

# Revisión de los datos necesarios para la ordenación de pesquerías



Carolina M. Vera y Alexandre Aires-da-Silva  
Comisión Inter-Americana del Atún Tropical

---

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



# Temário

---



- Objetivos y ordenación pesqueros
- Evaluación de stock
  - Modelos
- Datos
- Indicadores
- Conclusión



# Objetivos y ordenación pesqueros

---



- Los objetivos de la pesca generalmente tienen que ver con obtener beneficios de la pesquería sin comprometer la capacidad de la población en generar esos beneficios
- La ordenación pesquera es el conjunto de acciones tomadas para cumplir los objetivos



# Los objetivos



de la pesquería generalmente tienen que ver con:

**obtener beneficios**

**Productividad  
pesquera, capturas**

**sin comprometer la capacidad de la población en  
generar esos beneficios**

**Garantizar la  
reproducción y el  
desarrollo de los  
juveniles**



# Evaluación de stock

---



Se hace una evaluación de stock para conocer el efecto de la pesquería sobre el stock y/o evaluar el efecto potencial de diferentes estrategias de extracción sobre la población

- Las evaluaciones se realizan usando modelos y datos
- En situaciones de datos limitados se escojen algunos indicadores



# Evaluación de stock

---



## **¿Que es un modelo de evaluación de stocks?**

Son modelos poblacionales (análisis demográficos), o sea, son construcciones que incluyen hipótesis sobre como funcionan las poblaciones

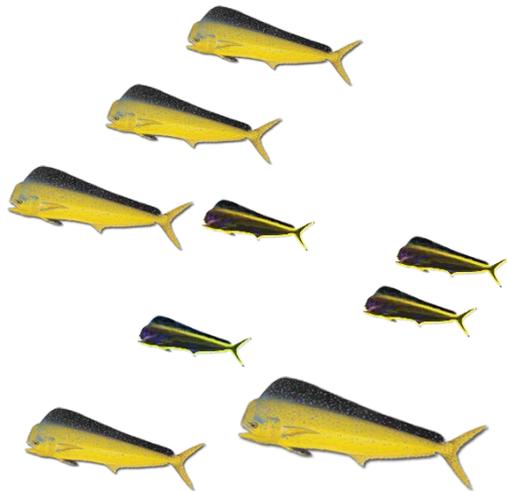
## **¿Que son los indicadores de la condición del stock?**

Son estadísticas basadas en datos o en modelos simples



# Modelos poblacionales

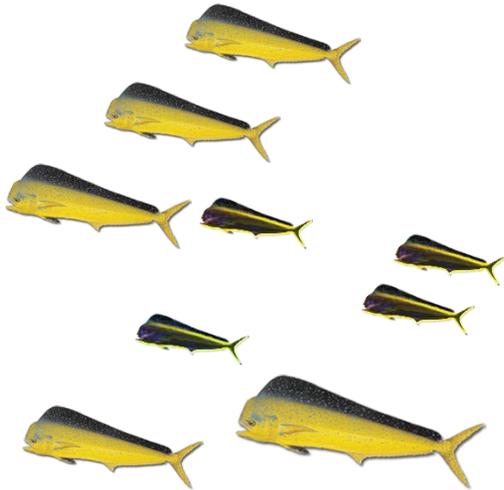
---



**Poblacion en el tiempo 1**

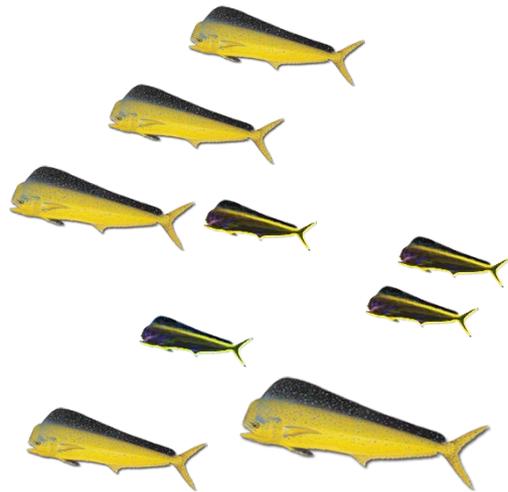
# Modelos poblacionales

---

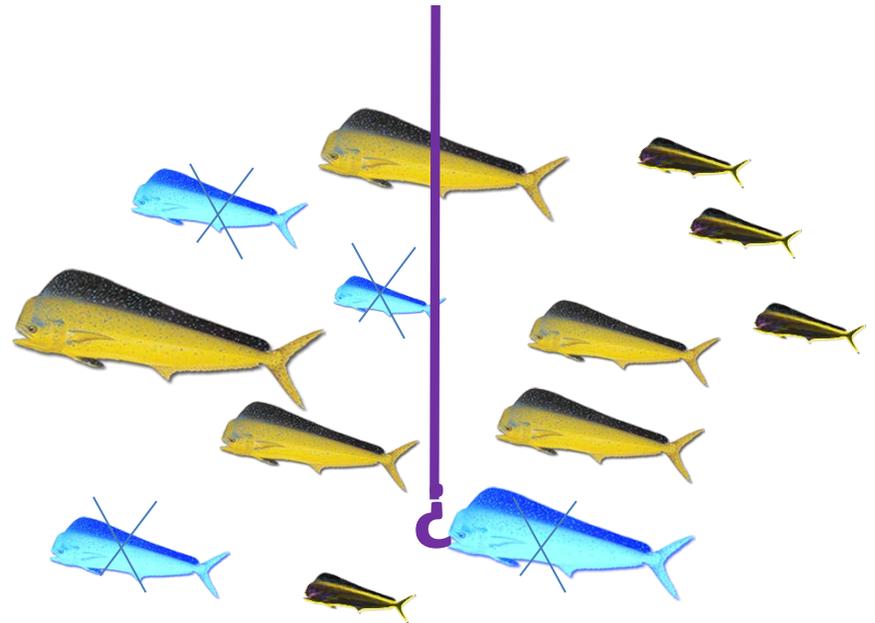


**Poblacion en el tiempo 1**

# Modelos poblacionales



Poblacion en el tiempo 1

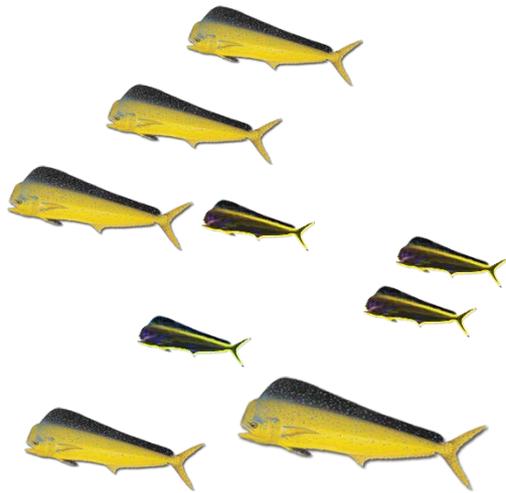


Poblacion en el tiempo 2

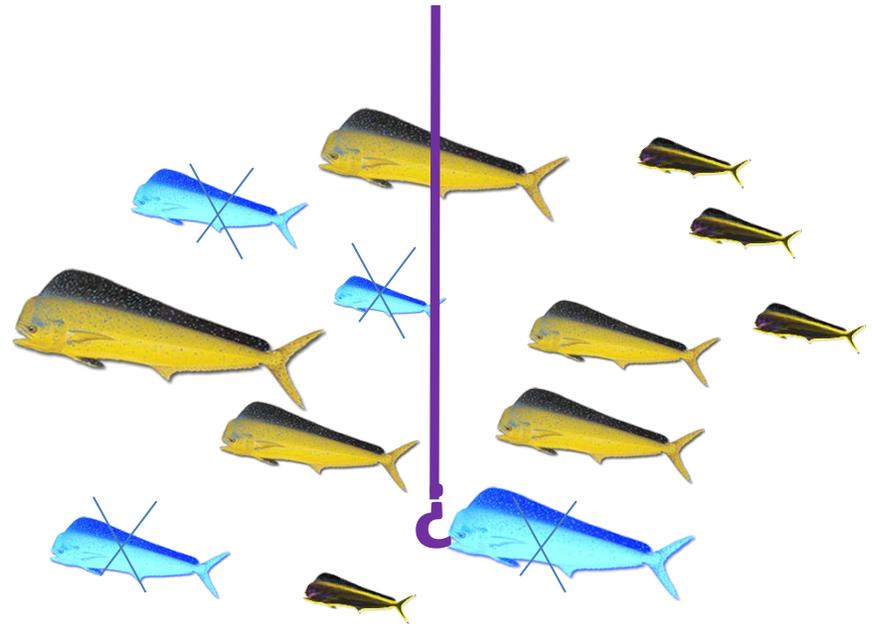
# Modelos poblacionales



Relacionan el estado de la población en presente con el estado de la población en el pasado, o sea, son **modelos dinámicos**



Poblacion en el tiempo 1

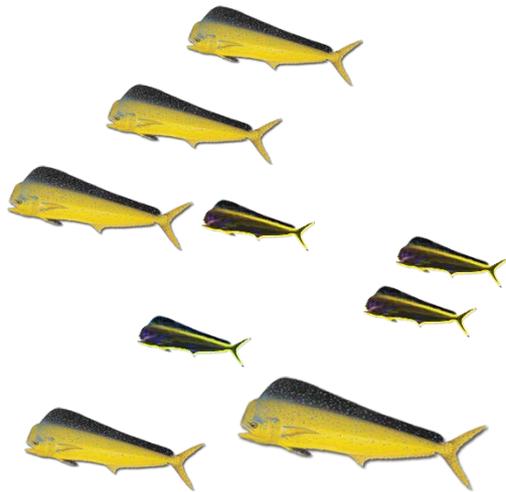


Poblacion en el tiempo 2

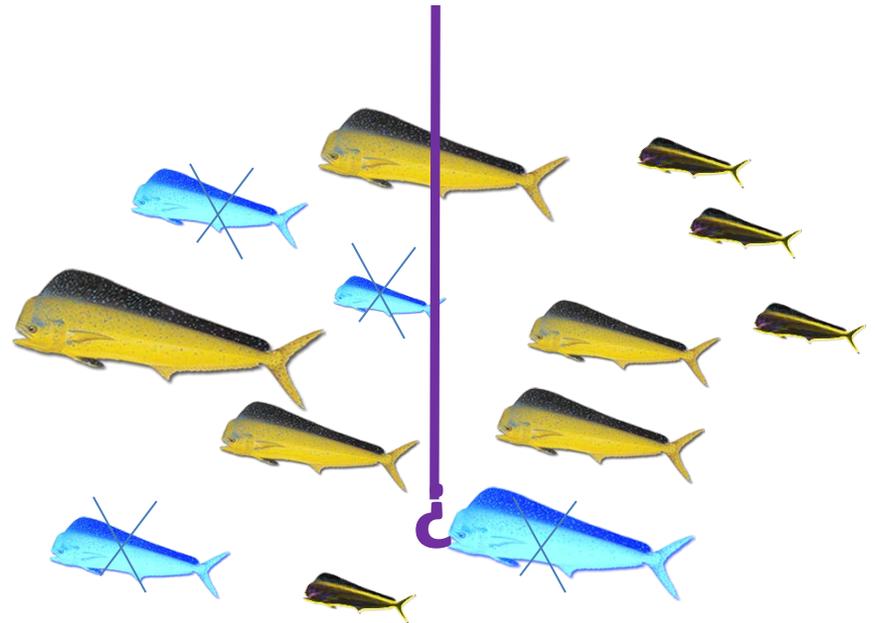
# Modelos poblacionales



Los procesos biológicos en los modelos poblacionales son en general 4: dos de **producción** y dos de **pérdidas**



Poblacion en el tiempo 1



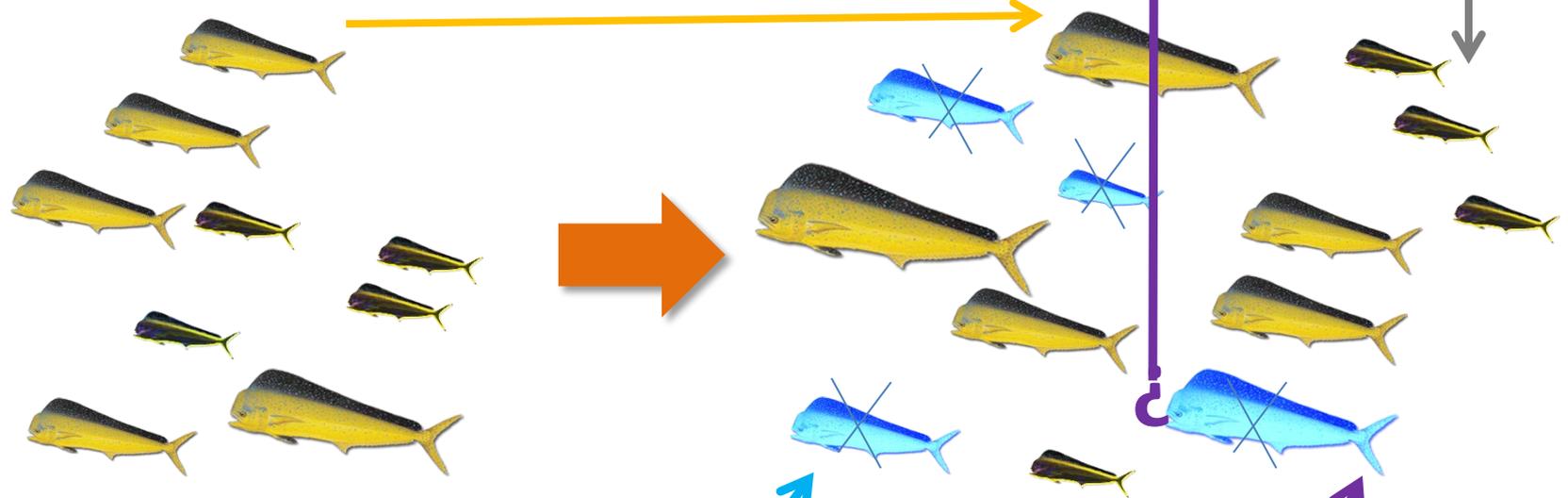
Poblacion en el tiempo 2

# Modelos poblacionales



*Nacimientos  
(reclutamiento)*

*Crecimiento*



Poblacion en el tiempo 1

Poblacion en el tiempo 2

Mortalidad por causas naturales

Mortalidad por pesca



# Modelos poblacionales



En términos matemáticos se puede representar la población en una ecuación:

$$B_t = B_{t-1} - M - Z + G + R$$

$B_t$  – Biomasa de la población en el momento  $t$

$B_{t-1}$  – Biomasa de la población en el momento  $t-1$

$M$  – Mortalidad por causas naturales

$Z$  – Mortalidad por pesca

$G$  - Crecimiento

$R$  – Reclutamiento



# Supuestos básicos del modelo

---



$$B_t = B_{t-1} - M - Z + G + R$$

- Los procesos de producción ( $G$ ,  $R$ ) y de pérdida ( $M$ ,  $Z$ ) son independientes del tamaño de la población ( $B_{t-1}$ )
- Los procesos de producción y de pérdida son independientes entre si
- Los procesos de producción y de pérdida son constantes en el tiempo
- No hay procesos de inmigración o emigración



