinámica de una cohorte

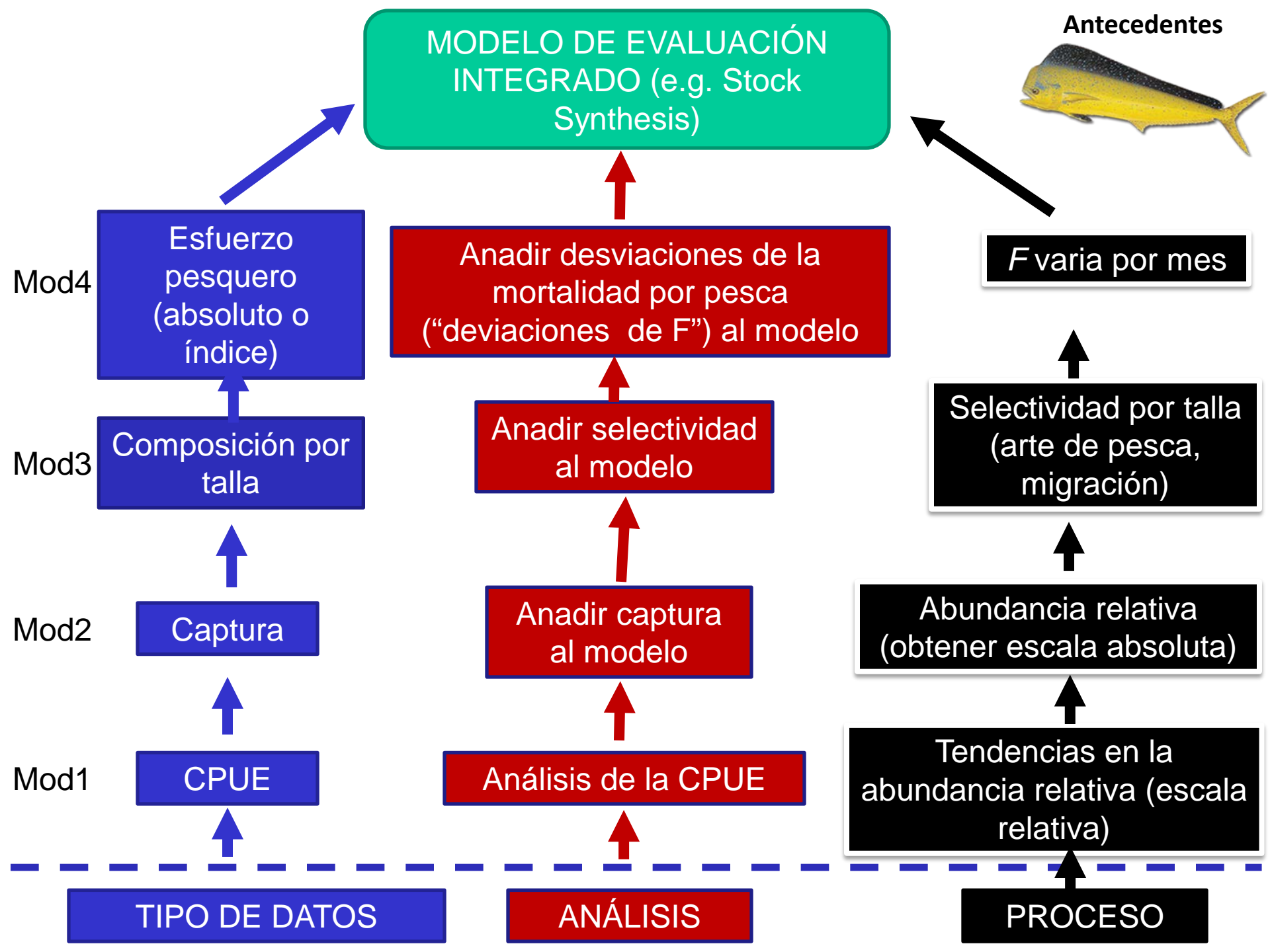
## Modelo de reducción exponencial

Antecedentes



Podemos estimar:

- $Z$  o  $F$  (dado  $M$ )
- Nivel de reducción (sobrevivencia %)







# Demonstración de los estimadores de reducción con datos de dorado del OPO

(tutorial paso a paso en MS Excel)

- Paso 1: Análisis de las tasas de captura (CPUE)
- Paso 2: Añadir las capturas
- Paso 3: Añadir selectividad
- Paso 4: Añadir desvíos de la mortalidad por pesca (F)

# Paso 1: Análisis de la CPUE

---

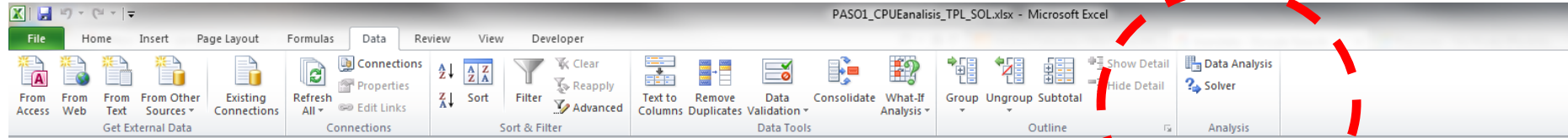


- Abrir la hoja Excel “PASO1\_CPUEanálisis\_TPL.xlsx”:

PASO1\_CPUEanálisis\_TPL.xlsx



# Confirmar que el Solver esté instalado



9	Year	a	Z_monthly	F_monthly	year	month	yyMo	yearAdjust	monthAdjust	time	CPUEobs	use	CPUEpred	likeCPUE	CPUEobsFit	CPUEobsNoFit
10	2008	20	0.4	0.316666667				2008	1	2008.000						
11	2009	30	0.4	0.316666667				2008	2	2008.083						
12	2010	40	0.4	0.316666667				2008	3	2008.167						
13	2011	50	0.4	0.316666667				2008	4	2008.250						
14	2012	60	0.4	0.316666667				2008	5	2008.333						
15	2013	70	0.4	0.316666667				2008	6	2008.417						
16								2008	7	2008.500	2.185180548		1		2.185180548	
17		20	0.4					2008	8	2008.583	2.708897062		1		2.708897062	
18		30	0.4					2008	9	2008.667	0.739773793		1		0.739773793	
19		40	0.4					2008	10	2008.750	0.107312768		1		0.107312768	
20		50	0.4					2008	11	2008.833	0	0				0
21		60	0.4					2008	12	2008.917	0.024092488		0			0.024092488
22		70	0.4					2008	1	2009.000	1.061299485		0			1.061299485
23								2008	2	2009.083	0.23116991		0			0.23116991
24								2008	3	2009.167	0.215354388		0			0.215354388
25								2008	4	2009.250	2.894046071		1		2.894046071	
26								2008	5	2009.333	2.313764322		1		2.313764322	
27								2008	6	2009.417	1.638423723		1		1.638423723	
28								2009	1	2009.000	2.106789004		1		2.106789004	
29								2009	2	2009.083	0.893599444		1		0.893599444	
30								2009	3	2009.167	0.220117456		1		0.220117456	
31								2009	4	2009.250	0.410844791		1		0.410844791	
32								2009	5	2009.333			0			
33								2009	6	2009.417			0			
34								2009	7	2009.500			0			
35								2009	8	2009.583	0.142297535		0			
36								2009	9	2009.667	3.043043537		0			
37								2009	10	2009.750	2.674267602		1			
38								2009	11	2009.833	2.264739147		1		2.264739147	
39								2009	12	2009.917	1.920356737		1		1.920356737	

$$\hat{I}_{y,1} = \alpha_y$$

$$\hat{I}_{y,m+1} = \hat{I}_{y,m} e^{-Z_y}$$

$$\sum \frac{(\ln[I_{y,m}] - \ln[\hat{I}_{y,m}])^2}{2\sigma^2}$$

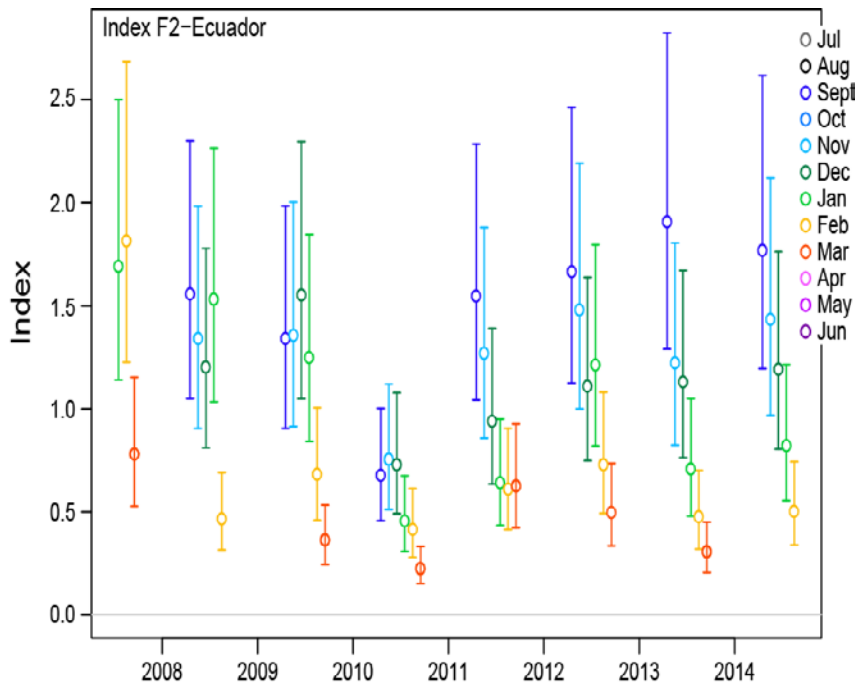


# Paso 1: Análisis de la CPUE

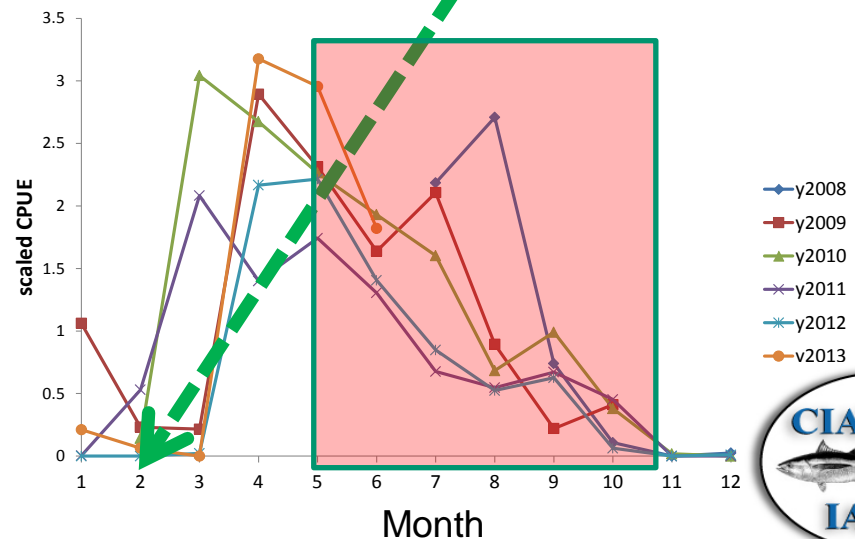
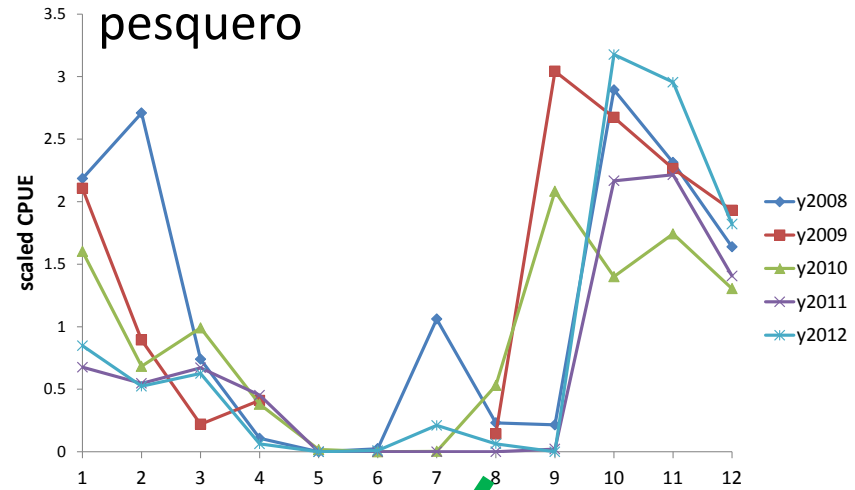


