

---

# Statistical Inference in R and JAGS

Noble Hendrix & Jim Thorson

[noblehendrix@gmail.com](mailto:noblehendrix@gmail.com) / [james.thorson@noaa.gov](mailto:james.thorson@noaa.gov)

---

Ejemplo de Modelo Espacio Estado de  
Pesca

22 January 2016

UDEEC, Concepción Chile

# Ejemplo – Atun Albacora del Atlántico Sur (*Thunnus alalunga*)

- Pesca con anzuelo
- 4 stocks de albacora (N & S Pacífico, N & S Atlántico)
- Albacora de N y S Atlántico manejados por ICCAT



Crédito foto – fishwithjd.com

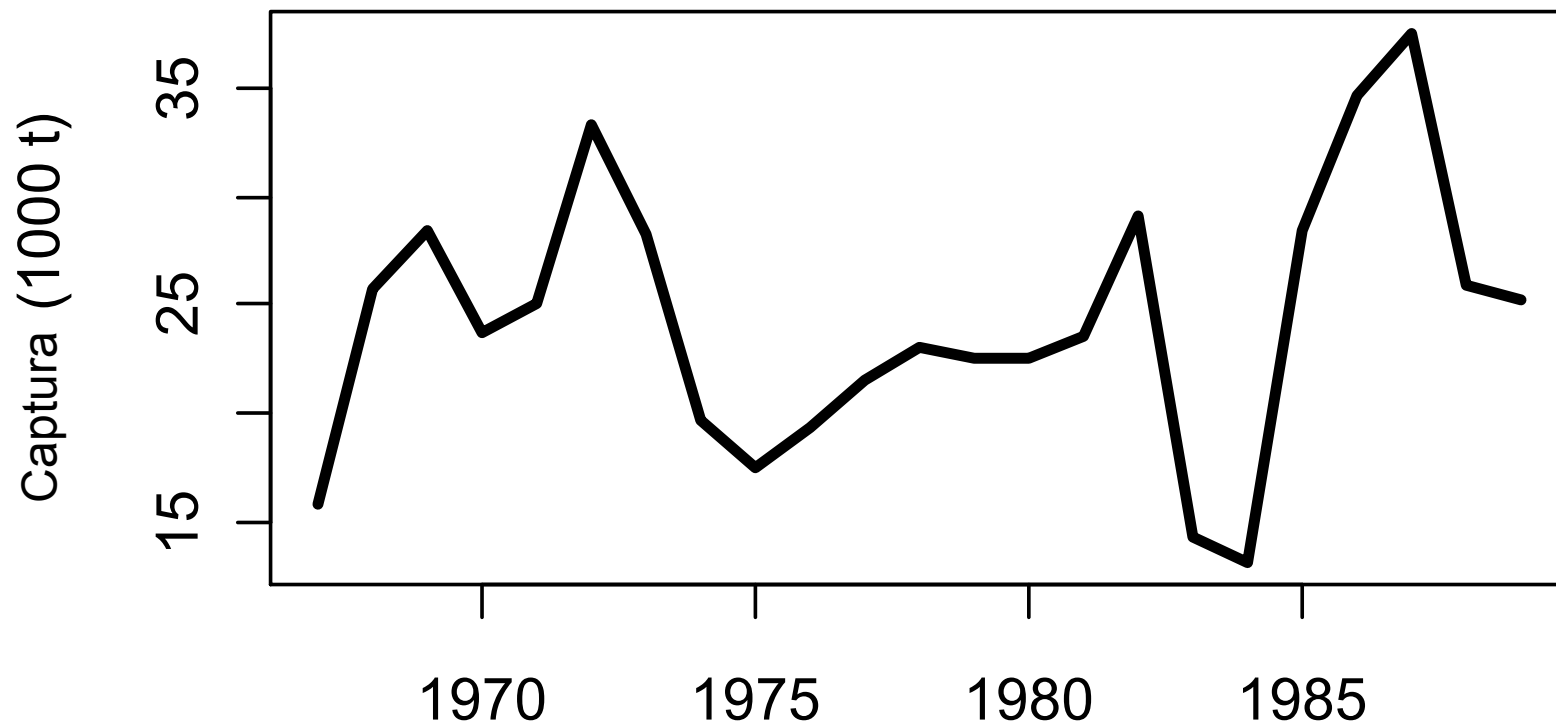


Crédito foto – Minnesota Post

---

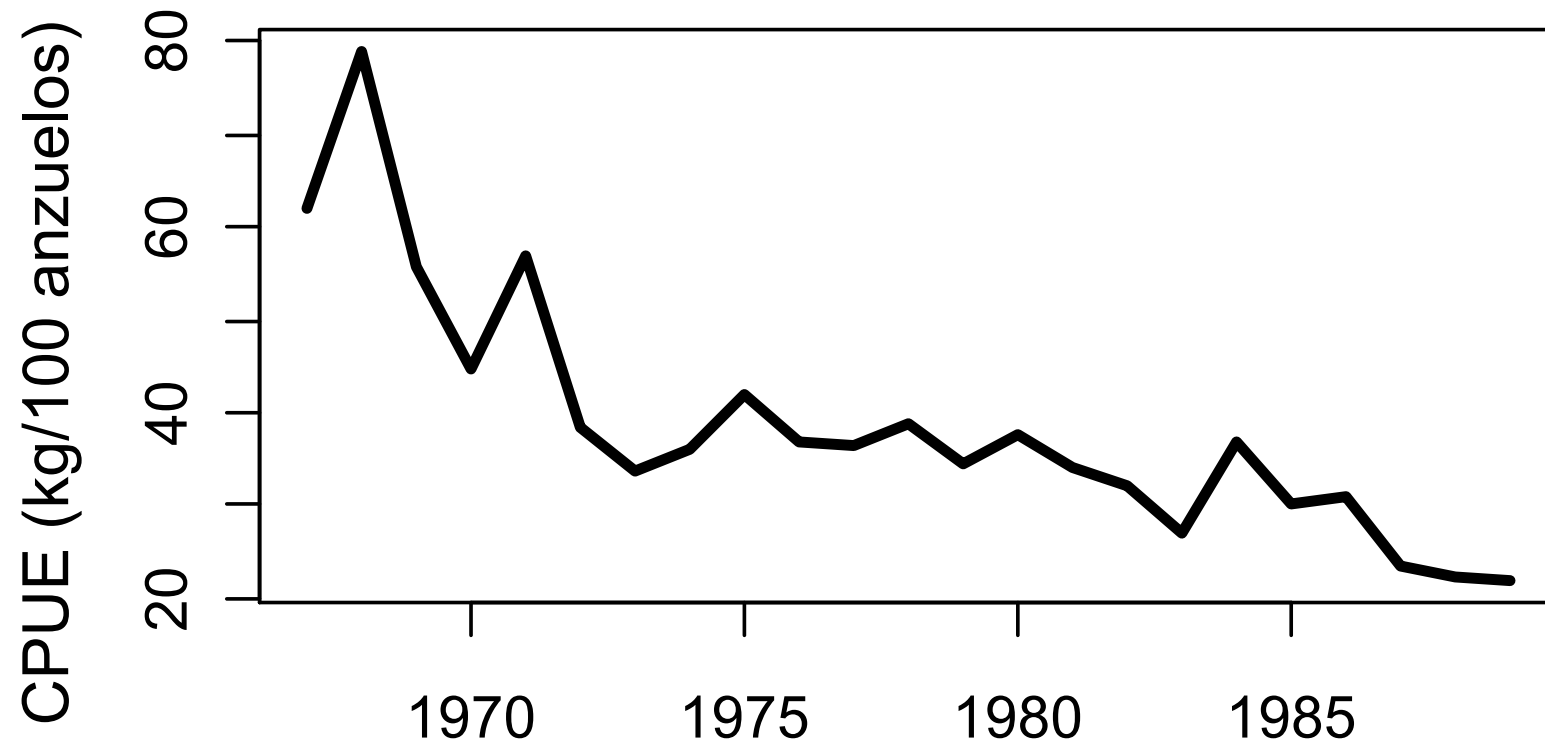
# Datos:

Captura – en miles de toneladas (1967 – 1989)



## Datos II:

Captura por unidad de esfuerzo (CPUE) – índice de abundancia



---

# Modelo Espacio-Estado

- Implementa modelo Schaefer de producción
- Estima los coeficientes del modelo en una plataforma Bayesiana usando BUGS
- Aplica el modelo a la evaluación de stock de atún albacora del Atlántico Sur (Meyer y Millar 1999 CJFAS 56:1078)

---

# Modelo de producción de Schaefer

## ■ Modelo:

$$B_t = B_{t-1} + r B_{t-1} (1 - B_{t-1}/K) - C_{t-1}$$