# Modelos poblacionales

---



- El modelo anterior es muy simplificado, las reglas de cambio solo incluye adiciones (+) y sustracciones (-).
- Los modelos de evaluación de stock incluyen hipótesis de como funciona la dinámica de la población (e.g. La mortalidad por pesca depende de la talla, el reclutamiento depende de cuantas hembras en condición de desovar hay en la población)
- Para que se aproximen más a la realidad y sean útiles, los modelos de evaluación de stocks incluyen reglas más complejas ( $\div$ ,  $\times$ ,  $\log$ ,  $e$ , etc)



# Modelos poblacionales



Usados en evaluación de stocks incluyen reglas más complejas:

$$N_{a,1} = \varpi R_0 e^{-M(a-1)} \prod_{i=1}^{i=a-1} (1 - s_{i,1} u_0)$$

$$N_{a+1,t+1}^s = N_{a,t}^s e^{-M} (1 - u_{a,t}^s)$$

$$N_{1,t+1}^s = 0.5 \frac{S_t}{\alpha + \beta S_t} e^{(R \varepsilon_t - R \sigma^2 / 2)}$$

$$\alpha = S_0 \frac{1-z}{4z R_0} \quad \beta = \frac{5z-1}{4z R_0}$$

$$SpR = \lambda \sum_a w_a^f \phi_a e^{(-M(a-1))}$$

$$S_0 = 0.5 R_0 SpR$$

$$u_t^g = \frac{C_t^g}{e^{-0.5M} \sum_s \sum_a s_{a,t}^{s,g} N_{a,t}^s w_{a,t}^s}$$

$$s_{a,t}^{s,g} = \begin{cases} \exp\left\{ \frac{-(a - S_{full}^{s,g_i})^2}{L V^{g_i}} \right\} & \text{for } a \leq S_{full}^{s,g_i} \\ \exp\left\{ \frac{-(a - S_{full}^{s,g_i})^2}{R V^{g_i}} \right\} & \text{for } a > S_{full}^{s,g_i} \end{cases}$$

$$S_{full}^{s,g_i} = (S_{full}^{g_i} + (1-j)\Delta_{S_{full}^{g_i}})$$

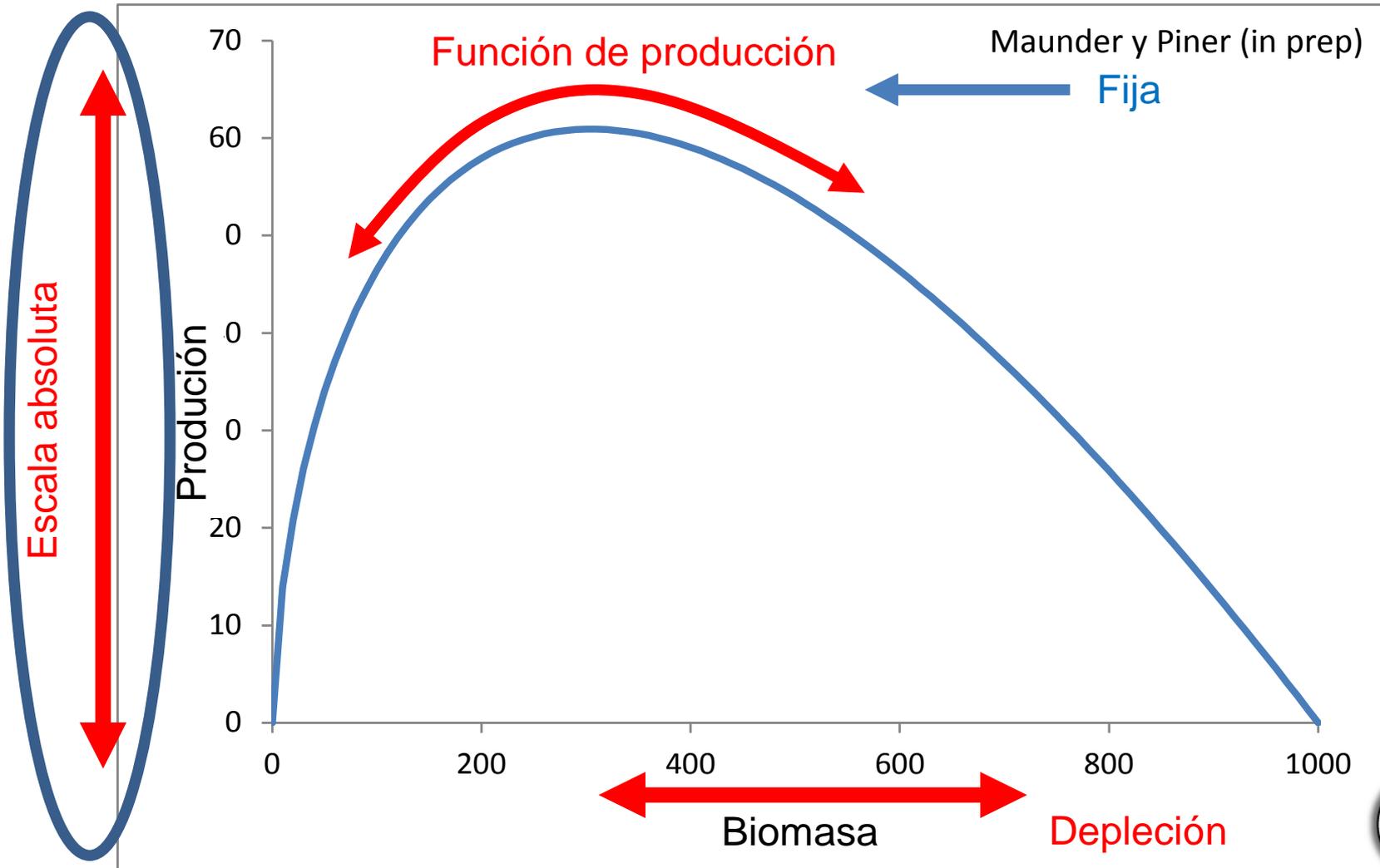
$$L_a^s = L_\infty^s \left[ 1 - \exp\left(-k^s \left\{ a - t_0^s \right\}\right) \right]$$

$$w_a^s = b_i^s (L_a^s)^{b_{ii}^s} e^{\left( \frac{b_{ii}^s \sigma_a^{2s} (b_{ii}^s - 1)}{2} \right)}$$

Cope et al (2004)



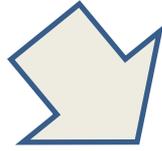
# Evaluación de stocks





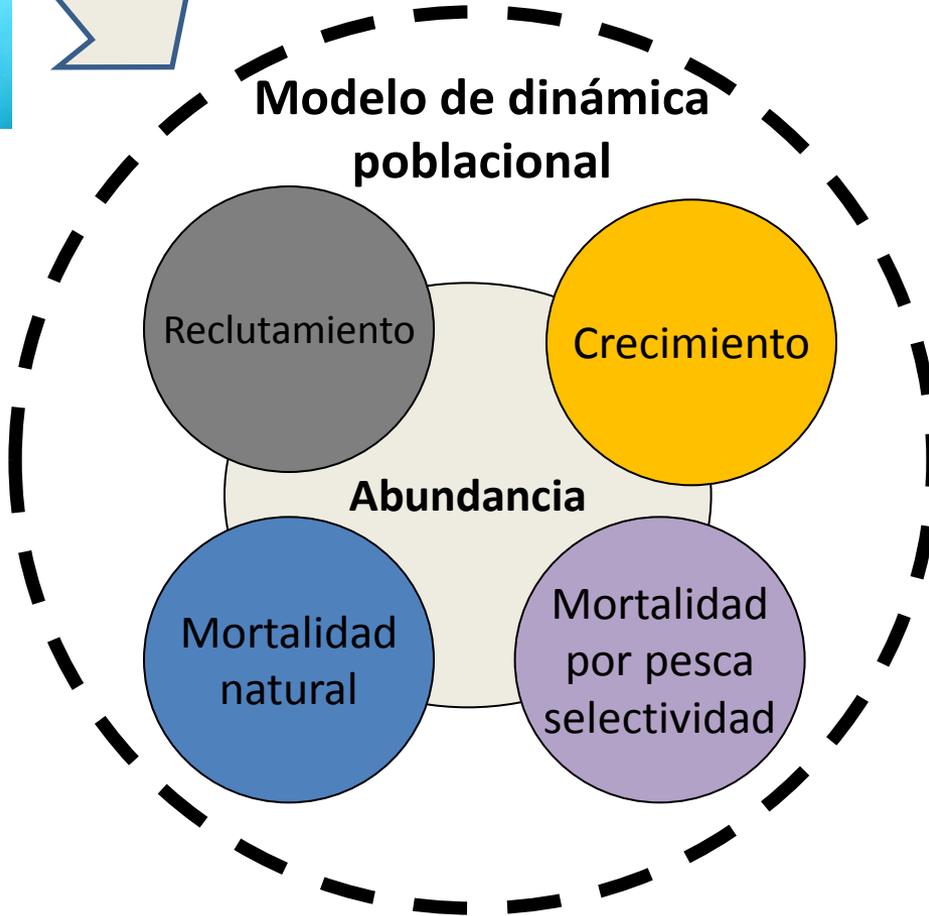
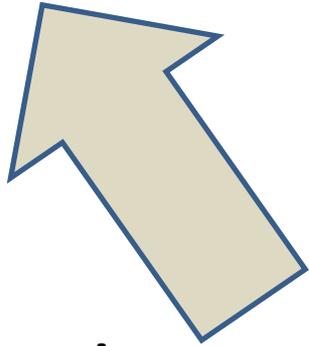


**Hipótesis**



**Modelo de dinámica poblacional**

**Inferencia**



# Modelos *versus* datos

---



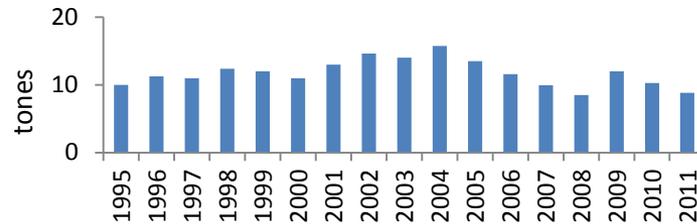
- Los modelos son hipótesis sobre la naturaleza.
- Una vez construidos debe hacer una comparación con los datos con el fin de evaluar el apoyo que los datos dan a estos modelos.
- Los modelos son ajustados a datos para obtener valores para los parámetros que mejor explican los datos observados
- La estructura de un modelo dependerá del tipo de datos disponibles



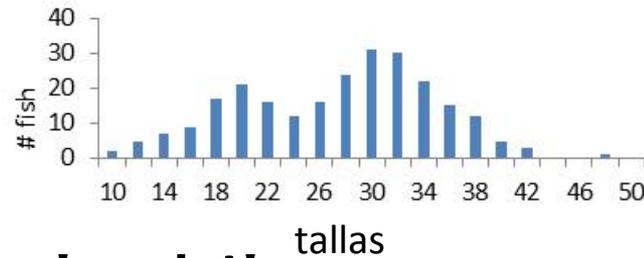


# Tipos de datos comunes que nos dicen cosas diferentes...

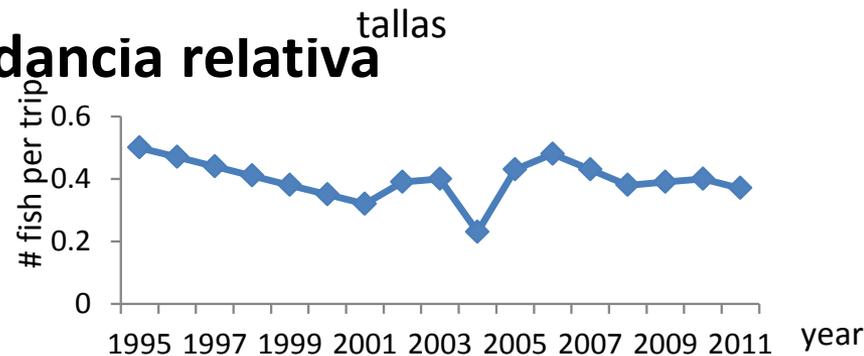
- **Capturas:** Lo que fue eliminado y lo que debe haber sido el tamaño mínimo del stock antes de pescado