## Datos ajustados en el modelo

- Series mensuales de CPUE



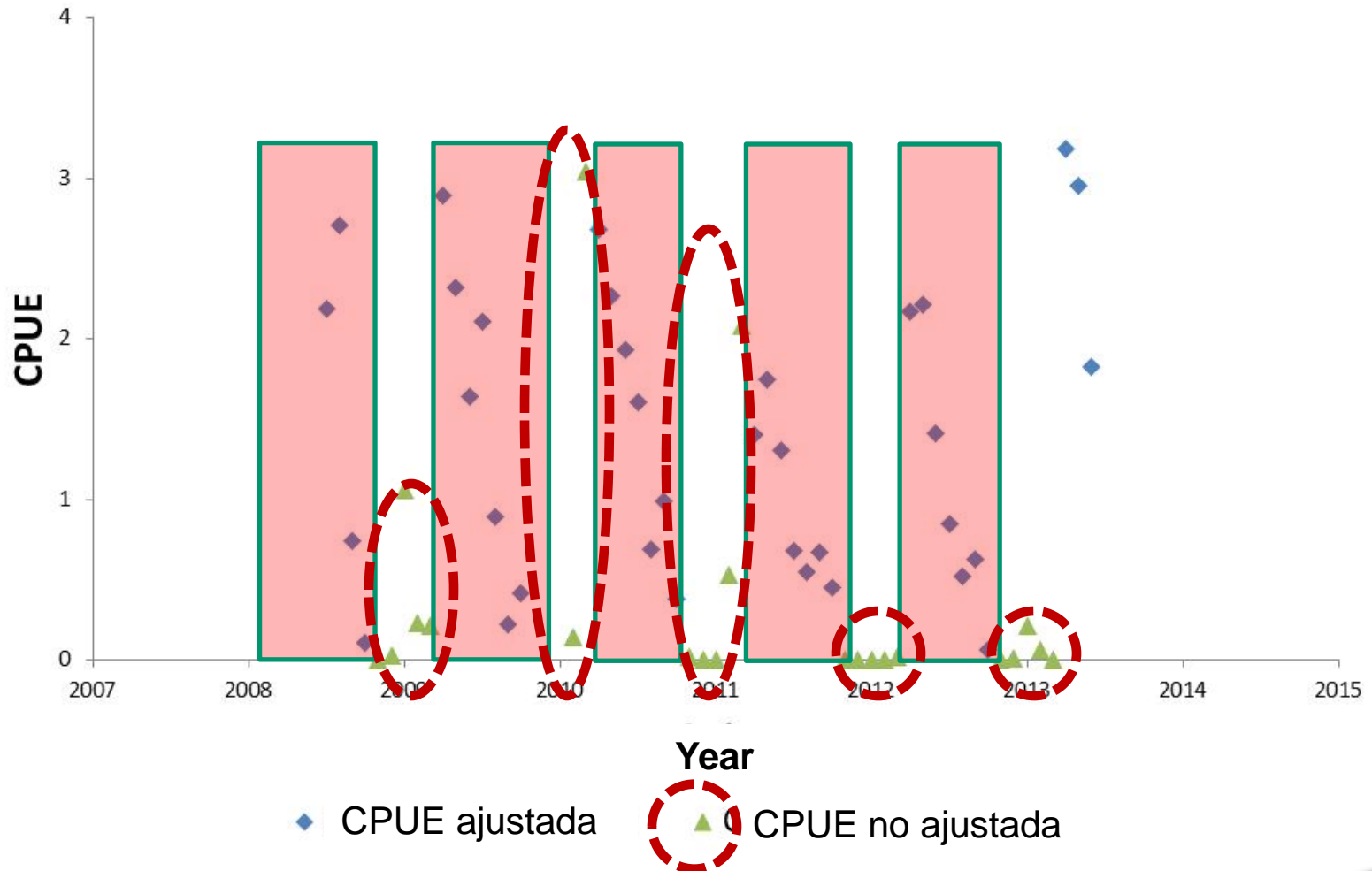
- CPUE corregida para el calendario pesquero



# Paso 1: Análisis de la CPUE



## CPUE excluida del ajuste del modelo



Solamente las CPUEs de los meses de Octubre a Abril son usadas para ajustar el modelo, se eliminan los meses en los cuales la pesquería no se está enfocando en dorado (meses fuera de la temporada de pesca de dorado)



# Paso 1: Análisis de la CPUE

## Ecuaciones del modelo

Modelo 1 - CPUE



- Condiciones iniciales

$$\hat{I}_{y,1} = \alpha_y$$

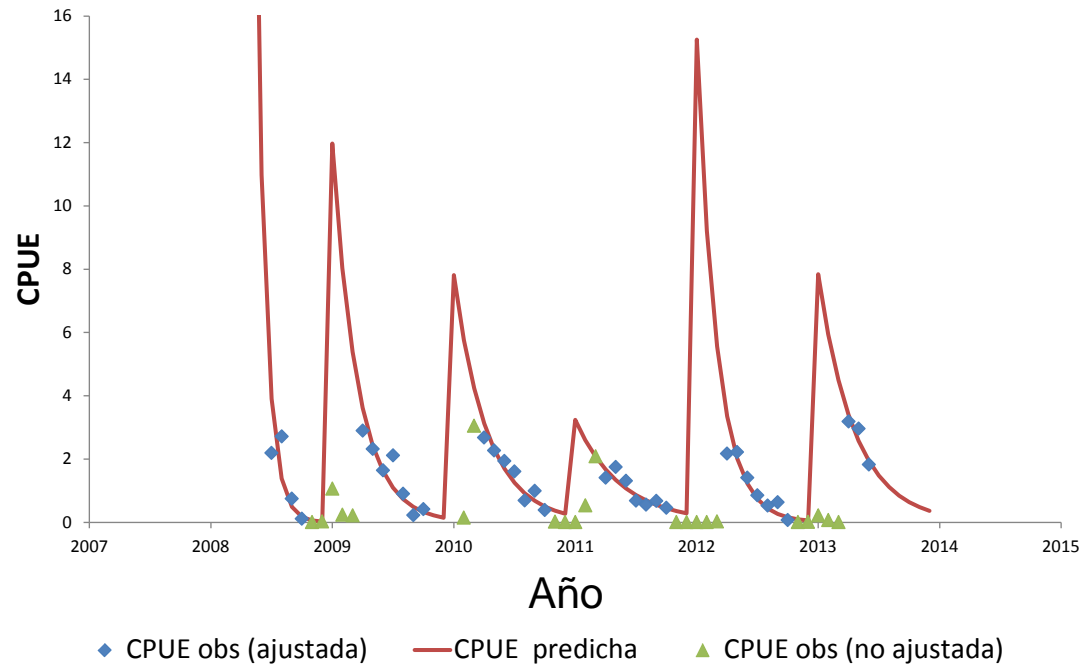
- CPUE ( $I$ ) reducción exponencial

$$\hat{I}_{y,m+1} = \hat{I}_{y,m} e^{-Z_y}$$

- Función de verosimilitud

$$\sum_{y,m} \frac{(\ln[I_{y,m}] - \ln[\hat{I}_{y,m}])^2}{2\sigma_I^2}$$

- Parámetros a estimar:  $\alpha_y$  ,  $Z_y$

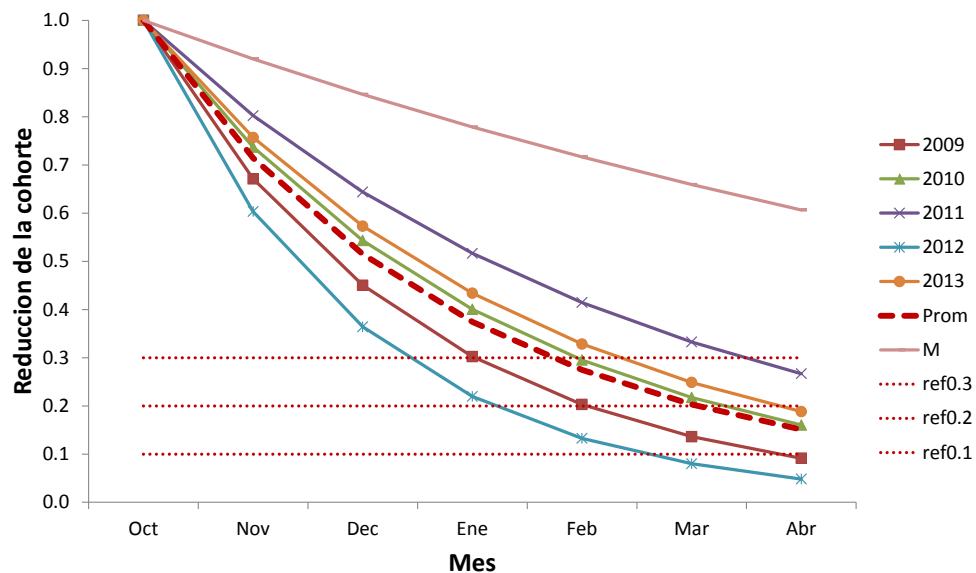


# Paso 1: Análisis de la CPUE

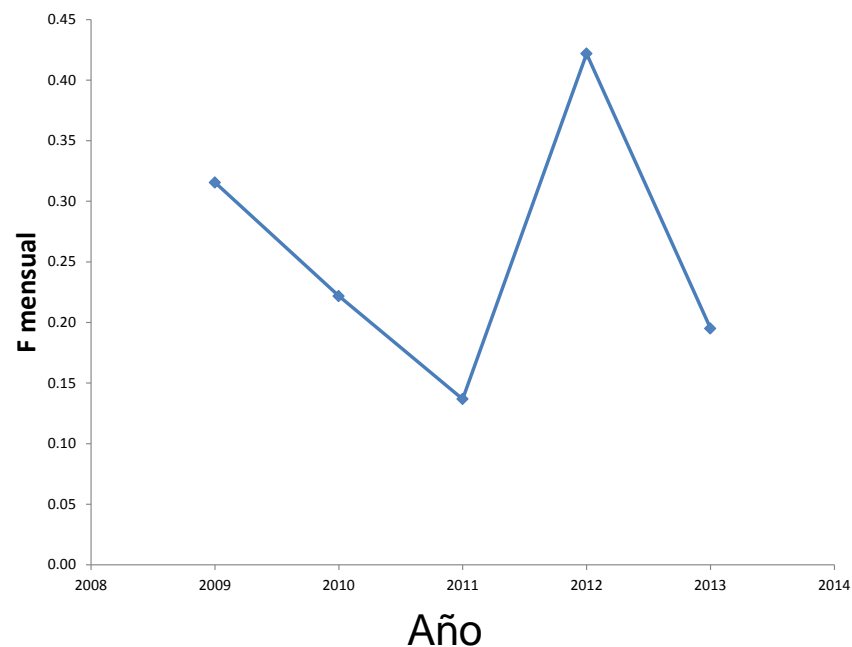
## Resultados



- Reducción de la cohorte



- Mortalidad por pesca mensual ( $F$ )





# Demonstración de los estimadores de reducción con datos de dorado del OPO

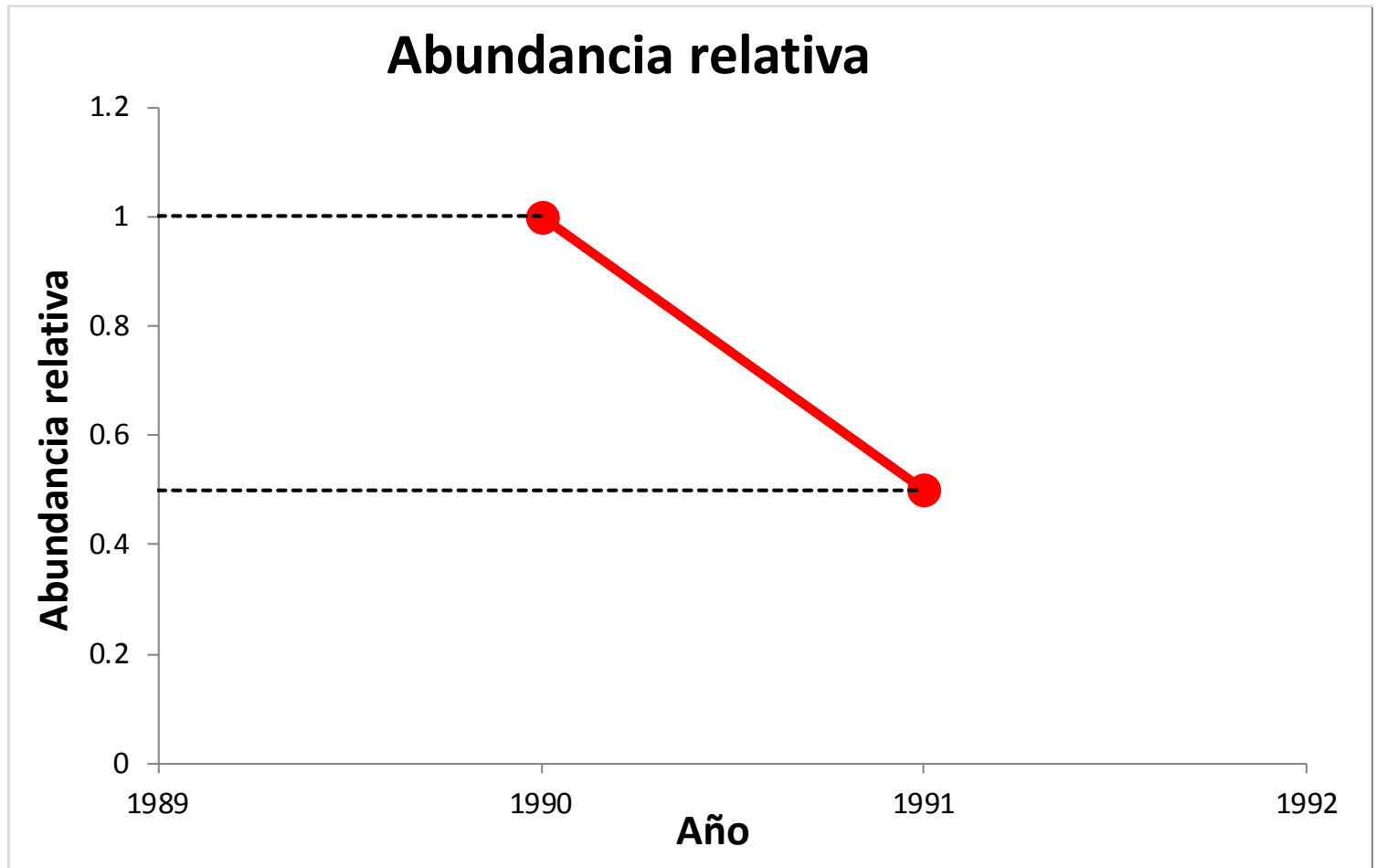
(tutorial paso a paso en MS Excel)

- Paso 1: Análisis de las tasas de captura (CPUE)
- Paso 2: Añadir las capturas
- Paso 3: Añadir selectividad
- Paso 4: Añadir desvios de la mortalidad por pesca (F)

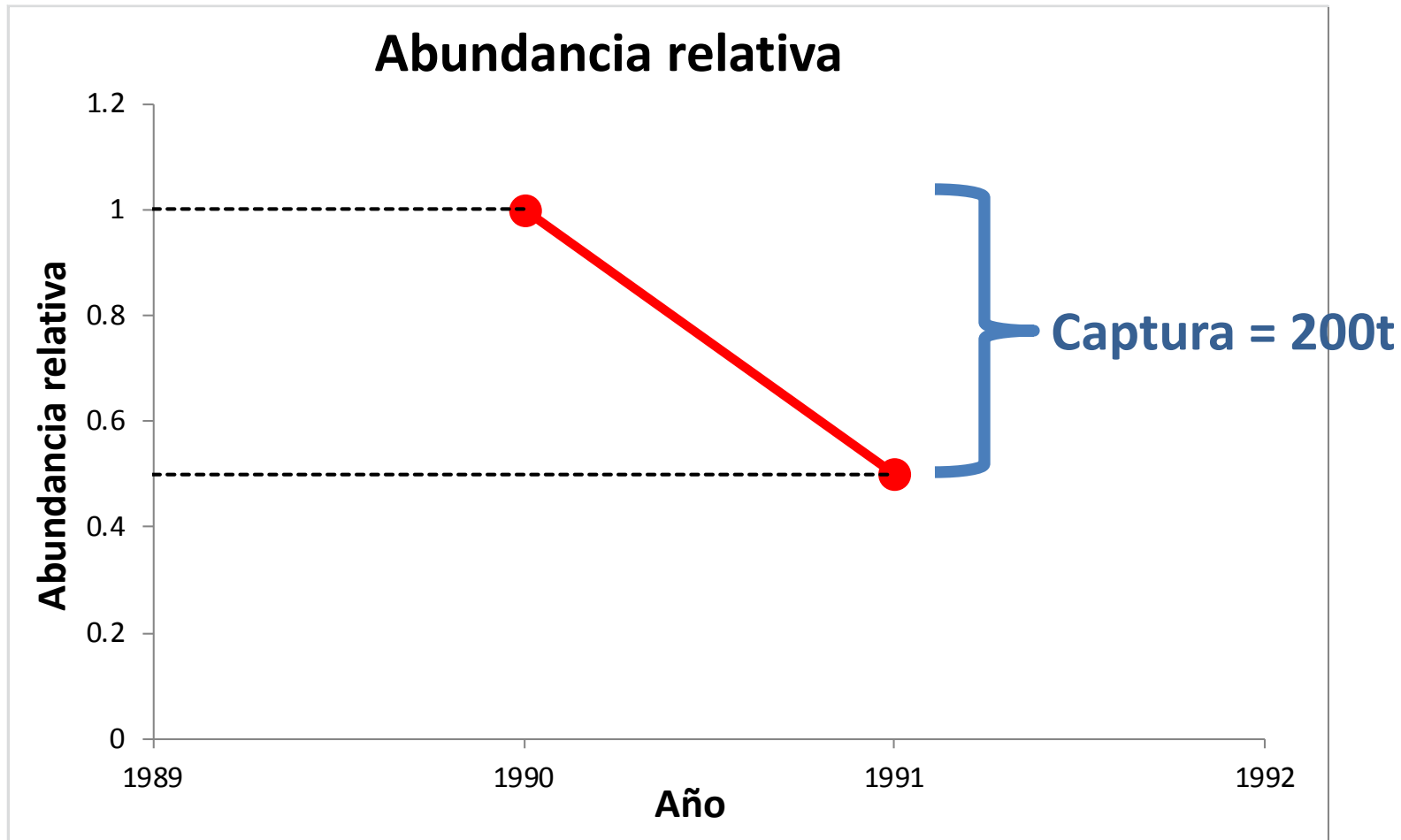


## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)

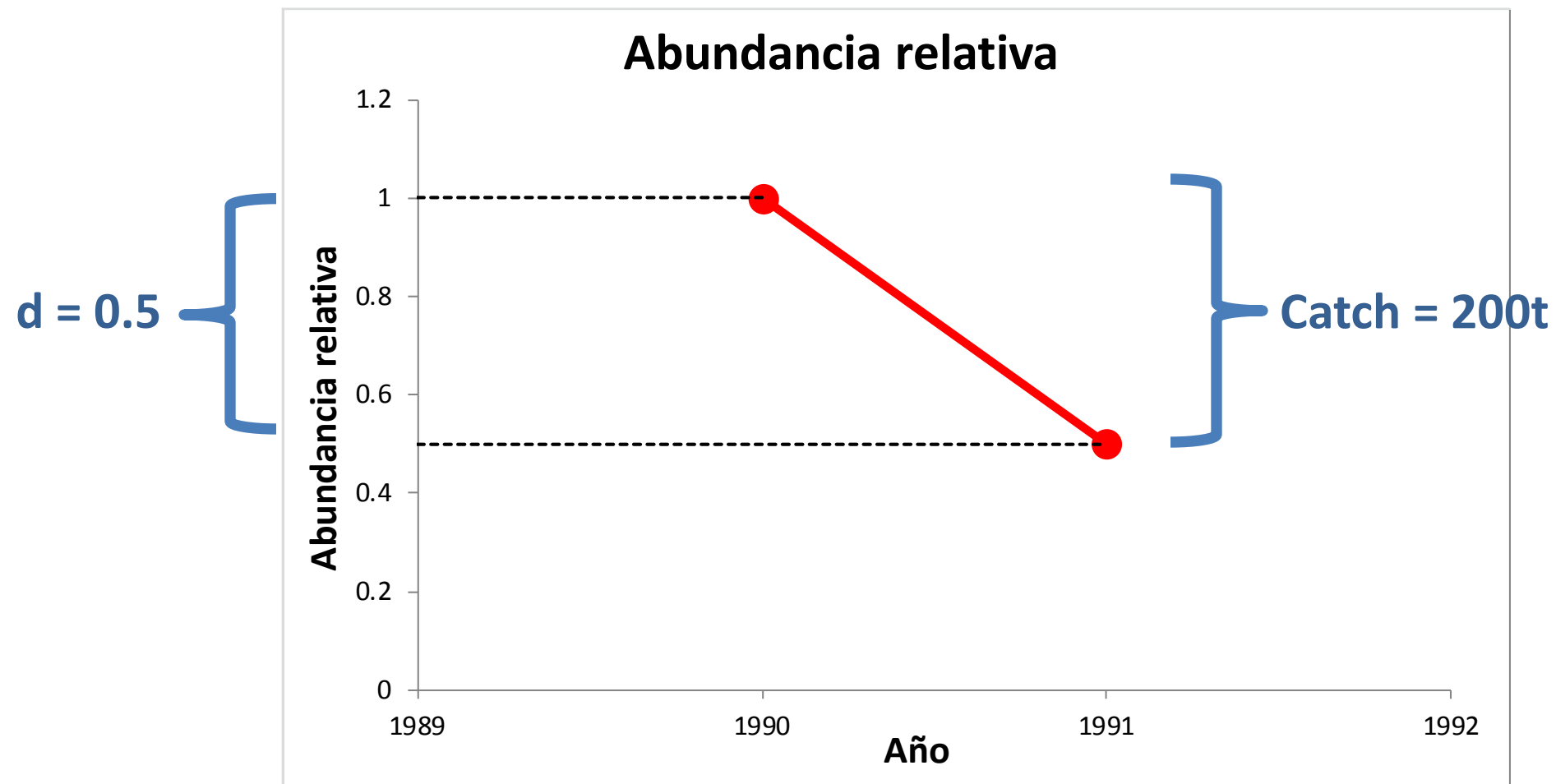
---



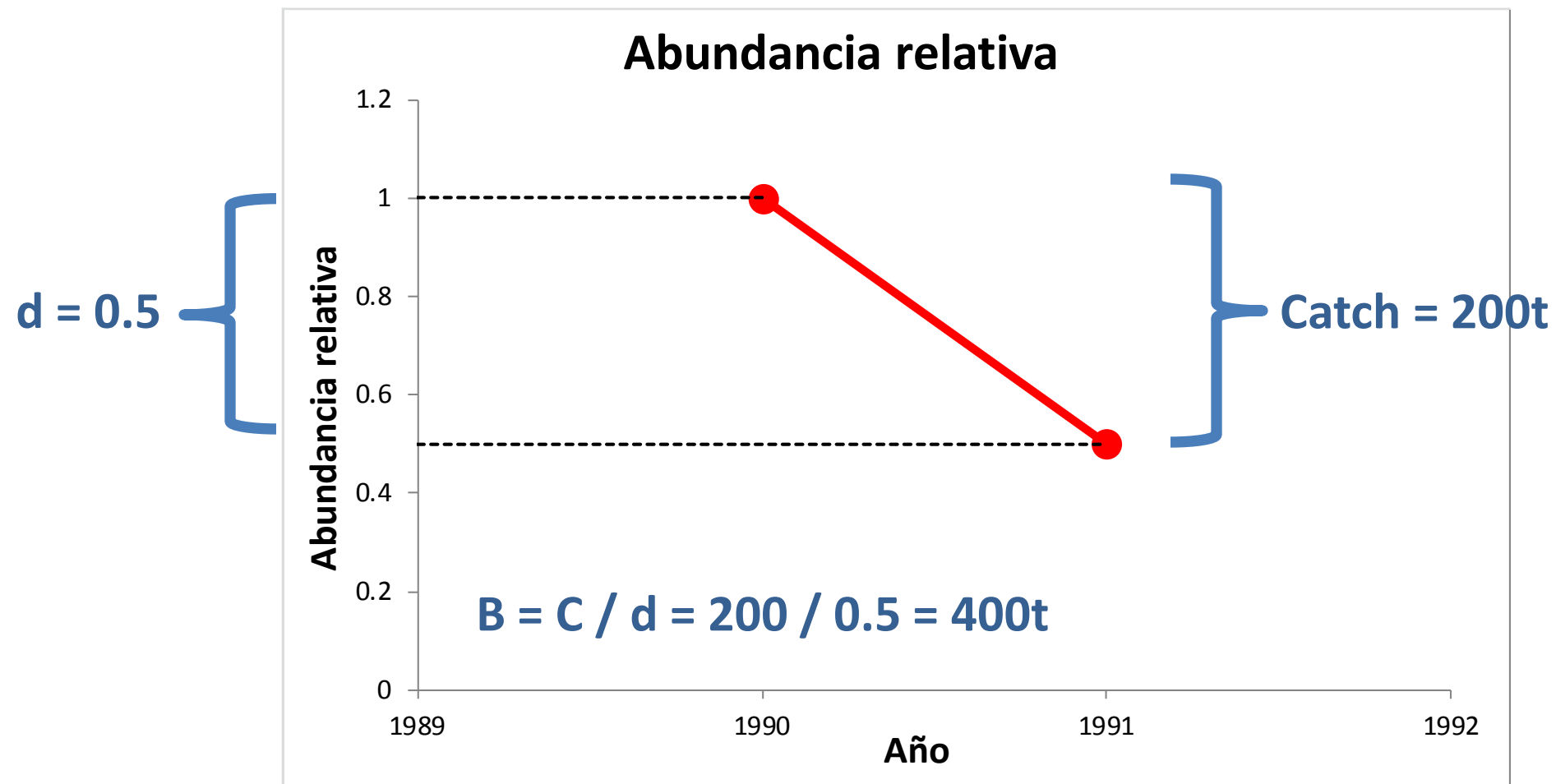
## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)



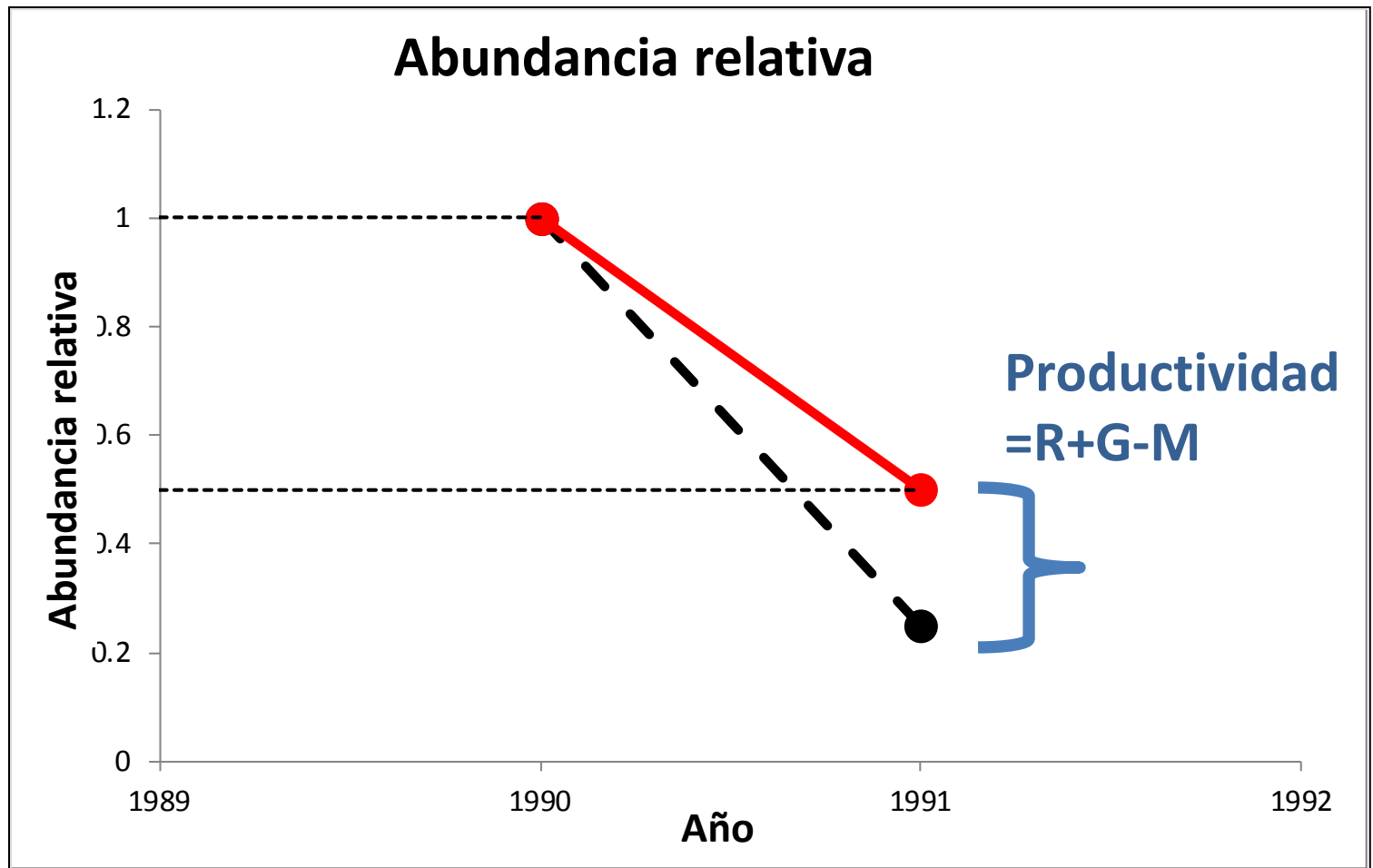
## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)