- **Composición de edades y/o tallas**



- **Índices de abundancia relativa**



Mercado

CPUE de la pesca comercial

Datos de cruceros

**Modelo integrado**  
de dinámica poblacional

Edades y tallas

Reclutamiento

Crecimiento

Abundancia

Mortalidad natural

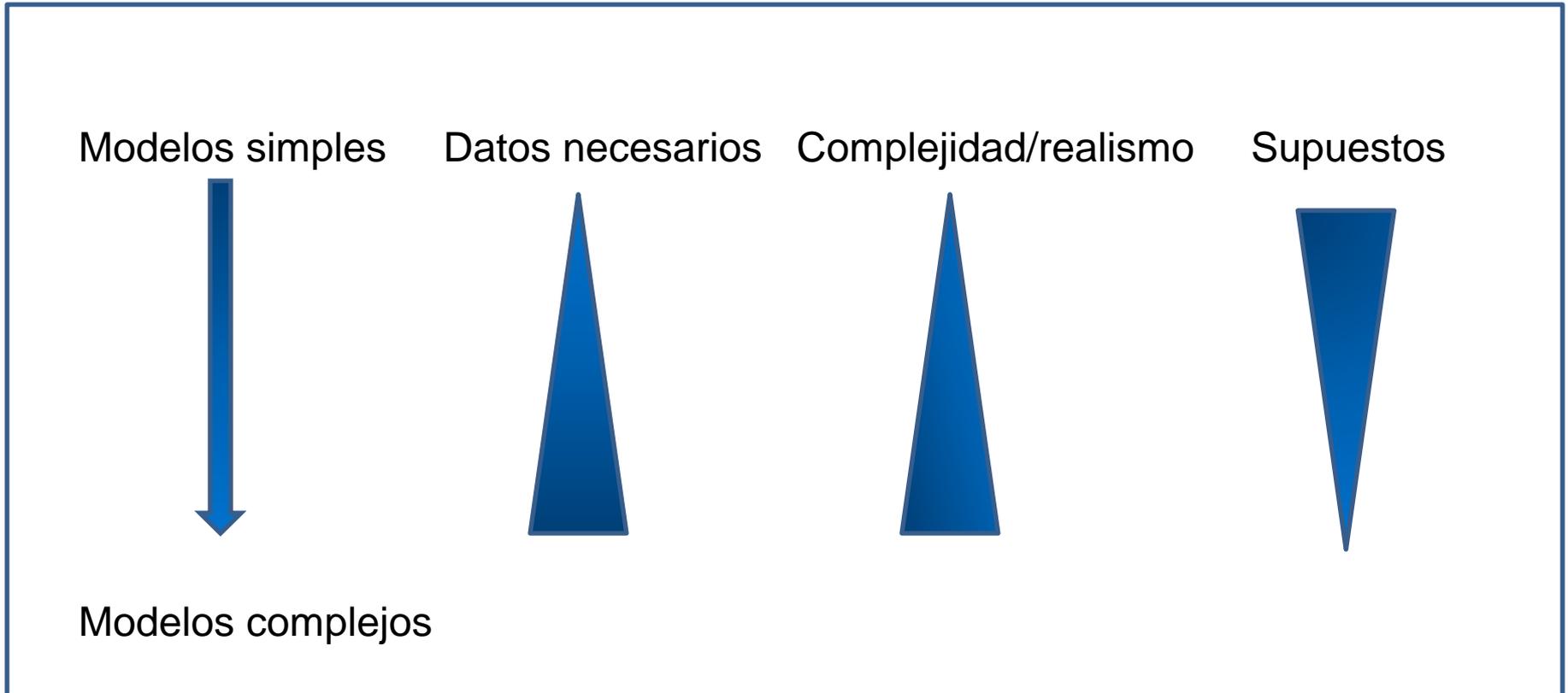
Mortalidad por pesca selectividad

Capturas comerciales

Datos de frecuencia de largos de la pesca comercial



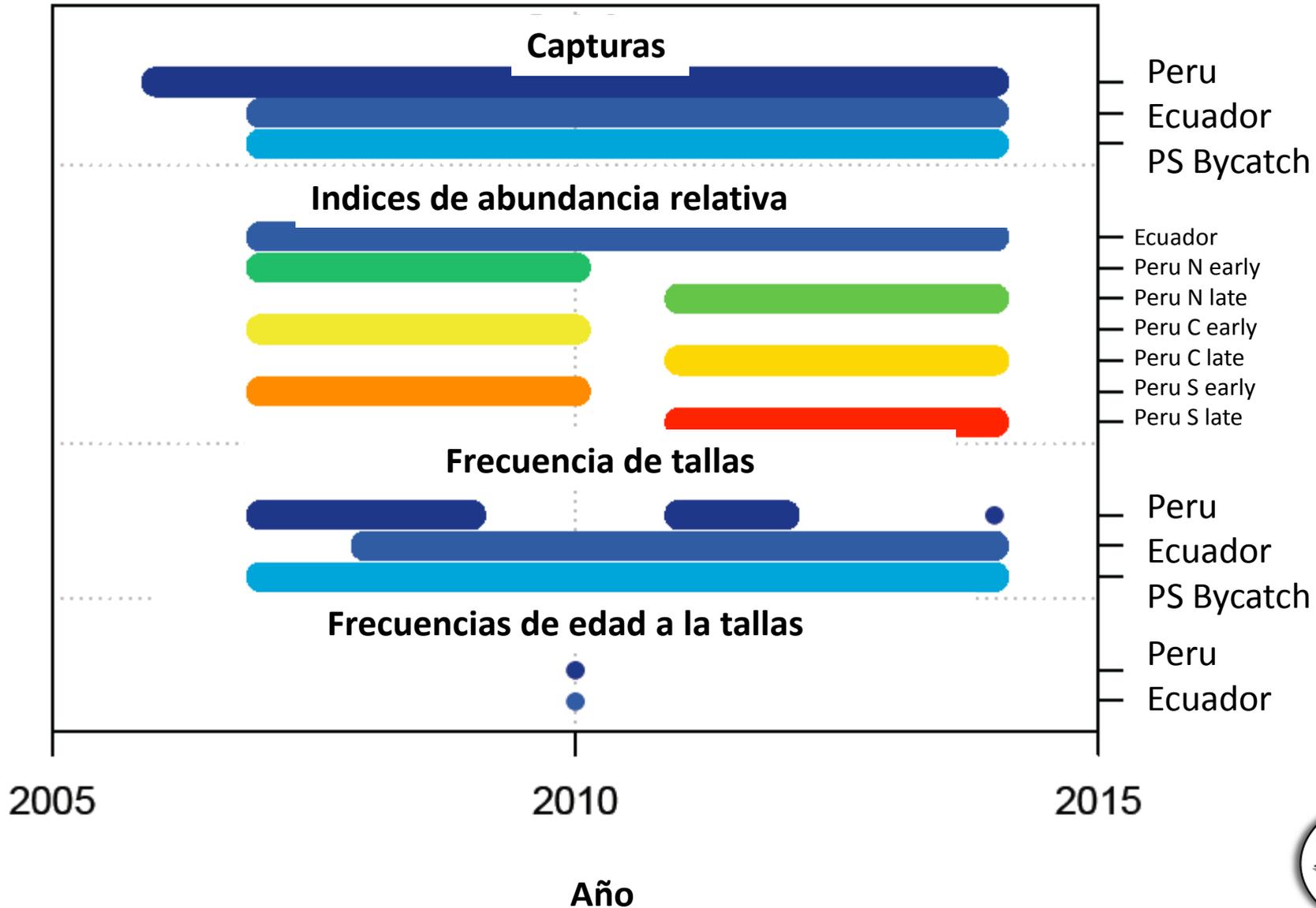
# Modelos *versus* datos: un continuum



Source: K. Piner (NMFS)

# Fuentes de datos en el modelo de evaluación para dorado en Perú y Ecuador

Datos



# En el caso de pesquerías con datos limitados

---

- Plan para aumentar la cantidad de datos
- Empezar por datos que se puedan usar como indicadores y que después se puedan usar en evaluación de stock
- Los indicadores pueden ser tomados sobre una muestra
- La muestra tiene que ser representativa del “universo” para el cual se quieren hacer inferencias



# Indicadores de condición del stock



- Basados en datos (captura, esfuerzo, CPUE y talla/peso promedio)
- Basados en modelos de dinámica poblacional simples (biomasa, reclutamiento o tasas de explotación)

- ¿ Como usarlos?

- Dirección (recuperación)
- Puntos de referencia (ejemplo:  $L_{med} > L_{mat}$ )

- Niveles de referencia

- Definidos por las administraciones de ordenación pesquera
- Ejemplos: 5<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentiles, ATHL para el albacora del norte (ISC)

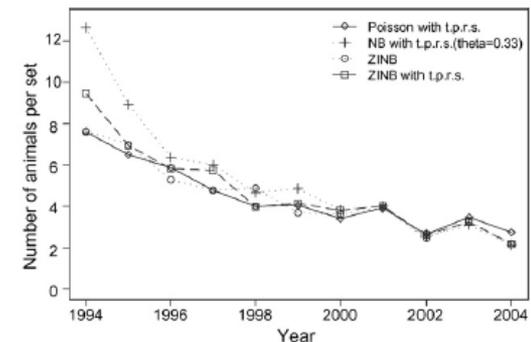


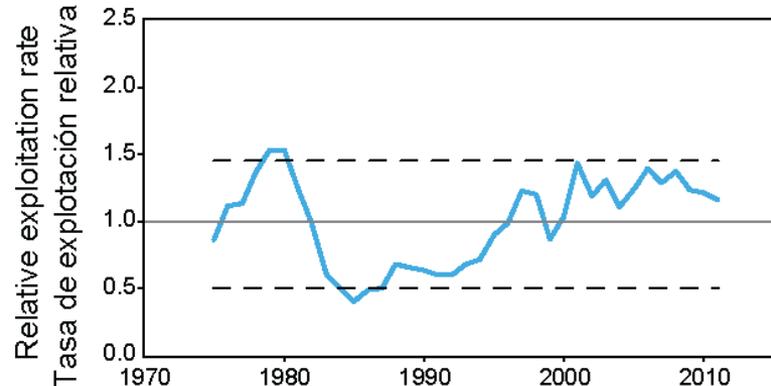
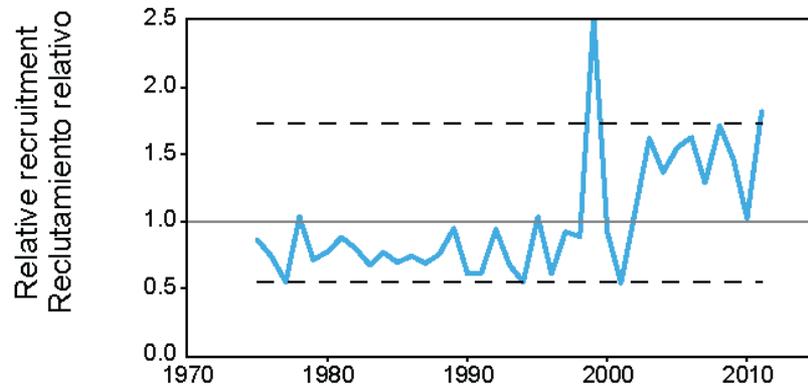
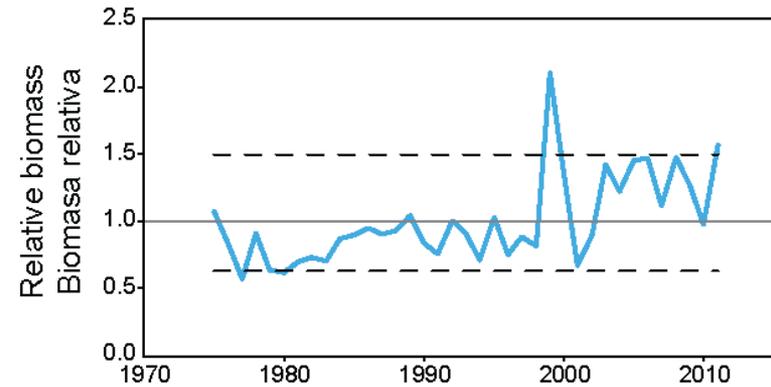
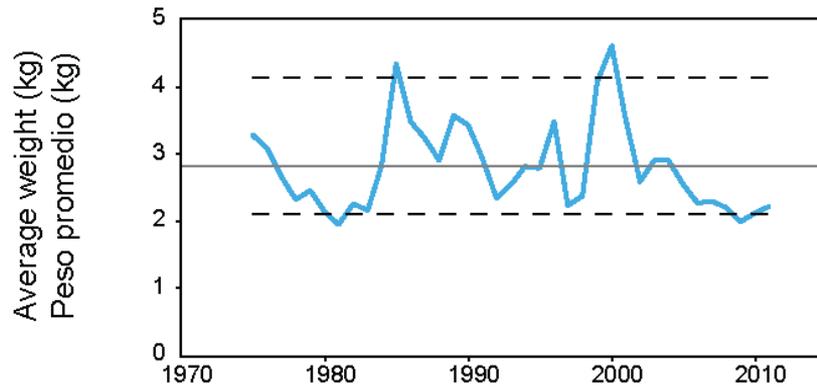
Fig. 6. Estimates of the trend in the standardized average silky shark bycatch per set.



# Indicadores – ejemplo skipjack



Muchos datos, pero la escala temporal y espacial de la dinámica del stock es muy fina, y el stock es fuertemente dependiente del ambiente, se usan indicadores



# Indicadores: preguntas-clave

---



¿ **Porqué?** Conectar la necesidad de la información con la ordenación

¿ **Qué?** Cuales indicadores y variables se obtendrán

¿ **Cómo?** Estrategia de recolección de datos, delineamiento del muestreo, estudio piloto, recolección de los datos, delineamiento de la base de datos, alimentación de la base de datos, tratamiento de los datos, analisis

¿ **Quién ?** "Todo conjunto de datos importante debiera tener una persona que lo ame y lo cuide" Pope (1988)



# Ejemplo: CPUE

---

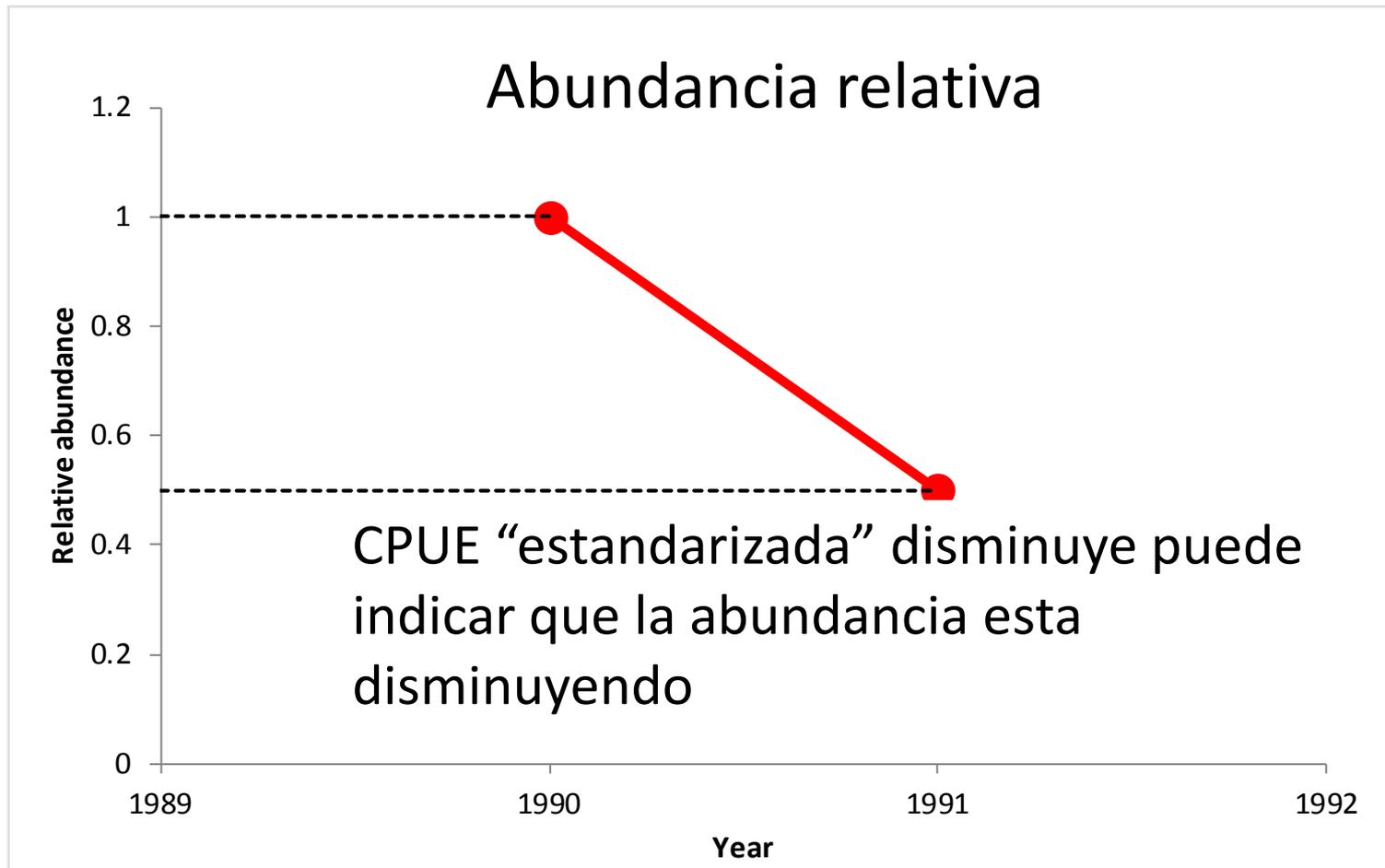


$$C_t = q \times E_t \times B_t$$

$$C_t / E_t = q \times B_t$$

- $C_t / E_t$  es llamada de “captura por unidad de esfuerzo” (CPUE)
- CPUE es proporcional a la biomasa del stock  $B_t$
- La constante **q** de proporcionalidad es llamada de **capturabilidad**
- CPUE puede ser la tasa de enganche e.g. número de dorados por 1000 anzuelos

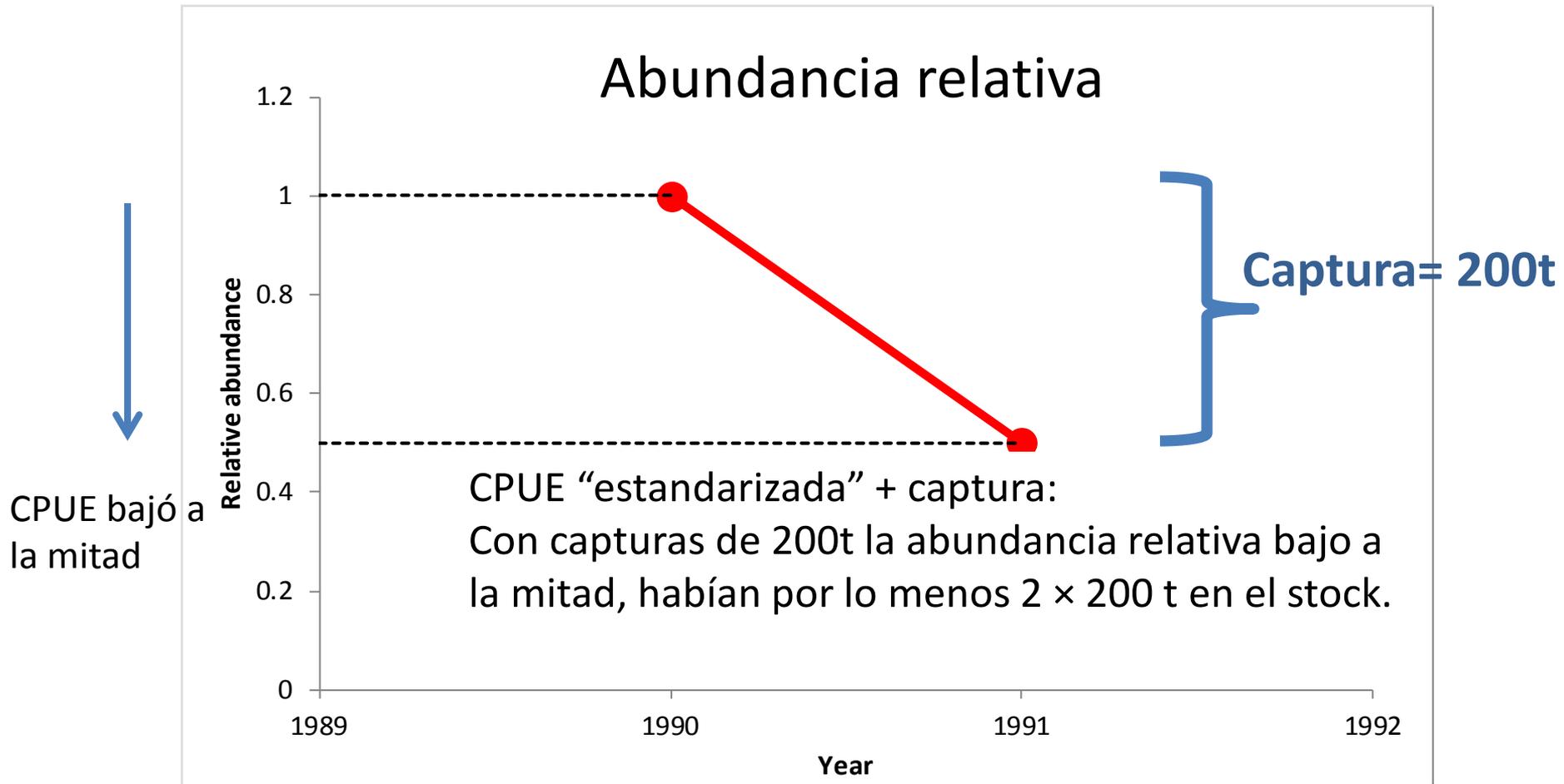
# CPUE: ¿ Porqué?



Maunder (2016)



# CPUE: ¿ Porqué?



Maunder (2016)



# CPUE: ¿ Porqué? dorado



## Anual

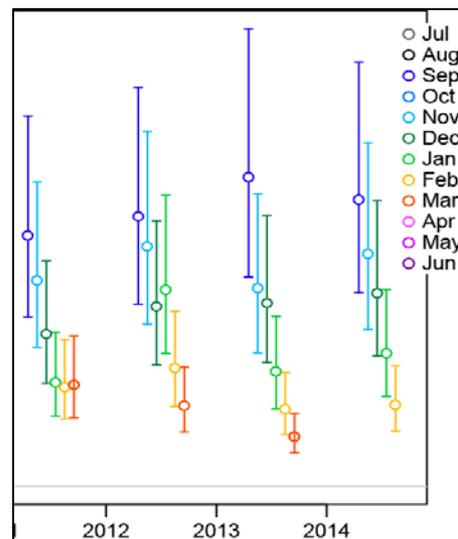
- Poca información
- Se mantiene constante



Torrejón – Magallanes y Oliveros – Ramos (2015)

## Mensual

- Mucha información
- La pesca está compuesta básicamente de una cohorte
- Crecimiento rápido
- Mortalidad natural alta



Aires-da-Silva et al (2016)

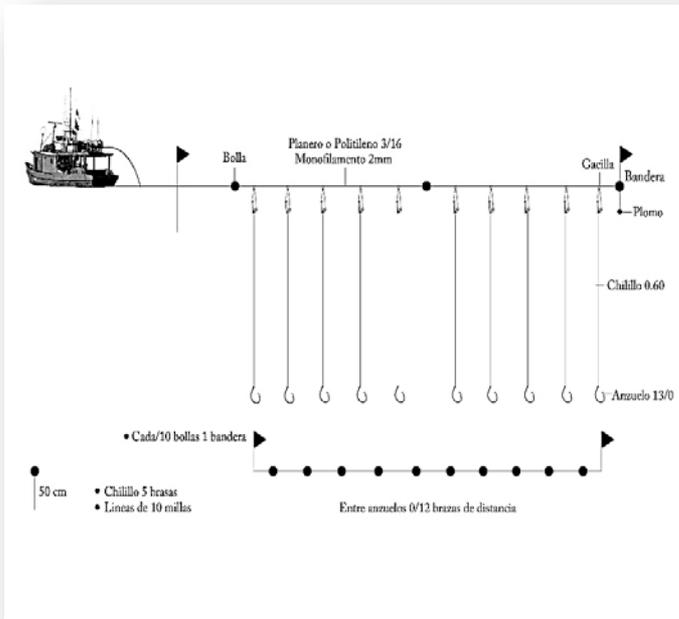
CPUE estandarizada Ecuador



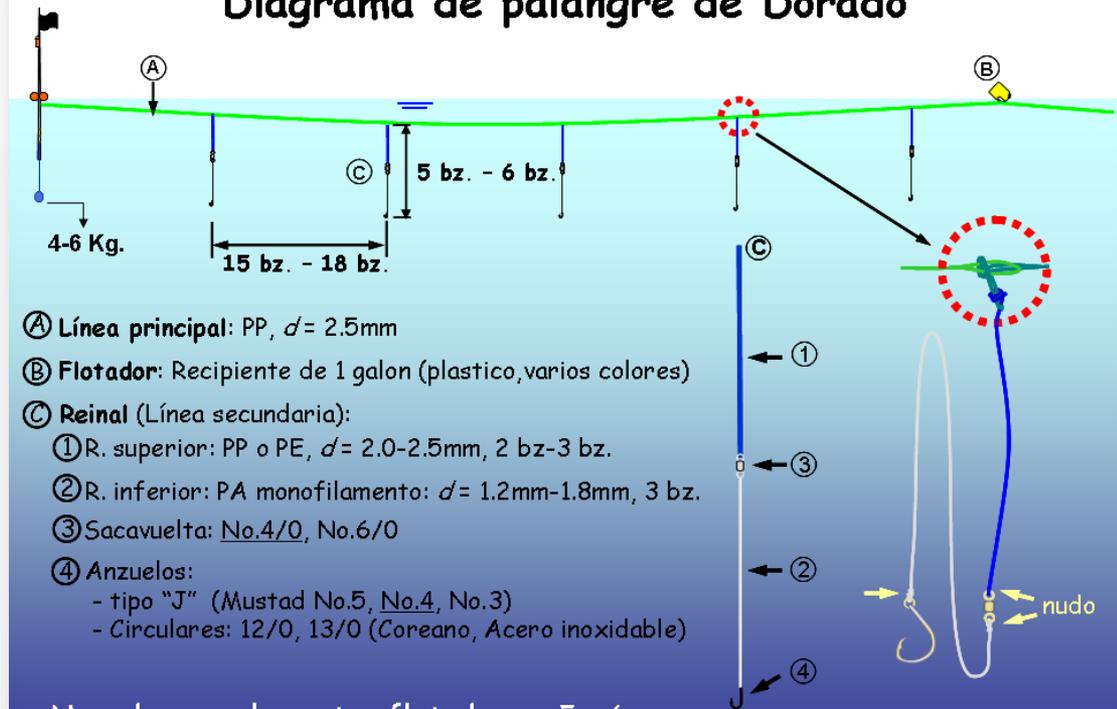


# CPUE ¿Cómo?

## Detalles y descripción del arte



### Diagrama de palangre de Dorado



- Ⓐ Línea principal: PP,  $d = 2.5mm$
- Ⓑ Flotador: Recipiente de 1 galon (plastico, varios colores)
- Ⓒ Reinal (Línea secundaria):
  - ① R. superior: PP o PE,  $d = 2.0-2.5mm$ , 2 bz-3 bz.
  - ② R. inferior: PA monofilamento:  $d = 1.2mm-1.8mm$ , 3 bz.
  - ③ Sacavuelta: No.4/0, No.6/0
  - ④ Anzuelos:
    - tipo "J" (Mustad No.5, No.4, No.3)
    - Circulares: 12/0, 13/0 (Coreano, Acero inoxidable)

Nro. de anzuelos entre flotadores: 5 - 6

Peso del Reinal: 60 g

No esta a escala

Costa Rica  
presentación Carvajal (2016)



# CPUE ¿Cómo? Opciones para medir CPUE en palangres y otros artes

---

## Palangre

- No Peces o Kg/viaje
- No Peces o Kg/lance
- No Peces o Kg/1000 anzuelos
- No Peces o Kg/1000 anzuelos-hora
- No Peces o Kg/1000 anzuelos-hora de luz

## Arrastre

- No Peces o Kg/hora arrastre

## Redes de enmalle o trasmallos

- No Peces o Kg/km de red standard
- No Peces o Kg/area de red
- No Peces o Kg/area de red-hora de pesca



# CPUE ¿Cómo? Esfuerzo pesquero



## SI

- Hay que buscar una unidad de esfuerzo que permita que  $C_t / E_t$  sea proporcional a  $B_t$
- Se puede medir el esfuerzo en una muestra del “universo” de la pesquería
- Se mide la captura de esa misma muestra
- La muestra tiene que ser representativa del “universo”

## NO

- NO es lo mismo que el número de embarcaciones (tamaño de flota) o el número de pescadores
- No se puede tener “más esfuerzo de redes que de palangres”, o “más esfuerzo de cerco que de arrastre” NO son comparables. La mortalidad por pesca es donde se puede comparar.