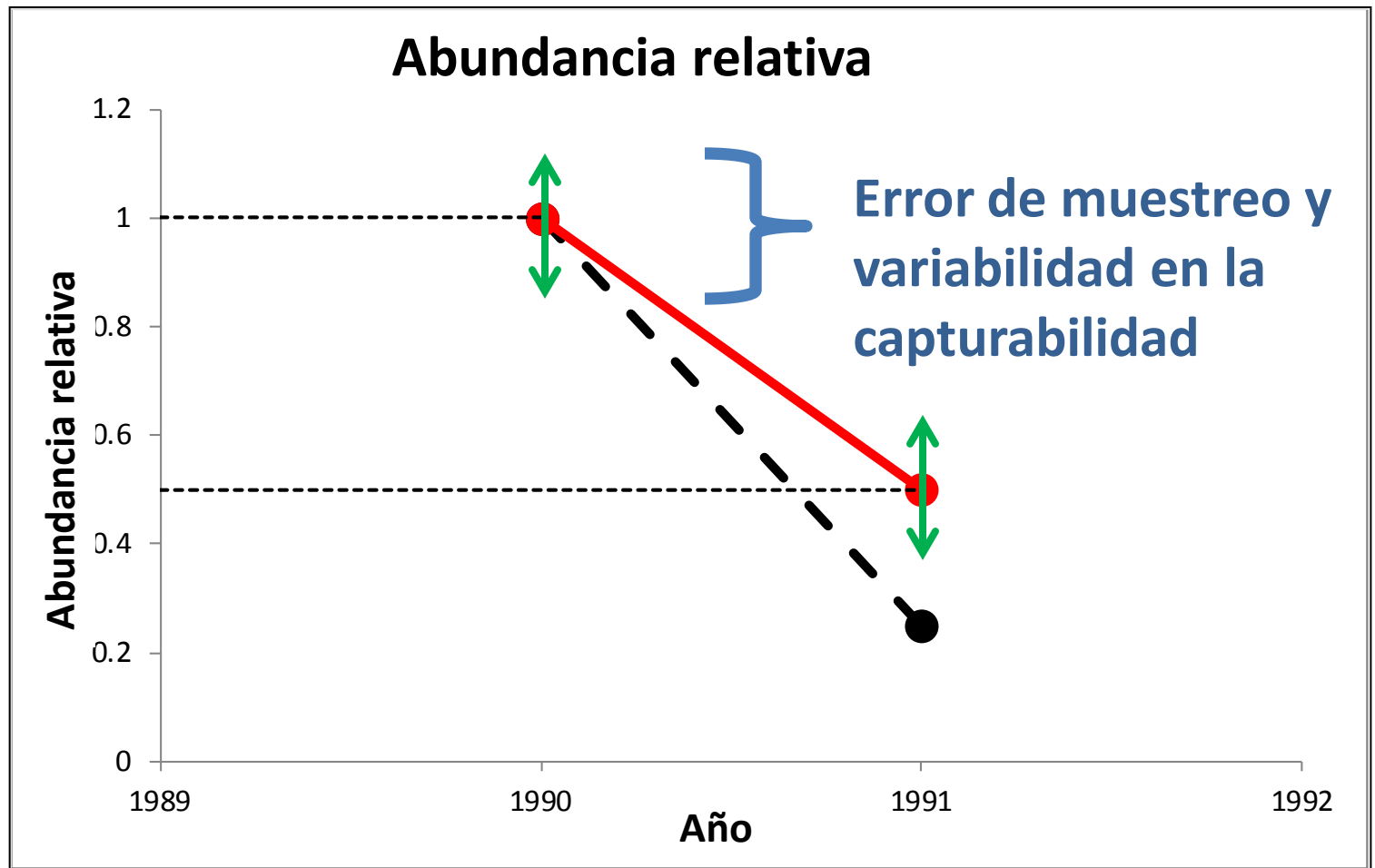
## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)



## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)



## Paso 2: Añadir las capturas (grafica de la reducción)



# Paso 2: Añadir las capturas

---



PASO2\_anadirCaptura\_TPL.xlsx

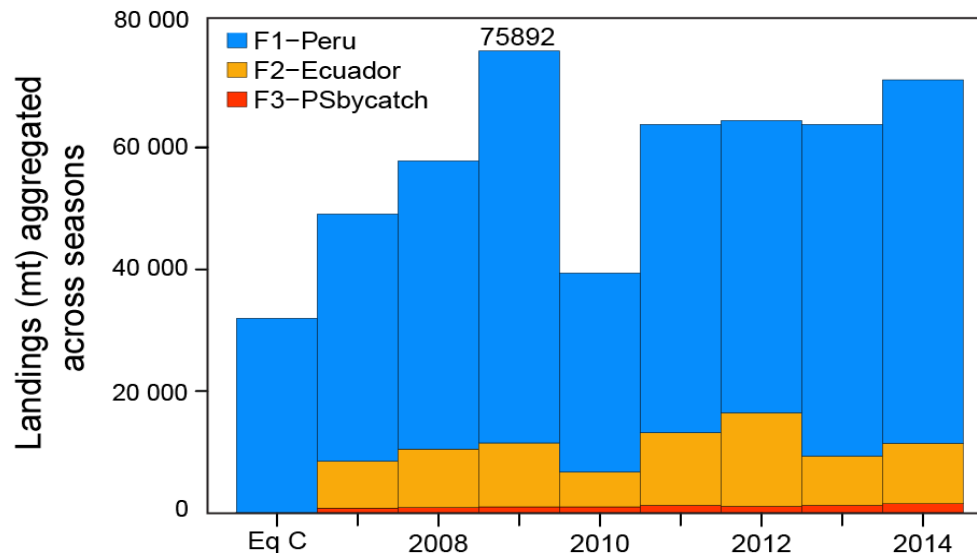
# Paso 2: Añadir las capturas

## Serie temporal de descargas

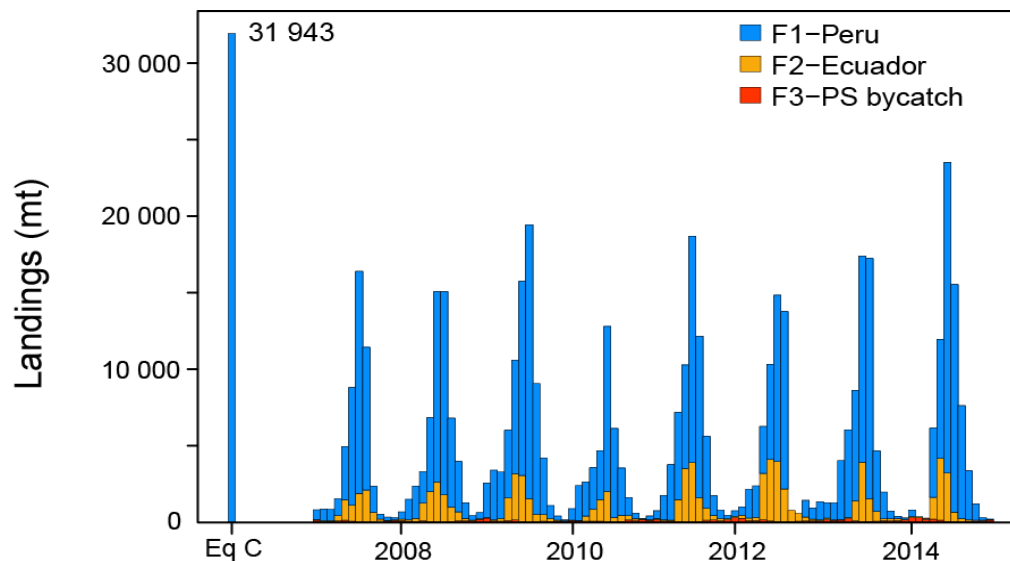
Modelo 2 – captura



ANUAL



MENSUAL







# Paso 2: Añadir las capturas

## Ecuaciones del modelo

- Condiciones iniciales

$$N_{y,1} = \alpha_y$$

- Reducción exponencial de la cohorte

$$N_{y,m+1} = N_{y,m} e^{-Z_y}$$

- Ecuación de captura de Baranov

$$\hat{C}_{y,m} = \frac{F_y}{Z_y} N_{y,m} (1 - e^{-Z_y}) w_m$$

- Función de verosimilitud

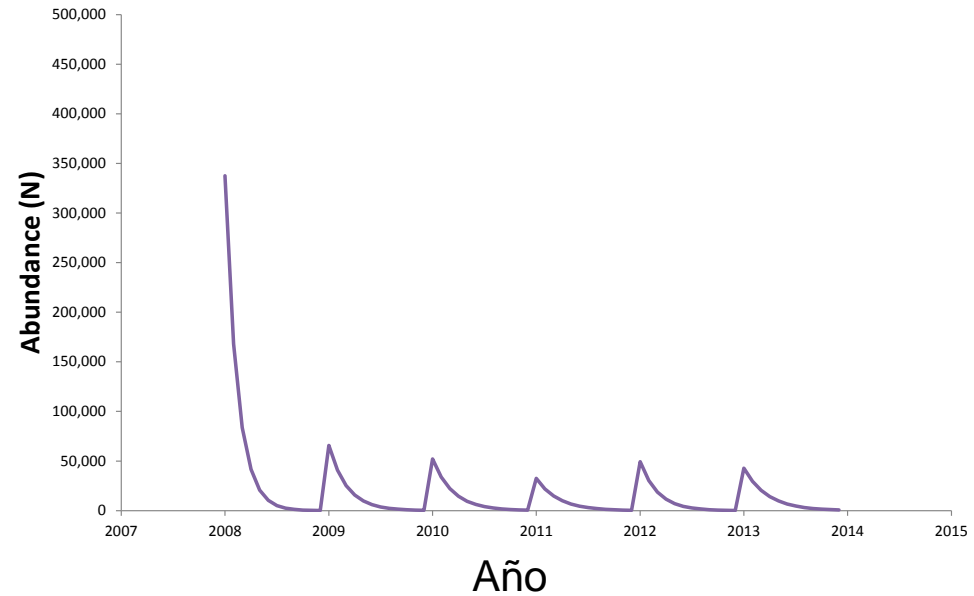
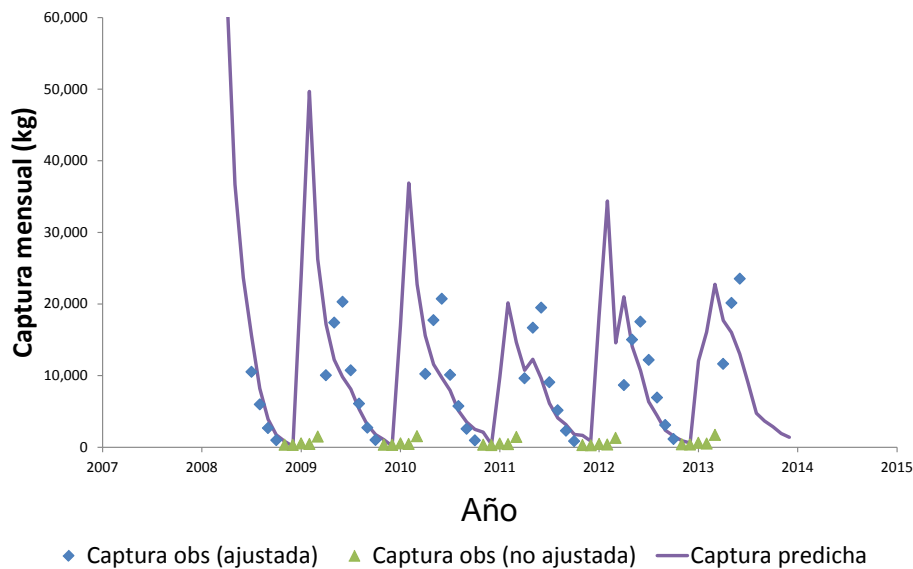
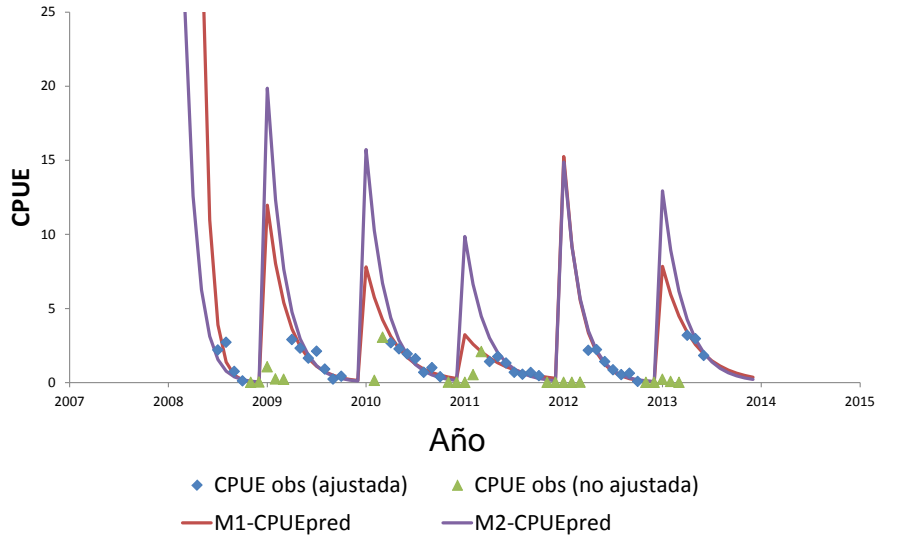
$$\sum_{y,m} \frac{(\ln[I_{y,m}] - \ln[qN_{y,m}])^2}{2\sigma_I^2} + \sum_{y,m} \frac{(\ln[C_{y,m}] - \ln[\hat{C}_{y,m}])^2}{2\sigma_C^2}$$