# CPUE ¿Cómo?

## Factores que pueden afectar la CPUE



### Me interesa

### Abundancia del stock

### Confunden la señal

- Especie en que se enfocan los pescadores
- Artes de pesca o características de las artes de pesca (tamaño de anzuelo, tipo de anzuelo)



- Hora de la pesca
- Profundidad del arte
- Oceanografía
- Area de pesca
- Tipo de carnada
- Incorporación de tecnología (e.g. ecosonda, datos satelitales)

### Solución

- Estandarización de la CPUE
- Métodos estadísticos
- Hay que recolectar datos sobre factores que confunden la señal ("covariables")



# CPUE ¿Cómo?

## Diseño del muestreo



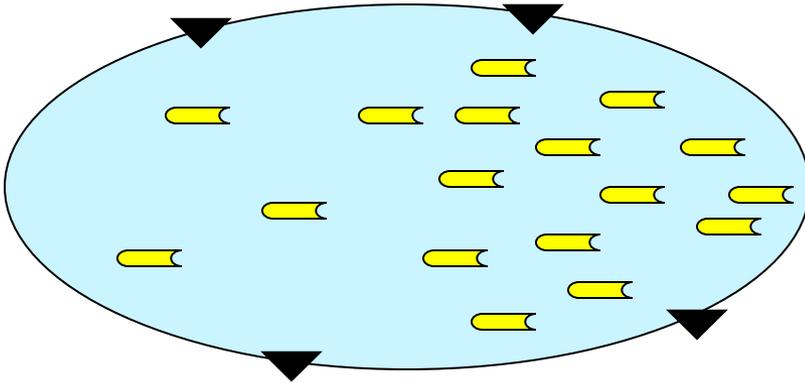
- Garantizar que la muestra sea representativa (aleatoria)
- Evitar o minimizar sesgos
- Conocer en detalle las operaciones de pesca:
  - Si las operaciones son homogéneas -> muestreo simples al azar
  - Si son heterogéneas (e.g. diferentes tamaños de barcos, o áreas de pesca) -> muestreo estratificado



# CPUE ¿Cómo?



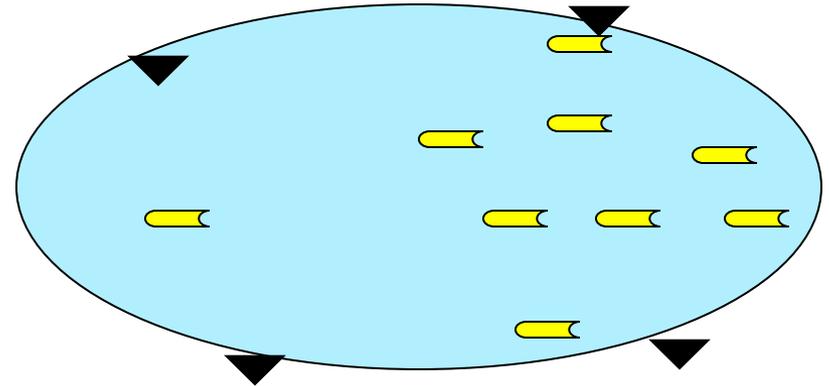
Momento 1



Captura ▼ = 1

$$\text{CPUE} = (1 + 1 + 1 + 1) / 4 \\ = 1 \text{ pez por barco}$$

Momento 2



Captura ▼ = 0.5

$$\text{CPUE} = (0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5) / 4 \\ = 0.5 \text{ peces por barco}$$

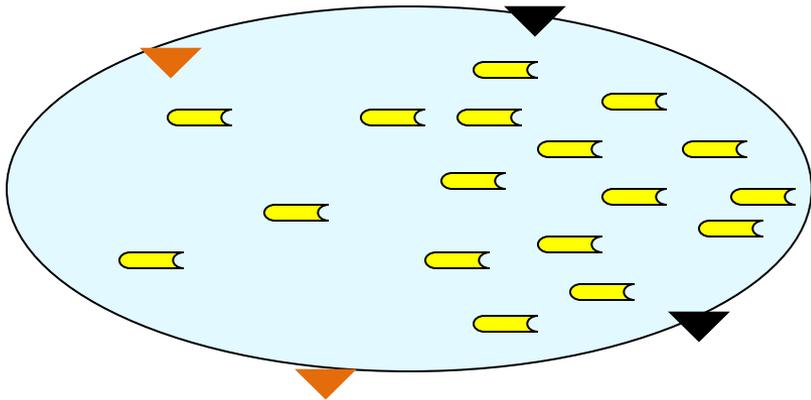
 dorados  
 barcos muestreados

Abundancia disminuye  
CPUE disminuye

# CPUE ¿Cómo?



Momento 1

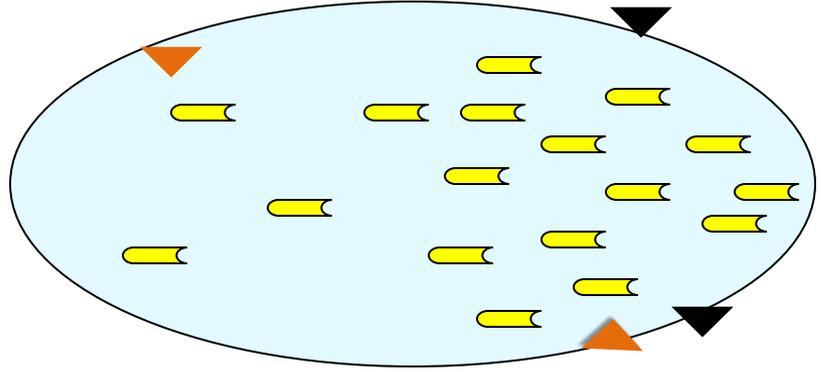


Captura ▼ = 1

Captura ▼ = 2

$$\text{CPUE} = (1+1+2+2)/4 = 1.5 \text{ peces por barco}$$

Momento 2



Captura ▼ = 1

Captura ▼ = 2

$$\text{CPUE momento 2} = (1+2+2+2)/4 = 1.75 \text{ peces por barco}$$

	dorados
	barcos muestreados

Abundancia estable

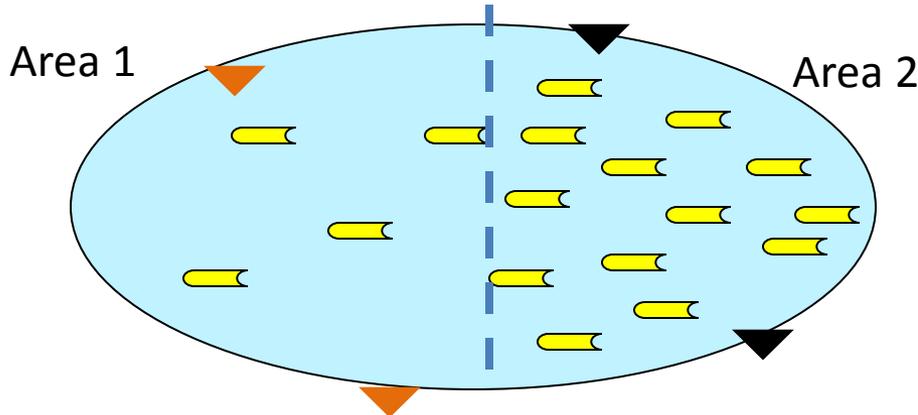
**CPUE aumenta: hay que estandarizar**

CPUE depende de la región, en el momento 1 dos barcos pescan en cada región, en el momento 2, 3 barcos pescan en la región con más abundancia

# CPUE ¿Cómo?



Momento 1

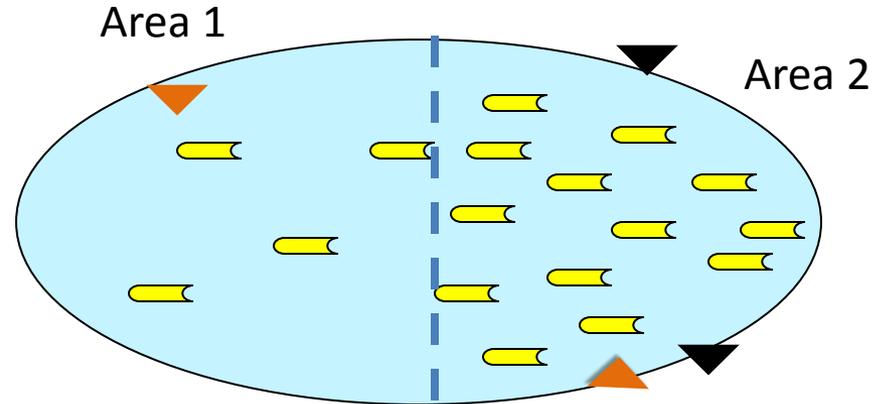


CPUE **area 1** = 1 pez por barco  
CPUE **area 2** = 2 pez por barco

CPUE momento 1 =

$$1 \times 0.5 + 2 \times 0.5 = 1.5$$

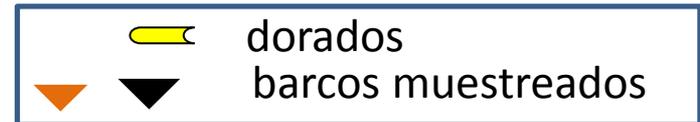
Momento 2



CPUE **area 1** = 1 pez por barco  
CPUE **area 2** = 2 pez por barco

CPUE momento 2 =

$$1 \times 0.5 + 2 \times 0.5 = 1.5$$

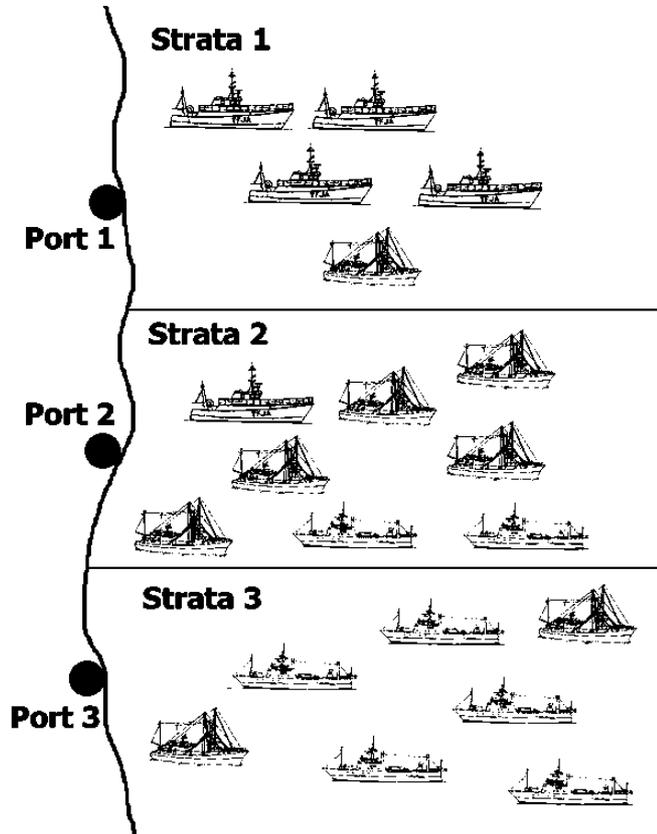


Abundancia estable

**CPUE estandarizada estable**

CPUE depende de la región, la CPUE estandarizada lleva en cuenta esas diferencias

# CPUE ¿Cómo? Estratificación



- Puerto de operación
- Tipo de embarcación (palangrero, cerquero)
- Pesquería (dorado, tiburón, atún)
- Modos de operación (fondo – superficie, día – noche, costero – aguas abiertas)

# Composición de edad ¿Porqué?

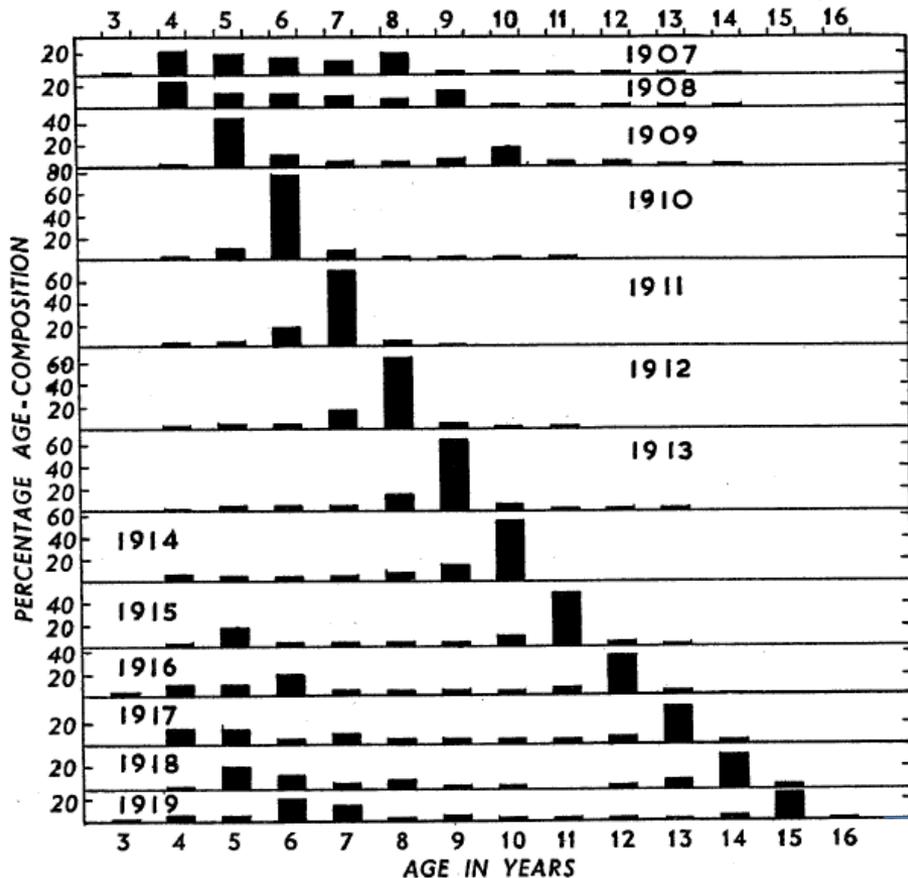
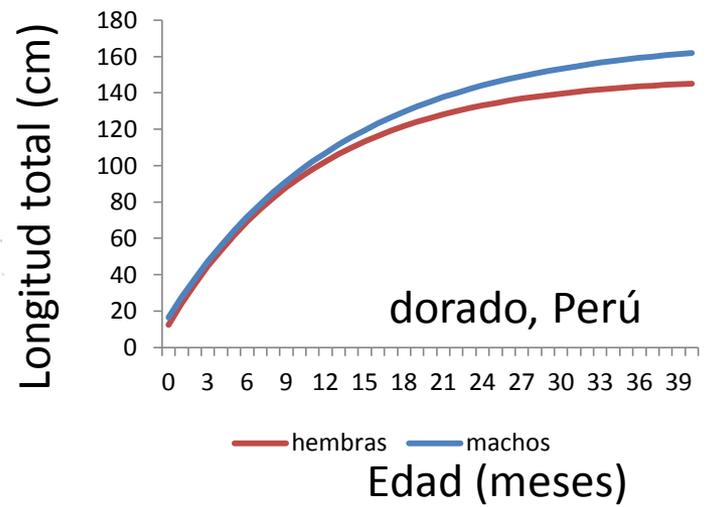


FIG. VI.14.—A PREDOMINANT YEAR-CLASS.

Percentage age composition of Norwegian herring in successive years of observation. (After Hjort, 1926)

Estudios de edad y crecimiento: componente-clave de la productividad pesquera



Goicochea (2012)



# Composición de edad ¿Cómo?



dorado, Perú

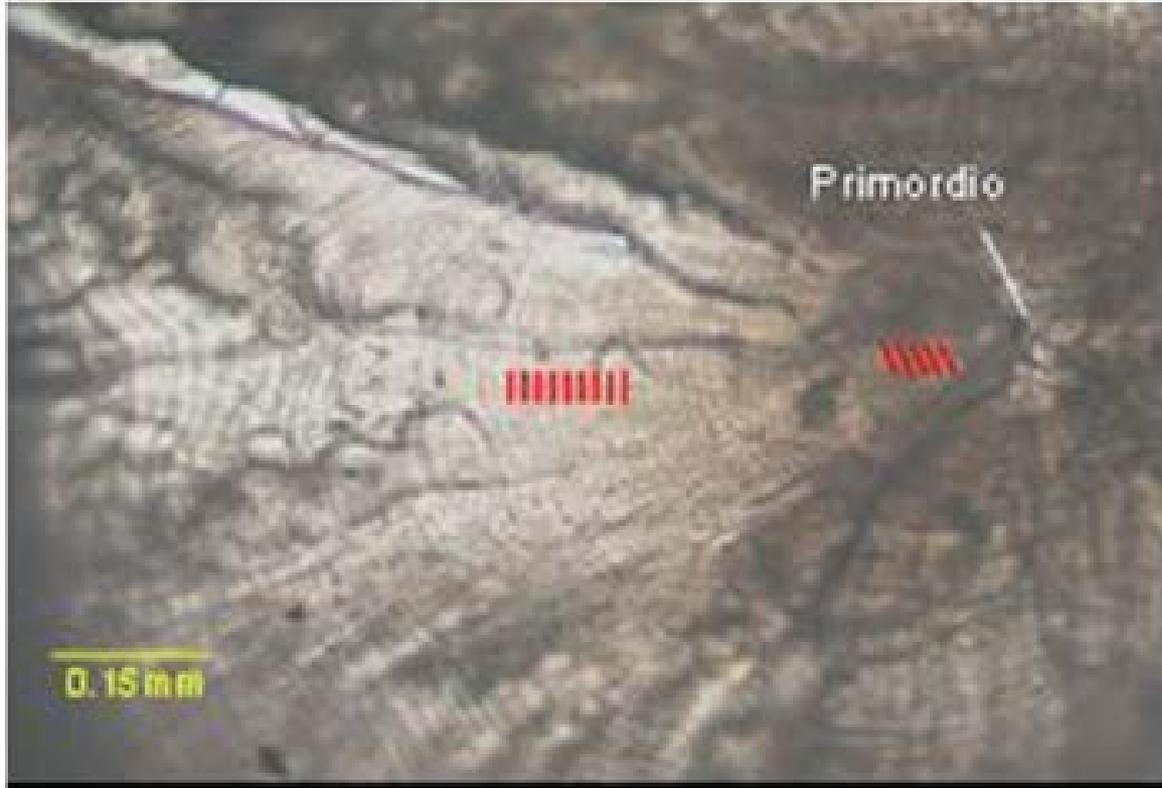


Figura 4.- Microfotografía de incrementos diarios otolito de perico hembra, 106 cm LT. Febrero 2010. 100X

Goicochea (2012)



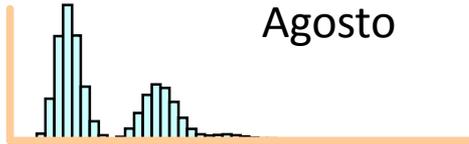
# Composición de tallas



# Composicion de tallas ¿Porqué?



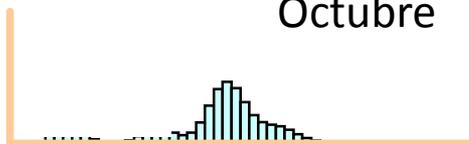
Julio



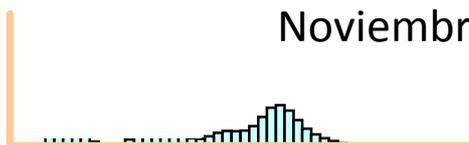
Agosto



Septiembre

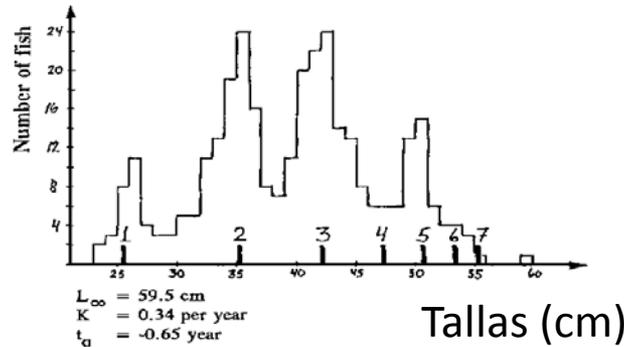
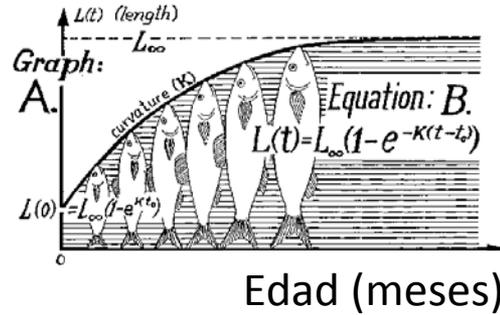


Octubre



Noviembre

talla  
etc



otolitos

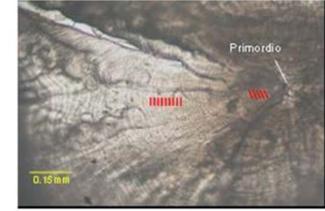
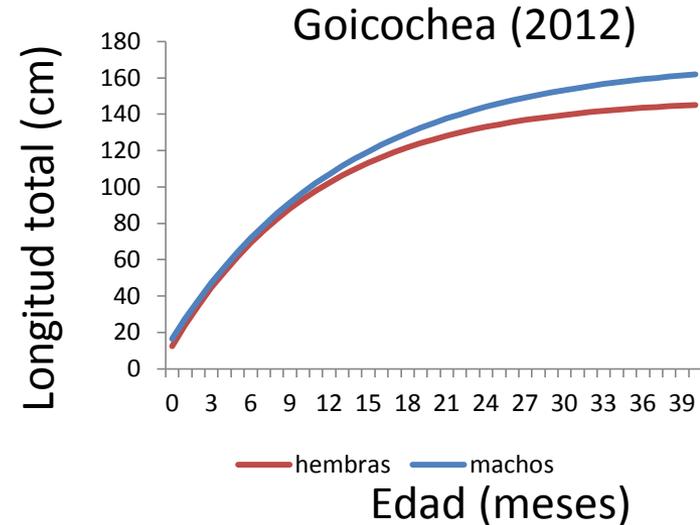


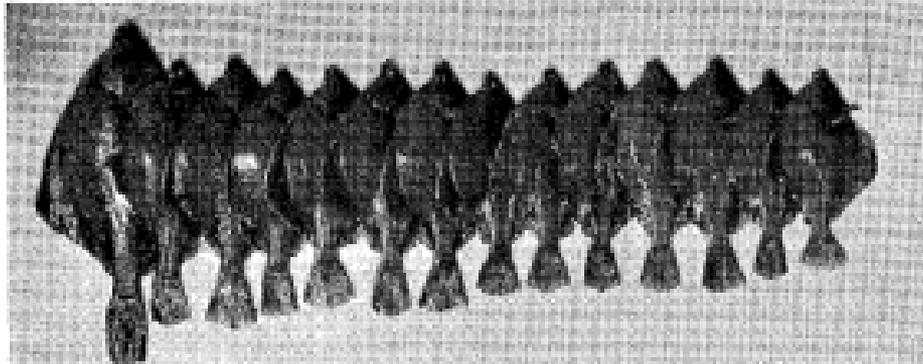
Figura 4- Microfotografía de incrementos diarios otolito de perico hembra, 106 cm LT. Febrero 2010. 100X



# Composicion de tallas ¿Porqué?

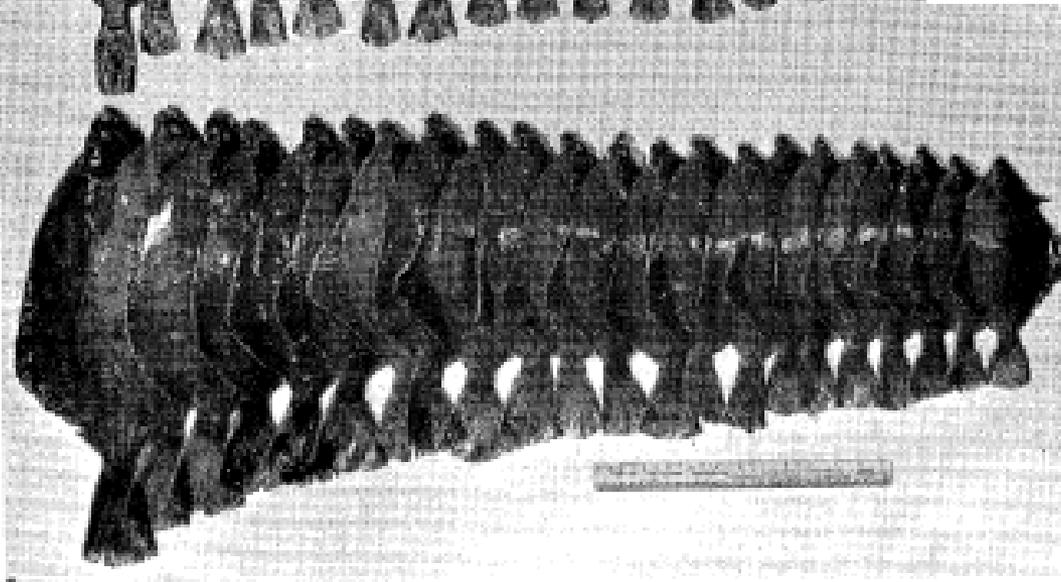


1938



1940-1945  
El gran experimento  
pesquero:  
5 años sin pesca

1945



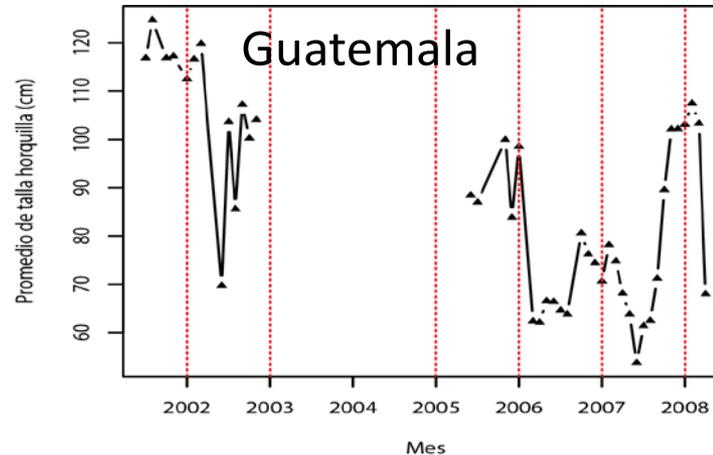
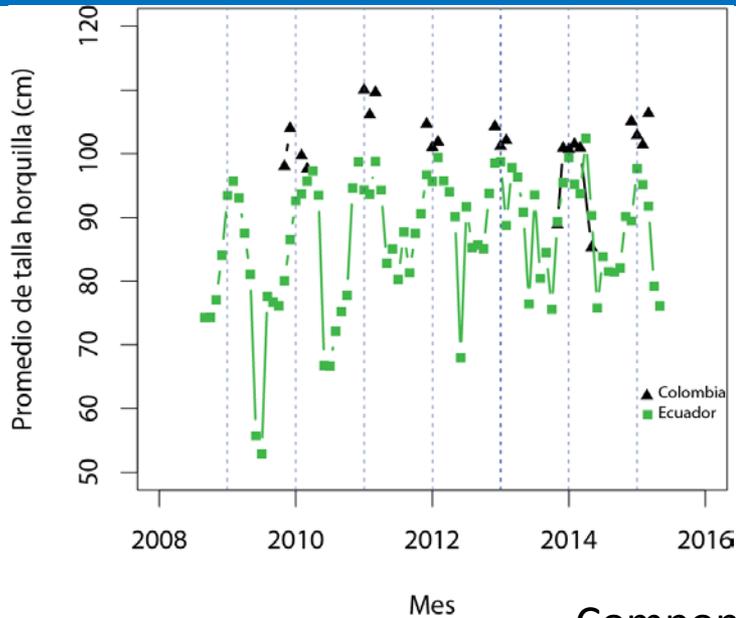
## EFFECT OF THE WAR

A typical quarter-hour trawl catch of plaice from the Southern North Sea. Above, 1938; below, 1945. The scale is indicated by the foot-rule (p. 334).

Graham (1956)



# Composición de tallas ¿Porqué?

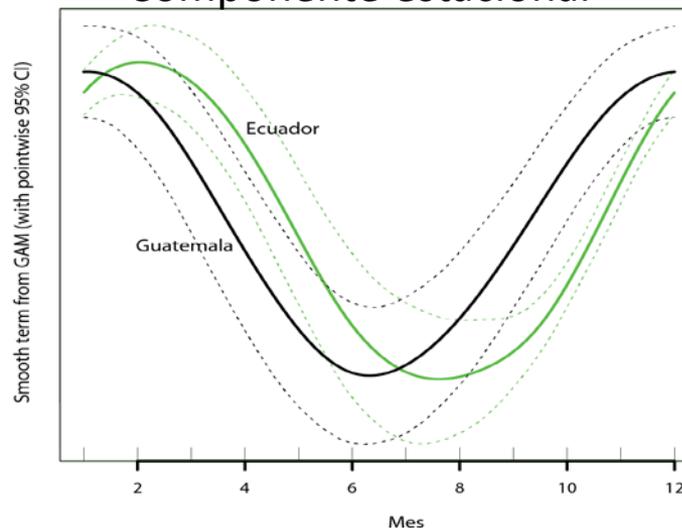


Pesquería industrial

Solo pesquería artesanal  
Cabrera (FUNDAECO, com. per.)