- Parámetros a estimar:  $\alpha_y$ ,  $Z_y$ ,  $q$

# Paso 2: Añadir las capturas

## Ajuste del modelo

Modelo 2 – captura

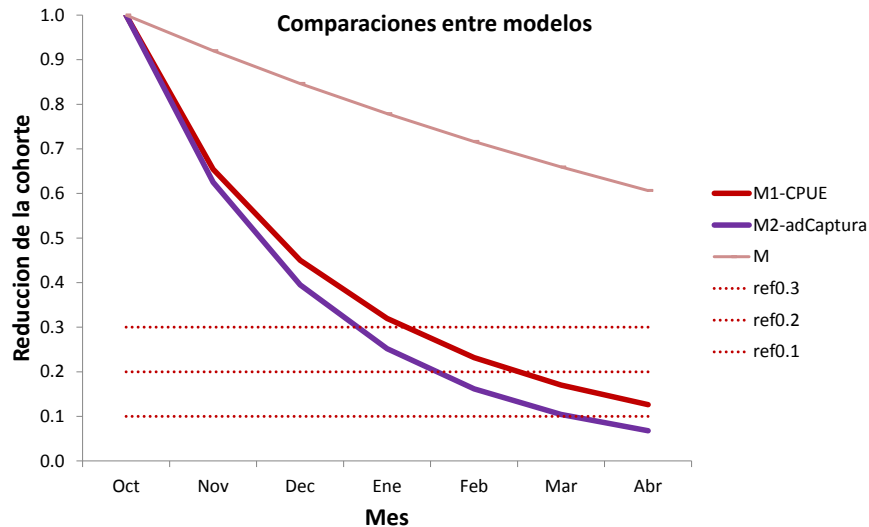
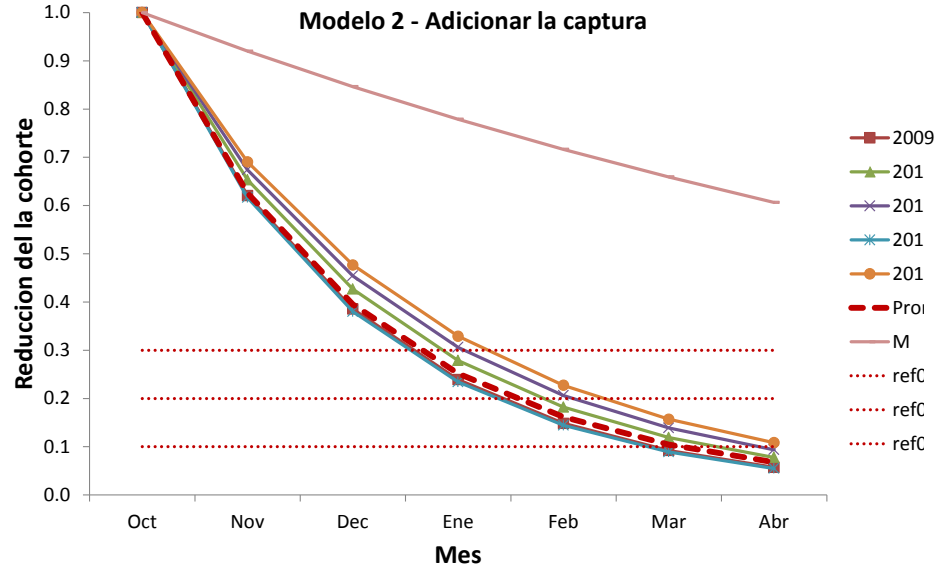


# Paso 2: Añadir las capturas

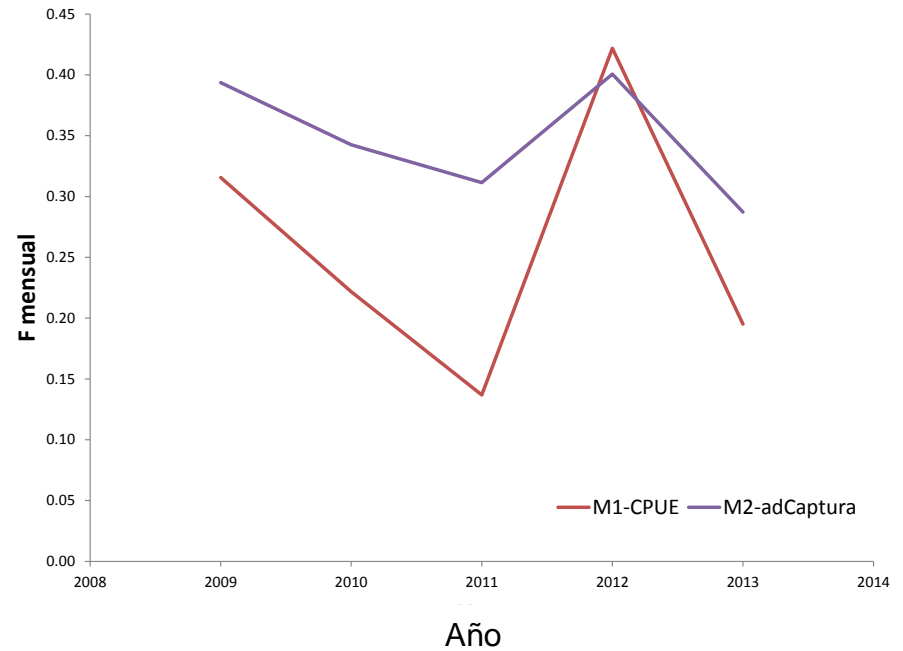
## Resultados



### ● Reducción de la cohorte



### ● Mortalidad por pesca mensual (F)





# Demonstración de los estimadores de reducción con datos de dorado del OPO

(tutorial paso a paso en MS Excel)

- Paso 1: Análisis de las tasas de captura (CPUE)
- Paso 2: Añadir las capturas
- Paso 3: Añadir selectividad
- Paso 4: Añadir desvíos de la mortalidad por pesca (F)

# Paso 3: Añadir selectividad

---

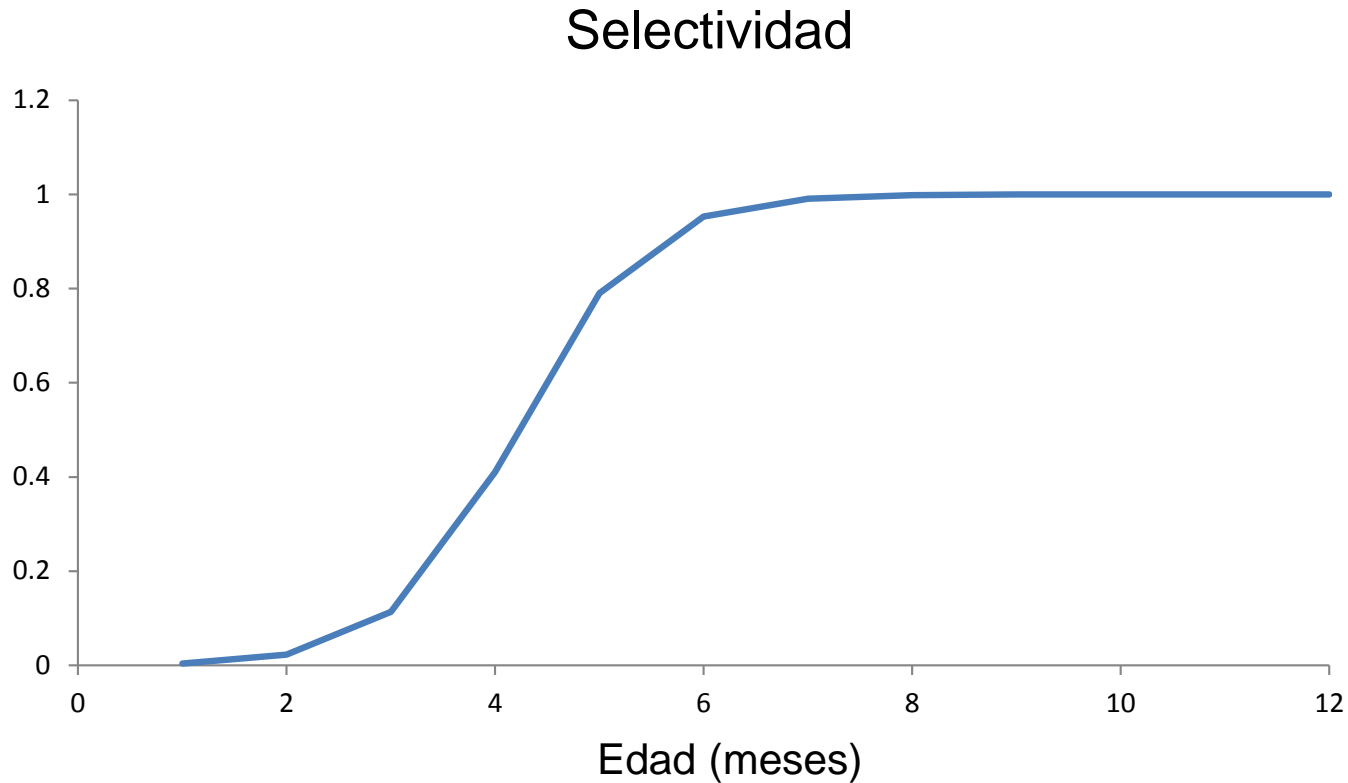


PASO3\_anadirSelectividad\_TPL.xlsx

# Paso 3: Añadir selectividad



## Curva de selectividad por edad





# Paso 3: Añadir selectividad

## Ecuaciones del Modelo

- Condiciones iniciales

$$N_{y,1} = \alpha_y$$

- Reducción exponencial de la cohorte

$$N_{y,m+1} = N_{y,m} e^{-s_m F_y - M}$$

- Selectividad logística

$$s_m = \left( 1 + \exp \left[ -\ln[19] \frac{a - a_{50}}{a_{95} - a_{50}} \right] \right)^{-1}$$

- Ecuación de captura de Baranov

$$\hat{C}_{y,m} = \frac{s_m F_y}{s_m F_y + M} N_{y,m} (1 - e^{-s_m F_y - M}) w_m$$