Mes

## Componente estacional



Datos enviados por los países  
Análisis de Cleridy Lennert-Cody

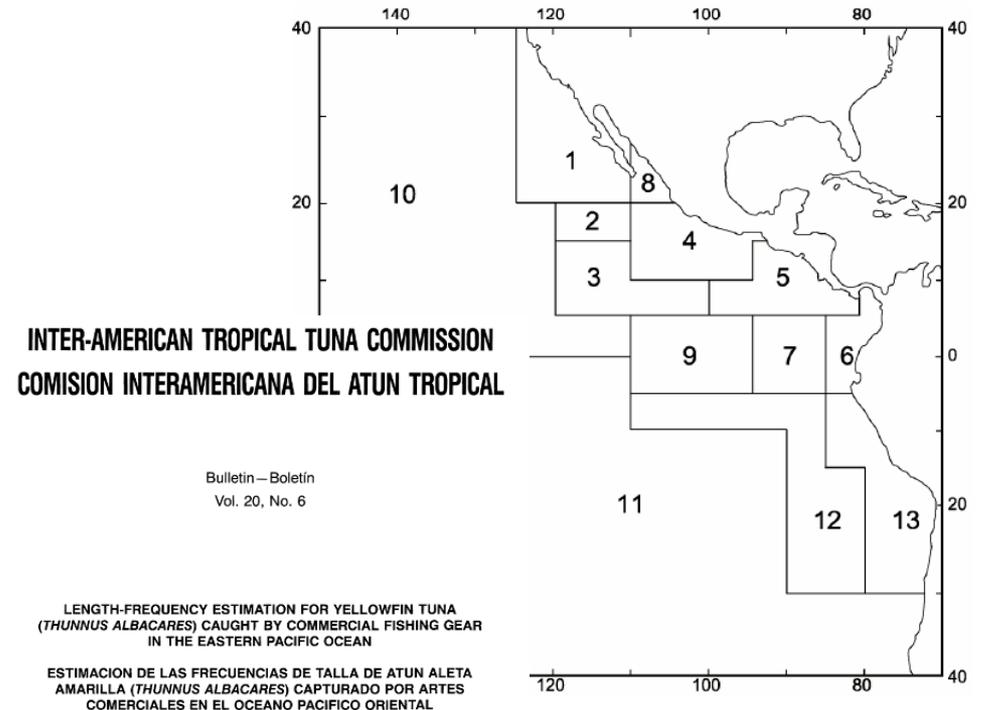


# Composición de tallas ¿Cómo?



- Usar los principios del muestreo estadístico
  - Definición de unidad de muestreo (nivel 1 – lance, nivel 2 – peces)
  - Estratificación
  - Aleatoriedad (escoger las unidades de muestreo al azar: sortear los lances muestreados, no medir los peces al comienzo ni al final de la descarga del lance )
  - Evitar o minimizar sesgos
- Garantizar que se pueden hacer inferencias para el “universo”

## Áreas de muestreo de tallas atunes de la CIAT



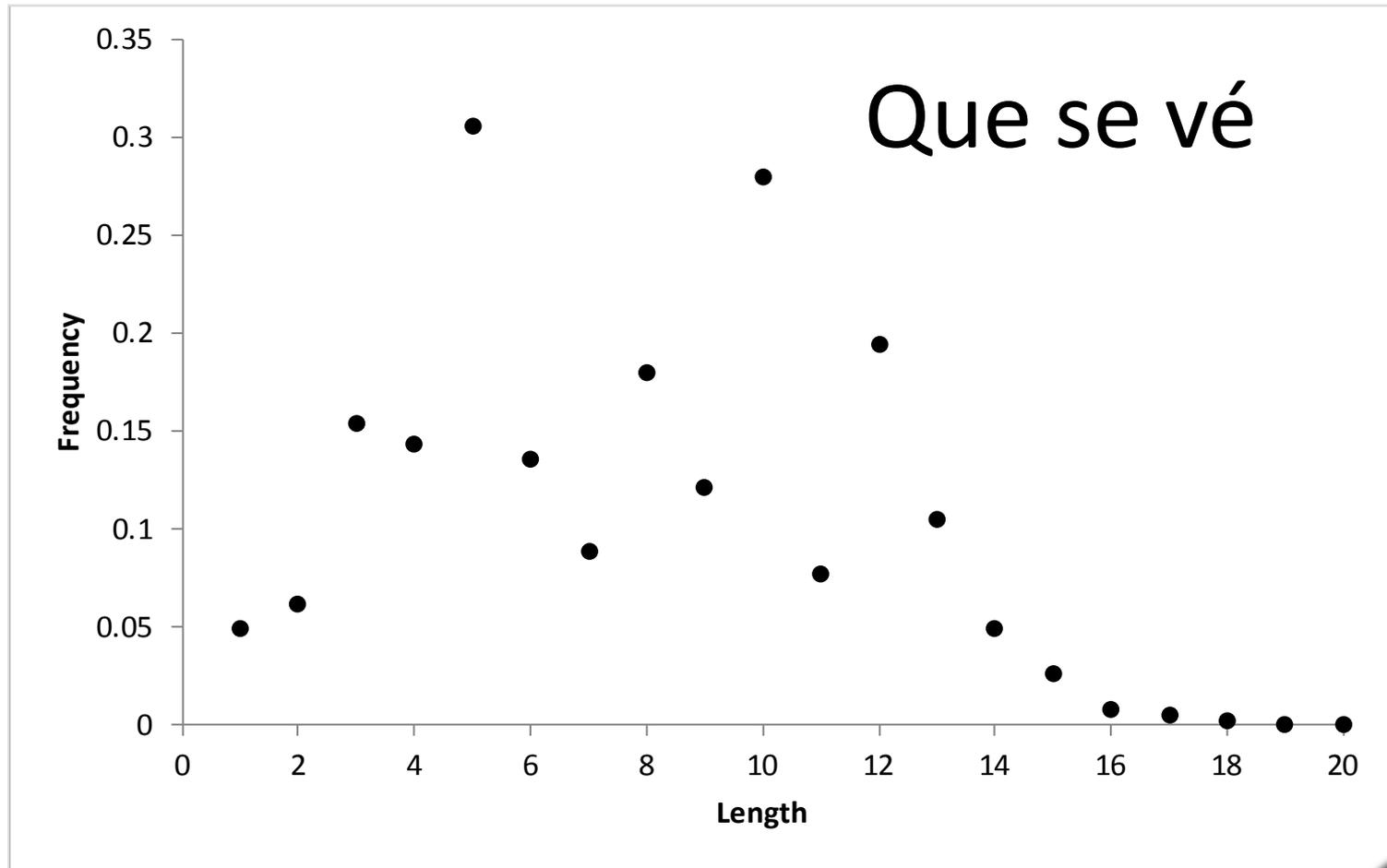
Tomlinson et al 1992

by—por  
Patrick K. Tomlinson, Sachiko Tsuji, and—y Thomas P. Calkins

La Jolla, California  
1992



# Composición de tallas ¿Cómo?



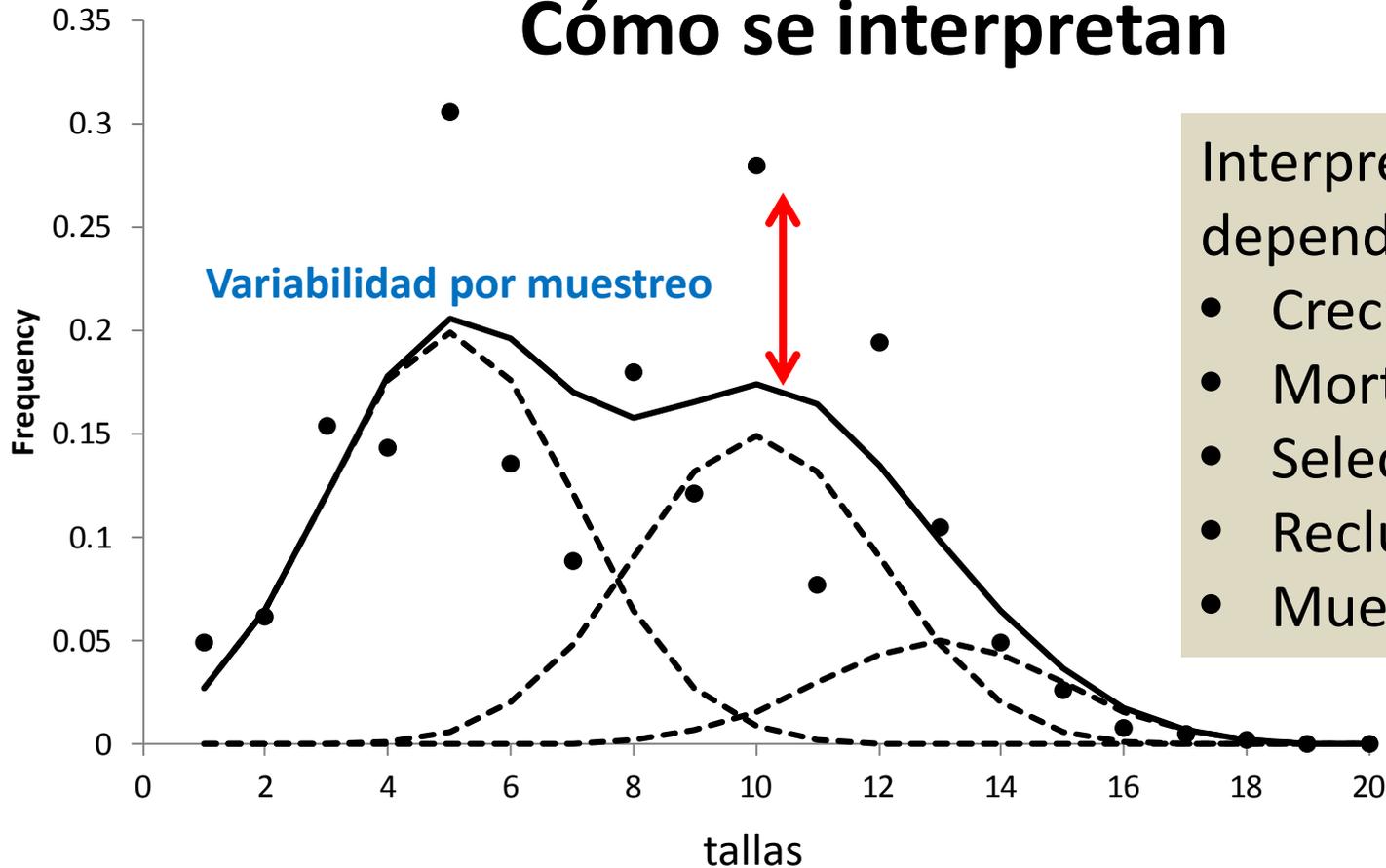
Maunder (2016)



# Composición de tallas ¿Cómo?



## Cómo se interpretan



Interpretación depende de:

- Crecimiento
- Mortalidad natural
- Selectividad
- Reclutamiento
- Muestreo

Maunder (2016)



# Composición de tallas ¿Porqué?

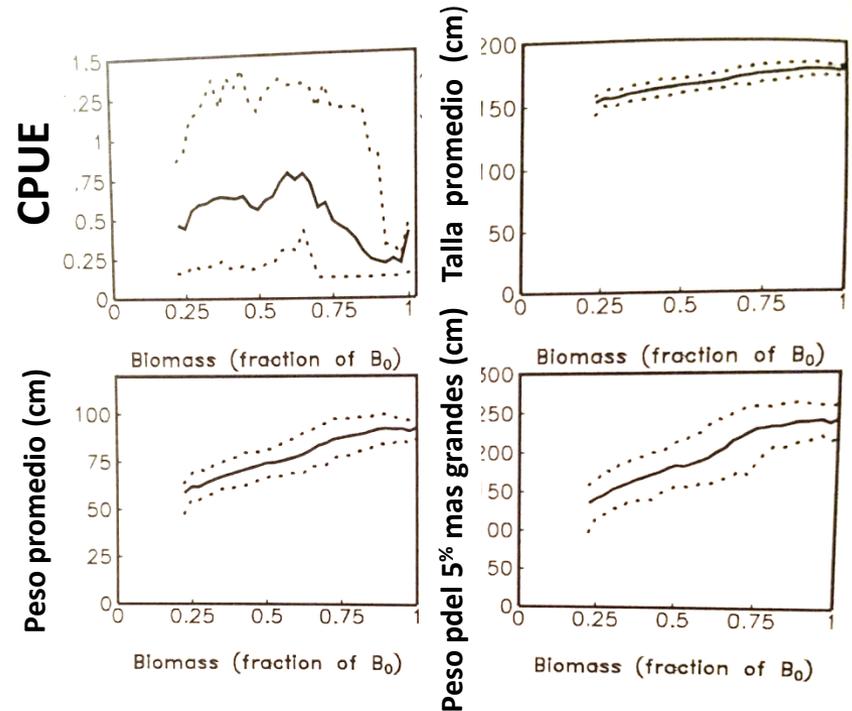
## Indicadores



### Ejemplos de indicadores:

- Talla promedio de la captura
- Peso promedio de la captura
- Talla de los 5% más grandes
- Peso de los 5% más grandes

Stock de pez espada de Australia  
(estudio con **simulaciones**, “escenario no. 10”)



Biomasa en el stock

Punt y Smith (2001)



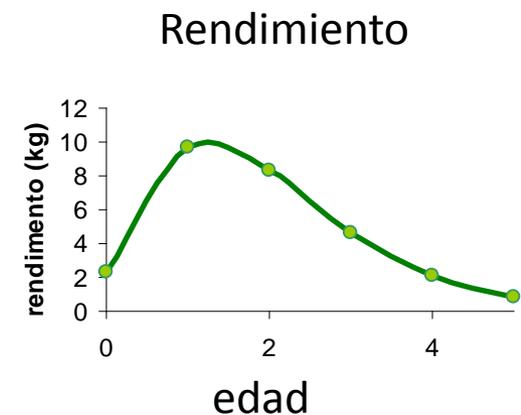
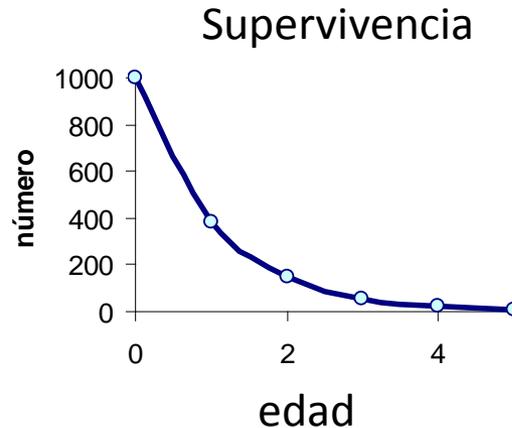
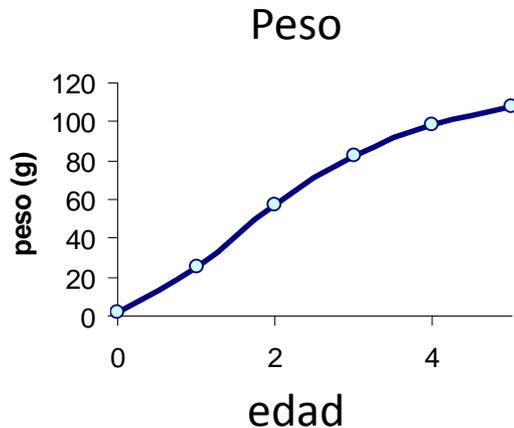
# Composición de tallas ¿Porqué?

## Rendimiento por recluta (RPR)



Peso × Supervivencia × **Tamaño del stock N** = Rendimiento

Desconocido, asumimos igual a 1 recluta



Indicador:

Sumar para todas las edades = RPR

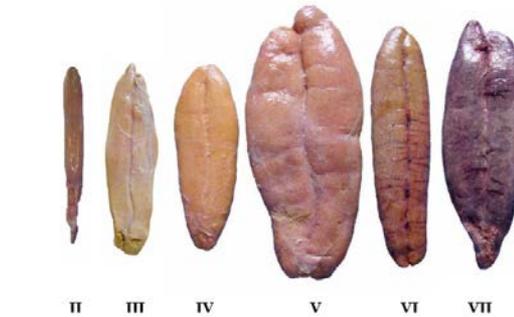


# Datos reproductivos ¿Porqué?



- Separación entre machos y hembras
- Estimación de tamaño de primera madurez
- Época reproductiva

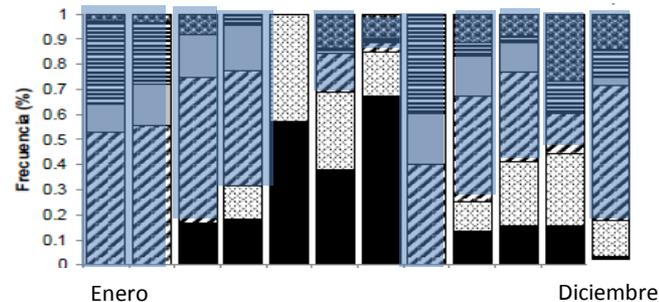
Perú: fases de madurez sexual de las hembras



Ovarios de perico en diferentes fases de madurez sexual, según la escala de Johansen.

Solano-Sare et al (2008)

Ecuador: Ciclo reproductivo del dorado



adultos

Martínez-Ortiz & Zúñiga-Flores (2012)

# Datos reproductivos ¿Porqué?

## Indicadores basados en datos reproductivos

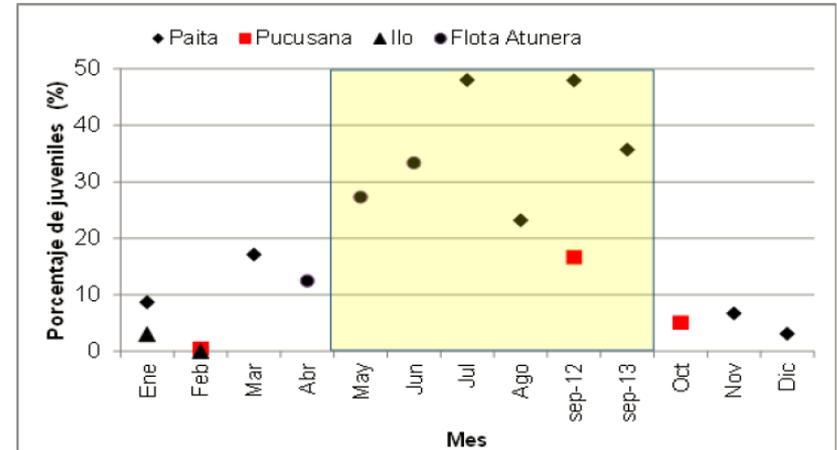


### Ejemplos:

- Proporción de juveniles
- Proporción de machos y hembras
- Biomasa desovante por recluta

### Perú

**Incidencia de juveniles de perico (en %) en base a muestreos biológicos en Paita, Pucusana, Ilo y flota atunera (enero 2012 – setiembre 2013)**



Ñiquen-Carranza (2014)

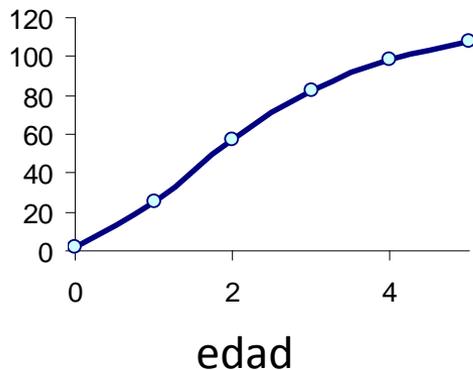
# Biomasa desovante por recluta (SPR)



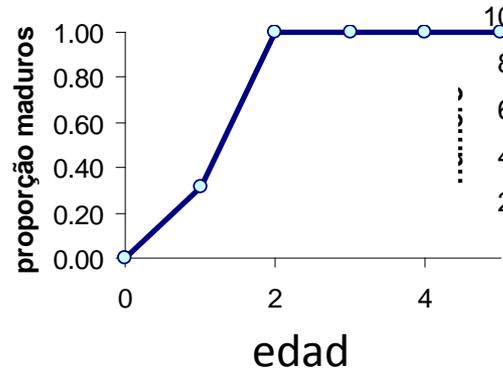
Fecundidad  $\times$  Peso  $\times$  Madurez  $\times$  Supervivencia  $\times$  **N** = Biomasa desovante

Desconocido, asumimos igual a 1 recluta

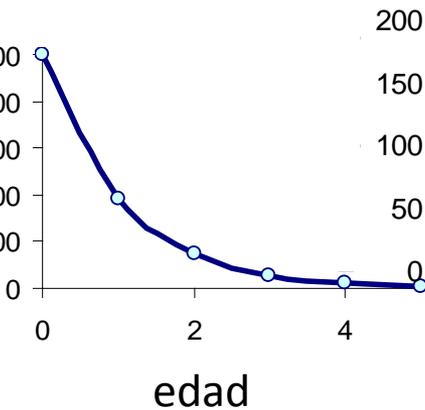
Fecundidad  $\times$  Peso



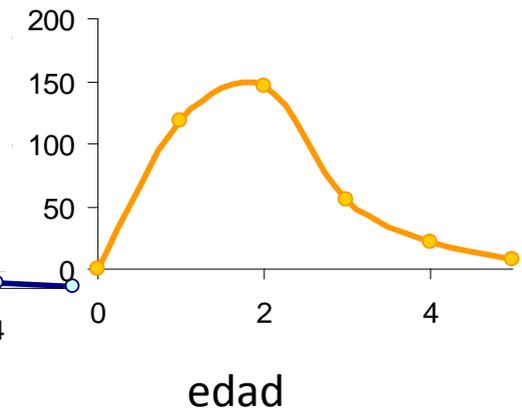
Madurez



Supervivencia



Biomasa desovante



Indicador:

Sumar para todas las edades = SPR

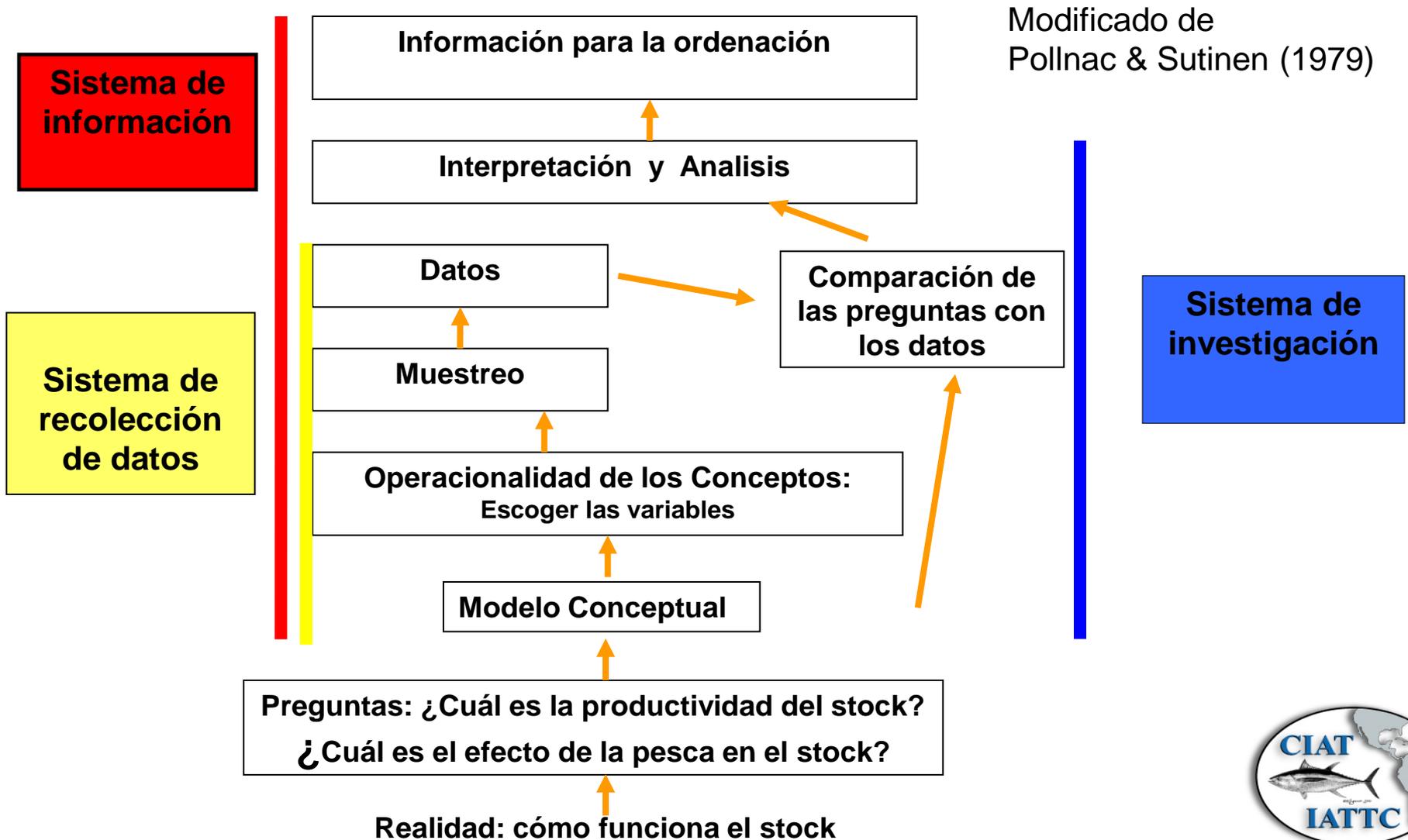
Dividir por SPR sin pesca ( $SPR_{F=0}$ )



Inserción de esta información

# Etapas básicas de un estudio ambiental

## El sistema de generación de información



# Sistema de generación de información para la ordenación pesquera

## Información estadística pesquera

- Características de las flotas
- Capturas (composición y estructura)
- Esfuerzo de pesca
- Rendimientos (CPUE)



Muestreo pesquero

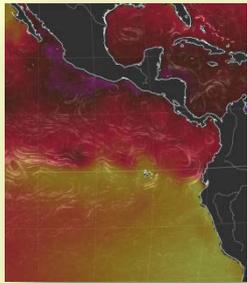
## Información biológica de los recursos

- Biología y ecología (distribución, alimentación, reproducción y movimiento)
- Crecimiento (talla y peso)
- Estructura (tallas y edad)
- Estimativas de abundancia



Muestreo biológico

Cruceros, marcado



<https://earth.nullschool.net>

## Información ambiental

- Oceanografía

Bases de datos

## Análisis de datos y estimación de parámetros

Evaluación de los efectos de la pesca en los recursos  
(largo, medio y corto plazo)

Recomendaciones para la ordenación e investigación



# Conclusión



Objetivos de la pesquería: ¿Los estamos cumpliendo?

## obtener beneficios

Productividad  
pesquera, capturas

### Modelos integrados:

- Mortalidad por pesca (tasa de explotación)
- Tamaño de la población en relación a condición sin pesca

### Indicadores:

- CPUE estandarizada
- Talla promedio,
- Talla 5% mayores
- Rendimiento por recluta
- etc

## sin comprometer la capacidad de la población en generar esos beneficios

Garantizar la  
reproducción y el  
desarrollo de los  
juveniles

Modelos integrados: Biomasa desovante en relación a condición sin pesca

### Indicadores:

- Proporción de juveniles en la captura
- Biomasa desovante por recluta
- Etc.



# En conclusión: Indicadores

---



- Útiles si
  - Son basados en muestra aleatoria
  - El diseño de muestreo es basado en las características de la pesquería
  - Se hace un estudio piloto
  - Cambian cuando la población cambia
  - Se prueban usando simulaciones
- Mejor aún si
  - Se definen valores específicos que pueden ser usados como puntos de referencia (por ejemplo con simulaciones)
  - Se pueden usar en una evaluación con modelos integrados cuando se acumulen en mas cantidad, los modelos integrados ayudan a interpretar los datos





¡Gracias!

---

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