- Función de verosimilitud

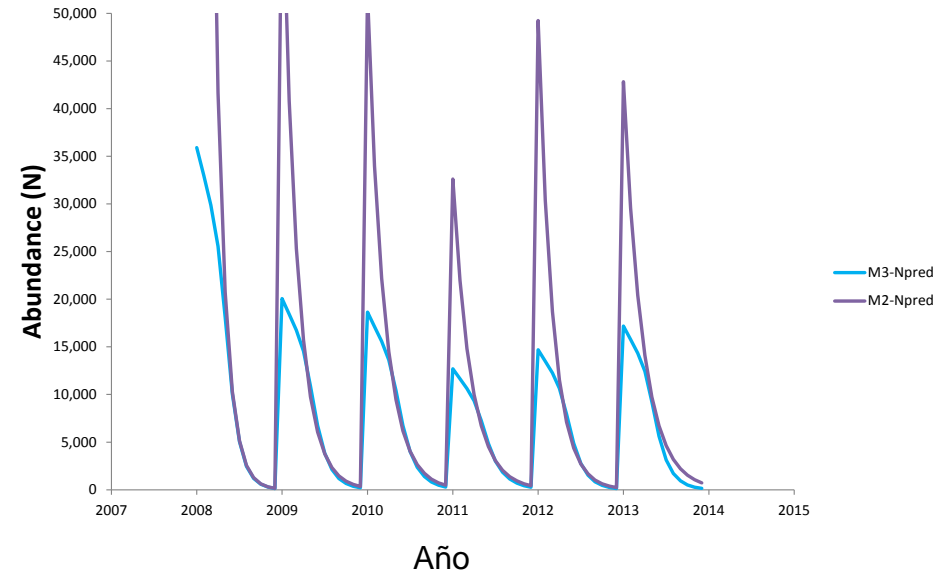
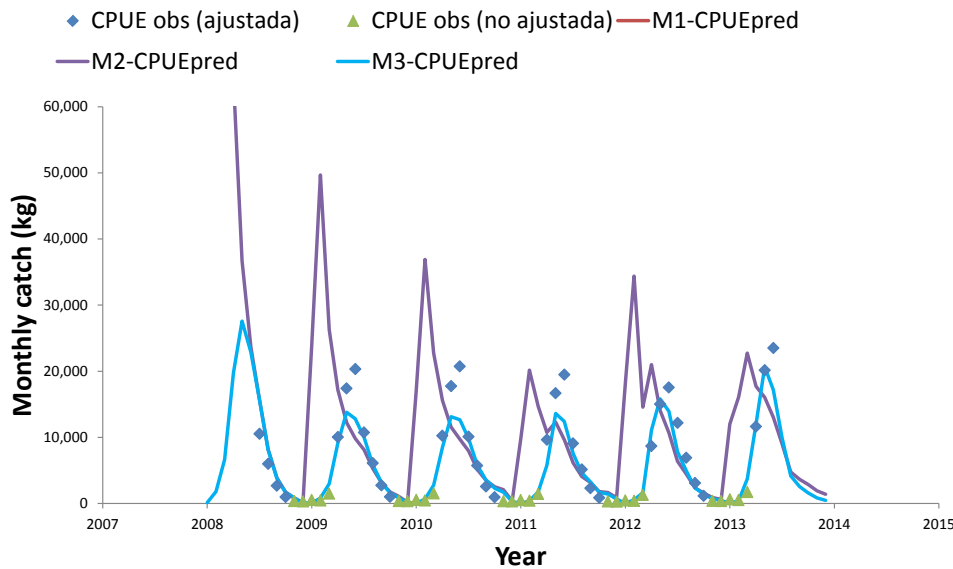
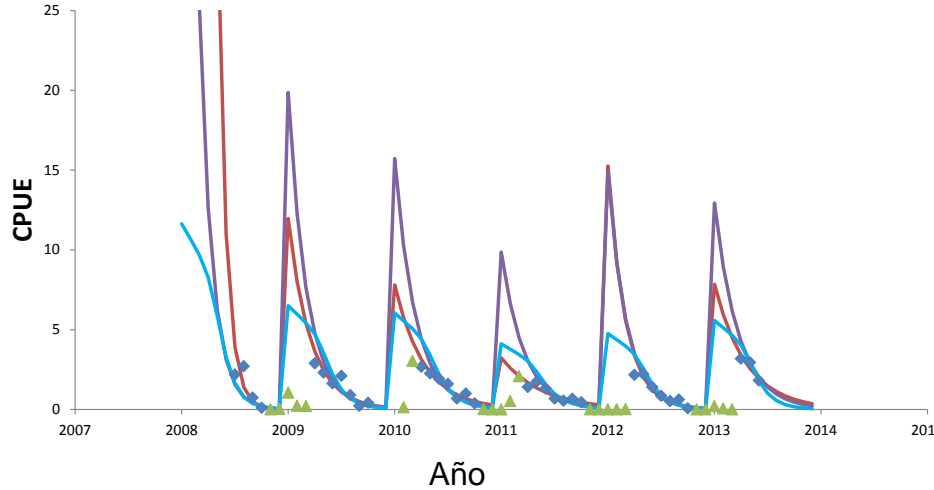
$$\sum_{y,m} \frac{(\ln[I_{y,m}] - \ln[qN_{y,m}])^2}{2\sigma_I^2} + \sum_{y,m} \frac{(\ln[C_{y,m}] - \ln[\hat{C}_{y,m}])^2}{2\sigma_C^2}$$

- Parámetros a estimar:  $\alpha_y$  ,  $F_y$  ,  $a_{50}$  ,  $a_{95}$  ,  $q$

# Paso 3: Añadir selectividad



## Ajuste del modelo



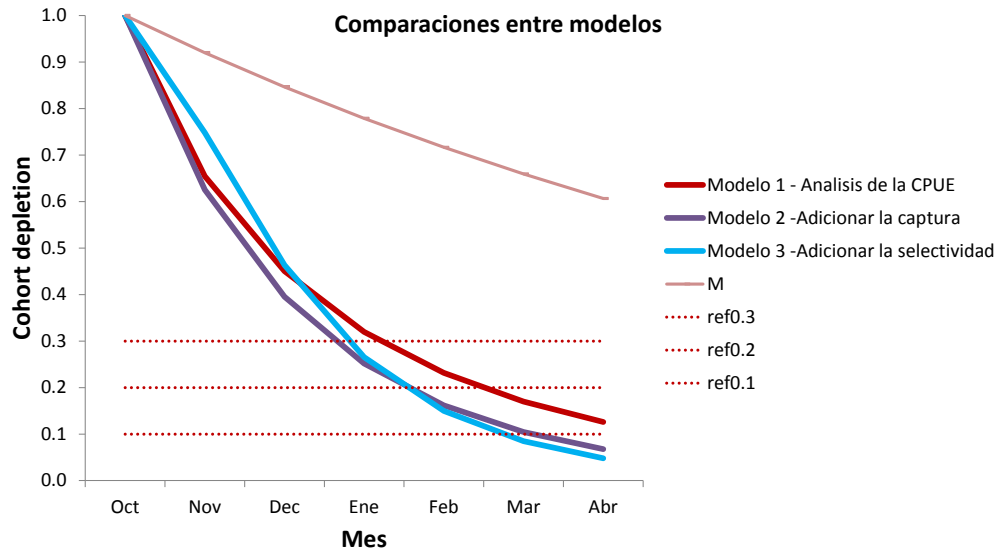
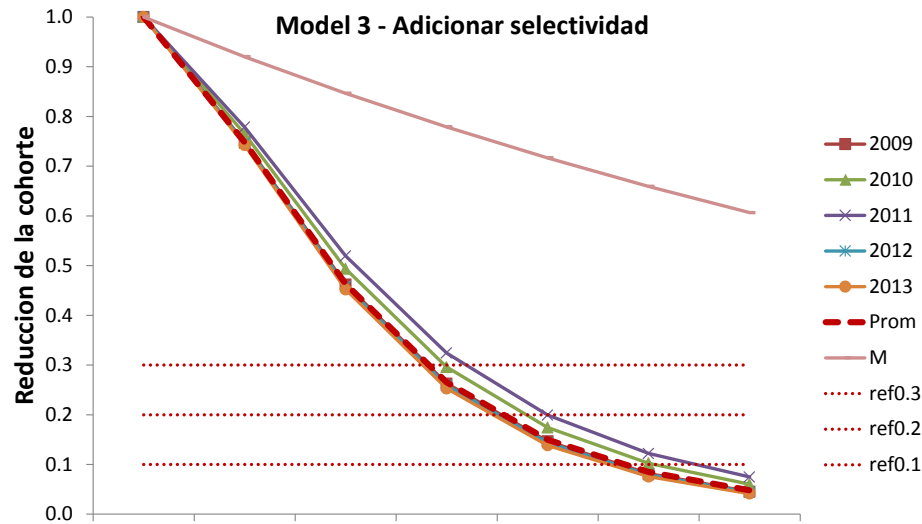


# Paso 3: Añadir selectividad

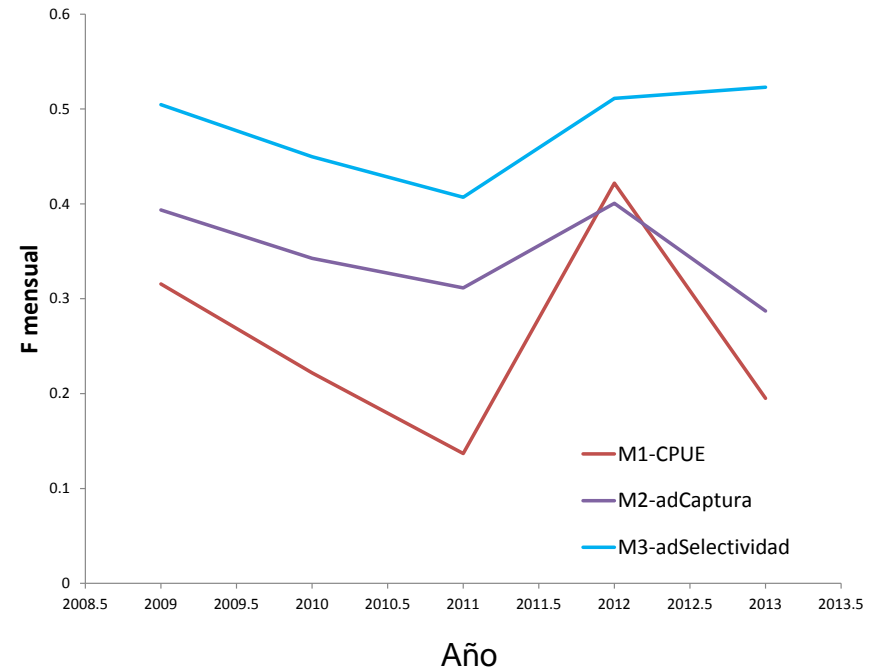
## Resultados



- Reducción de la cohorte



- Mortalidad por pesca mensual





# Demonstración de los estimadores de reducción con datos de dorado del OPO

(tutorial paso a paso en MS Excel)

- Paso 1: Análisis de las tasas de captura (CPUE)
- Paso 2: Añadir las capturas
- Paso 3: Añadir selectividad
- Paso 4: Añadir desvios de la mortalidad por pesca (F)

## Paso 4: Añadir desvíos de $F$

---



PASO4\_anadirFdevs\_TPL.xlsx



# Paso 4: Añadir desvíos de $F$

## Ecuaciones de Modelo

- Condiciones iniciales

$$N_{y,1} = \alpha_y$$

- Reducción exponencial de la cohorte

$$N_{y,m+1} = N_{y,m} e^{-F_{y,m}-M}$$

- Selectividad logística

$$s_m = \left( 1 + \exp \left[ -\ln[19] \frac{a - a_{50}}{a_{95} - a_{50}} \right] \right)^{-1}$$

- Ecuación de captura de Baranov

$$\hat{C}_{y,m} = \frac{F_{y,m}}{F_{y,m} + M} N_{y,m} (1 - e^{-F_{y,m}-M}) w_m$$

- Mortalidad por pesca ( $F$ )

$$F_{y,m} = s_m F_y e^{\varepsilon_{y,m}} \sum_{y,m} \frac{\varepsilon_{y,m}^2}{2\sigma_\varepsilon^2}$$

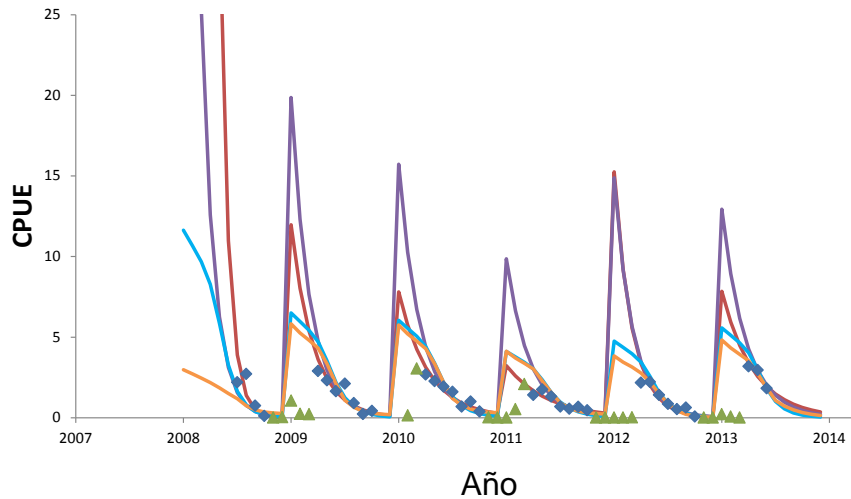
- Función de verosimilitud

$$\sum_{y,m} \frac{(\ln[I_{y,m}] - \ln[qN_{y,m}])^2}{2\sigma_I^2} + \sum_{y,m} \frac{(\ln[C_{y,m}] - \ln[\hat{C}_{y,m}])^2}{2\sigma_C^2}$$

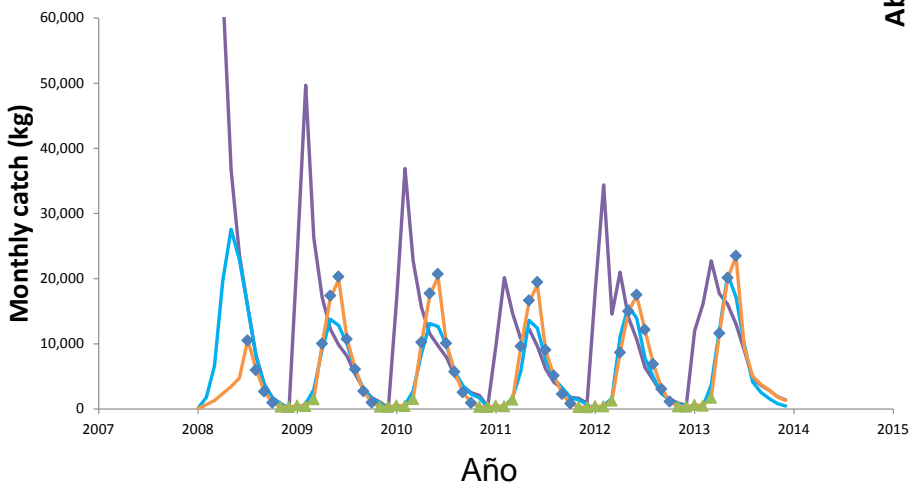
- Parámetros a estimar:  $\alpha_y, F_{y,m}, a_{50}, a_{95}, q, \varepsilon_{y,m}$

# Paso 4: Añadir desvios de $F$

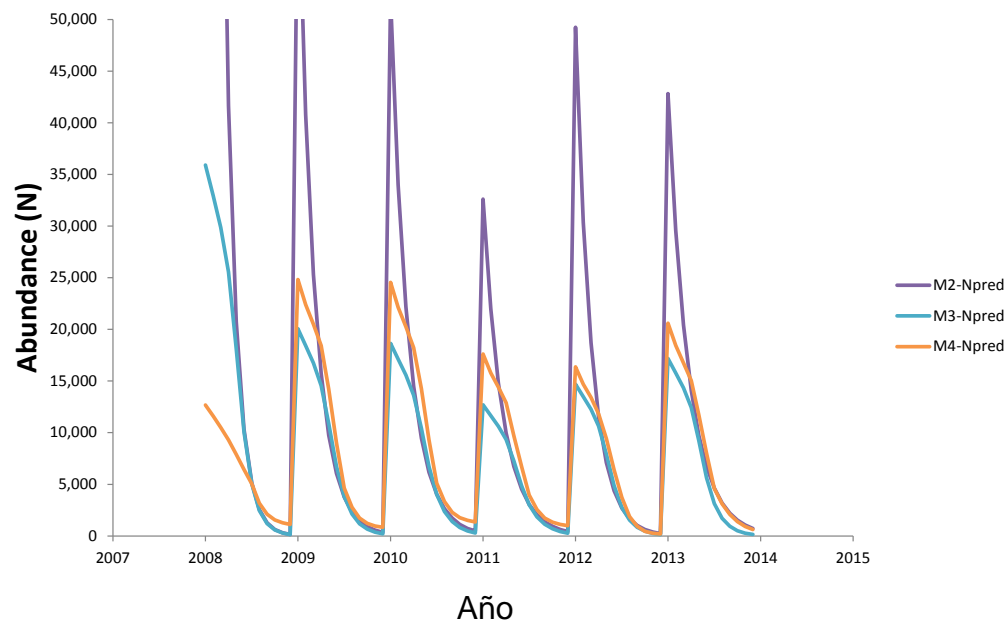
## Ajuste del modelo



- ◆ CPUE obs (fitted)
- ▲ CPUE obs (not fitted)
- M1-CPUEpred
- M2-CPUEpred
- M3-CPUEpred
- M4-CPUEpred



- ◆ Catch obs (adjusted)
- ▲ Catch obs (not fitted)
- M2-CatchPred
- M3-CatchPred
- M4-CatchPred



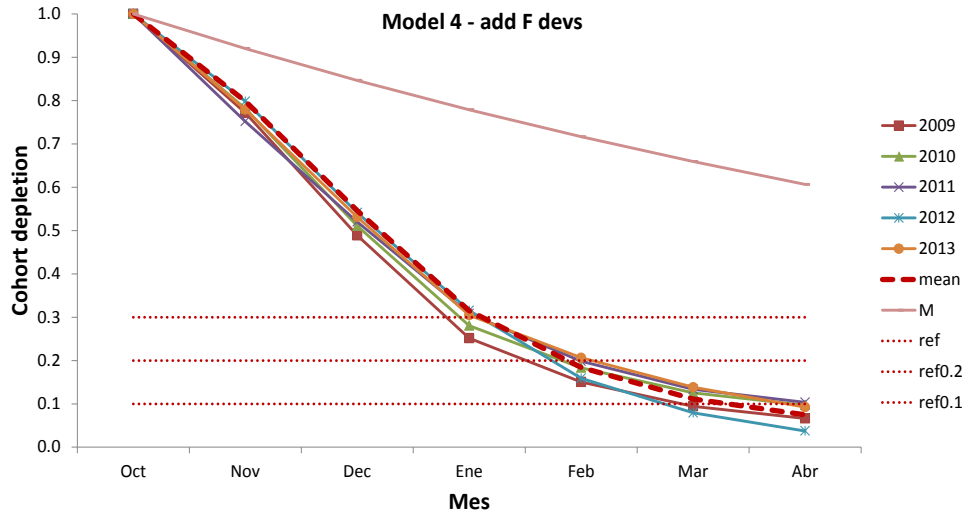
- M2-Npred
- M3-Npred
- M4-Npred

# Paso 4: Añadir desvios de $F$

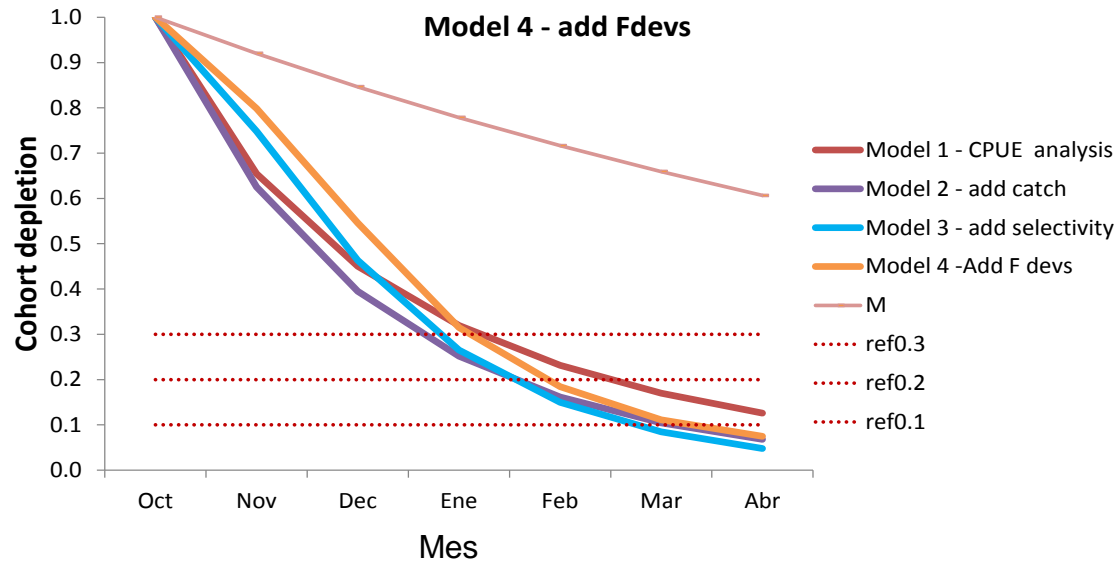
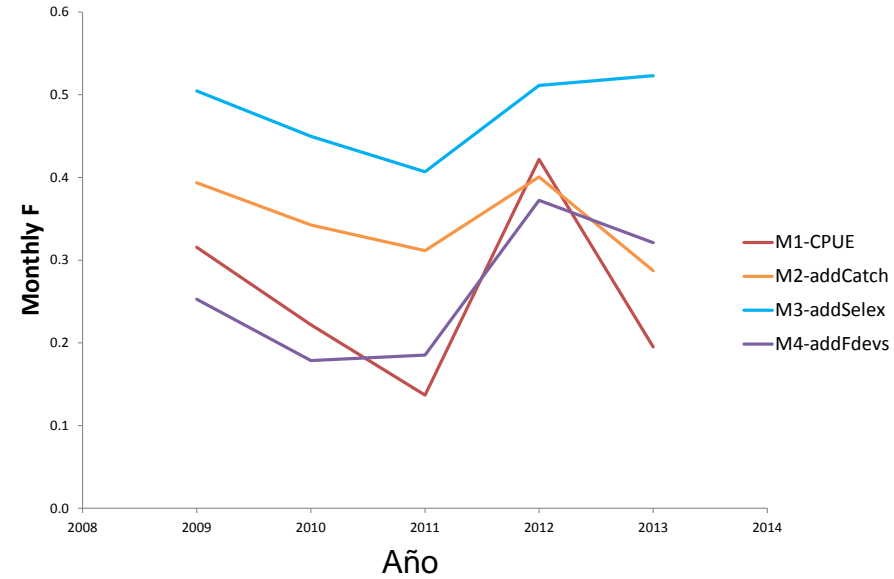
## Resultados

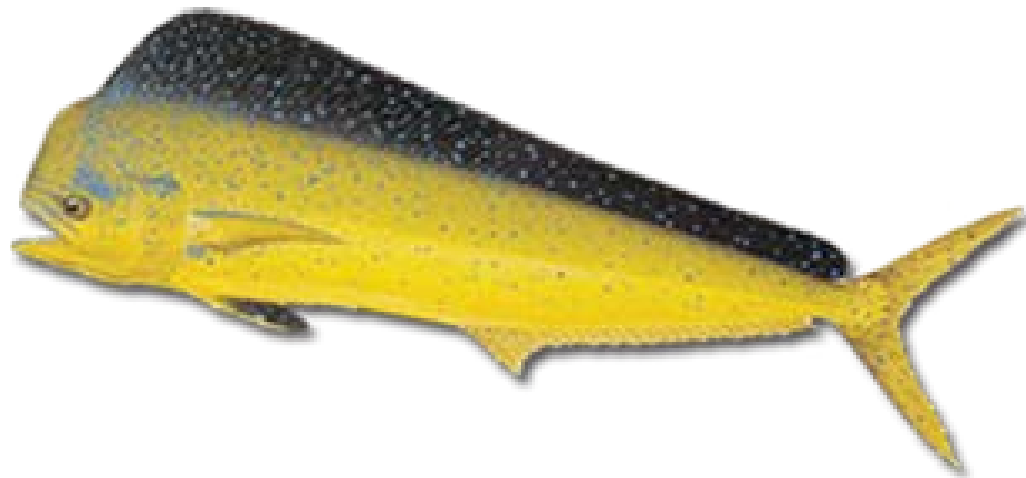


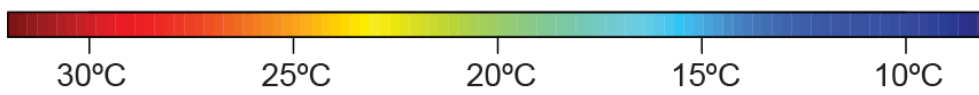
### ● Reducción de una cohorte



### ● Mortalidad por pesca mensual ( $F$ )



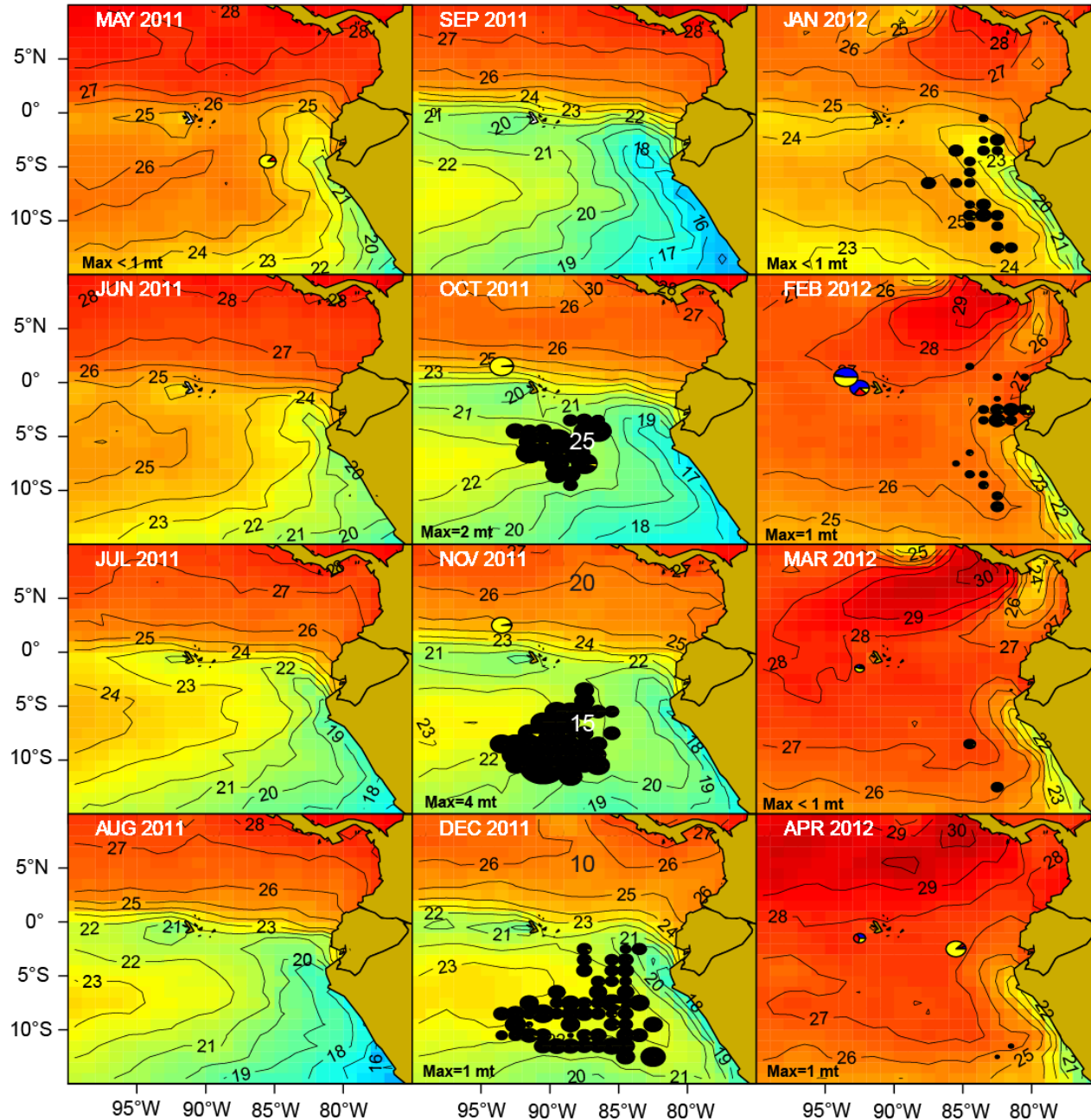




Antecedentes



La dinámica espacio-temporal

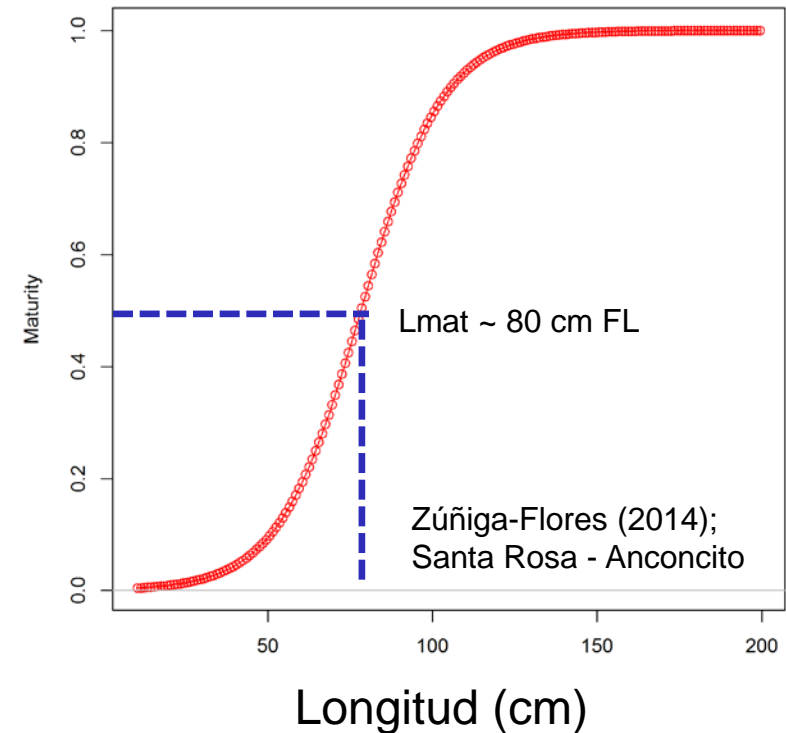
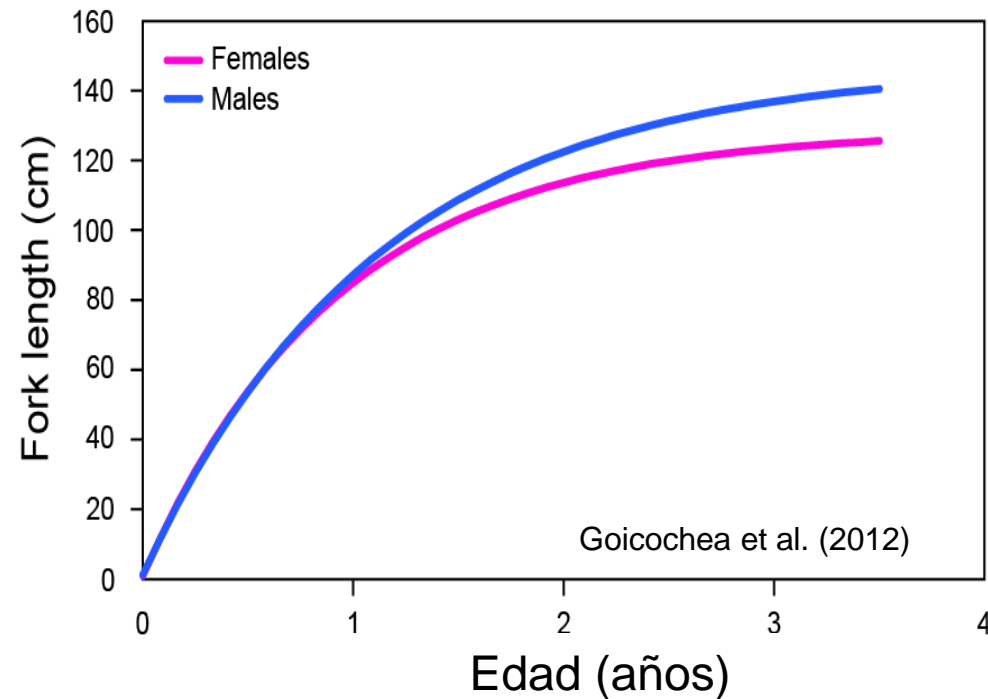




# Procesos biológicos

## Crecimiento y reproducción

Antecedentes



# Edad y crecimiento



Edad y crecimiento *Coryphaena hippurus*

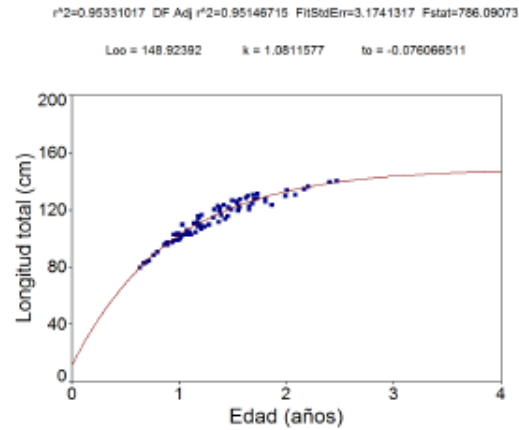


Figura 1.- Curva de crecimiento de perico, hembras. Febrero 2010.

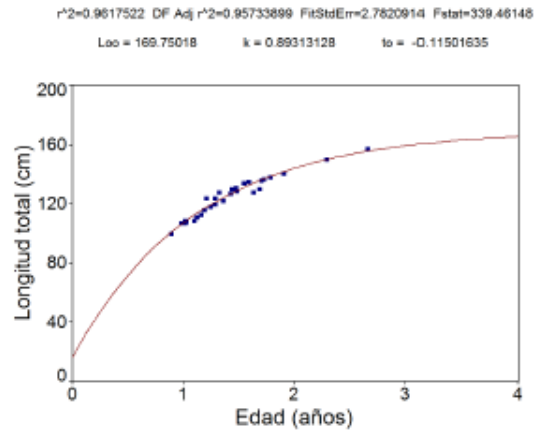
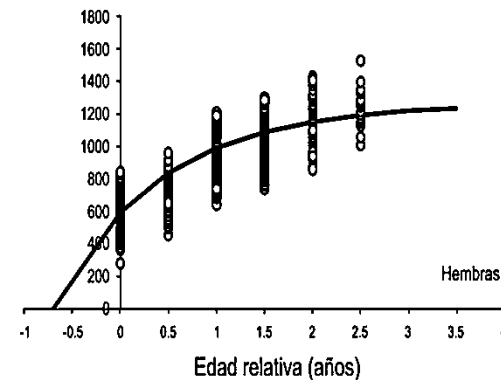
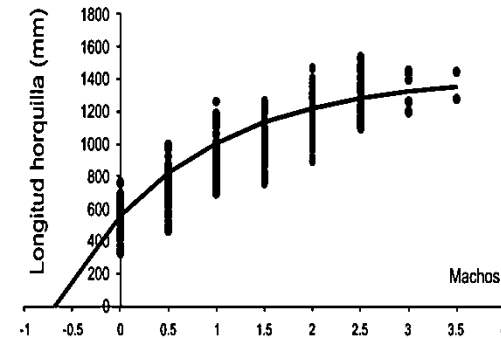
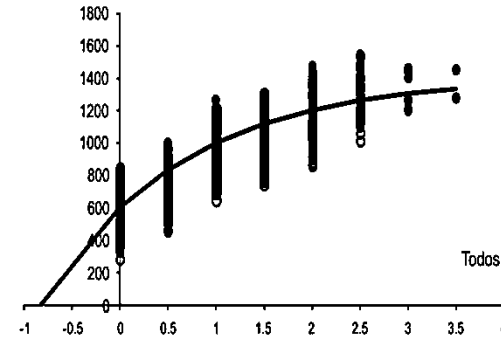


Figura 2.- Curva de crecimiento de perico, machos. Febrero 2010.

El  $\phi$  o índice de performance para las hembras es de 4.38 y para los machos 4.40 indicando un crecimiento ligeramente mayor para estos últimos.

Goicochea et al. (2012)



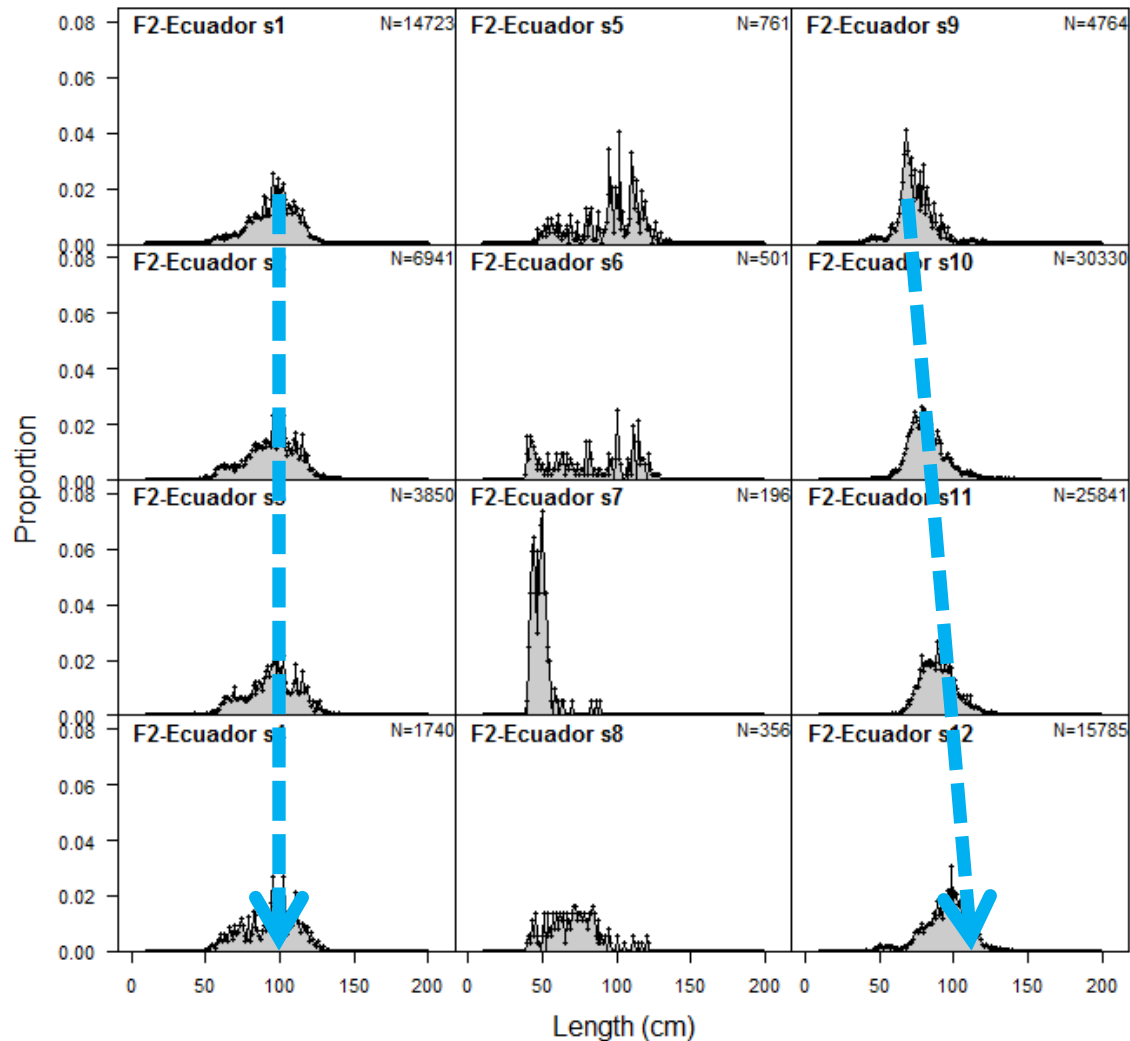
Zuñiga (2014)



# Evolución en números de una cohorte



size comp data, female, whole catch,  
aggregated within season by fleet



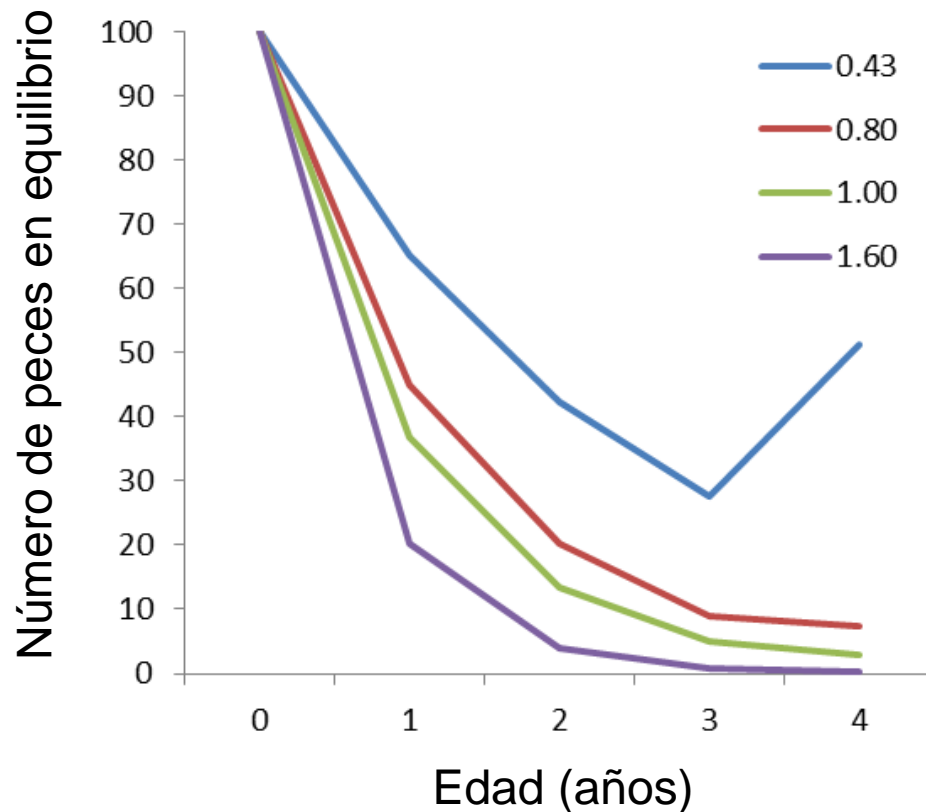
# Procesos biológicos

## mortalidad natural ( $M$ )

Antecedentes



$F = 0 \text{ año}^{-1}$  (virgen)



$F = 2 \text{ año}^{-1}$