$B$  – biomasa al tiempo  $t$

$r$  – tasa intrínseca de crecimiento

$K$  – capacidad de carga poblacional

$C$  - captura

---

---

## Índice de abundancia relativa

- En algunos casos también puede haber un índice de abundancia de campañas de investigación:

$$I_t = qB_t$$

$I_t$  = índice de abundancia en año  $t$

$q$  = parámetro de capturabilidad del arte de pesca o muestreo

$B_t$  = biomasa en año  $t$

---

## Parámetros de manejo

- Rendimiento máximo sostenible (RMS)

$$\text{RMS} = rK/4$$

- Biomasa en RMS

$$B_{\text{RMS}} = K/2$$

- Esfuerzo óptimo

$$E_{\text{RMS}} = r/2q$$



---

¿Cuales son las posibles fuentes de variabilidad?

- Ruido de proceso

$$B_t = [B_{t-1} + r B_{t-1}(1 - B_{t-1}/K) - C_{t-1}] \exp\{v_t\}$$

$$v_t \sim N(0, \sigma^2)$$

- Error de observación

$$I_t = q B_t \exp\{u_t\}$$

$$u_t \sim N(0, \tau^2)$$

---

# Modelos Estado-Espacio

- Incorpora tanto aleatoriedad en los procesos de base (ruido de proceso) y error en las observaciones (error de medición)
- El modelado Bayesiano de modelos Estado-Espacio provee mejoras sobre alternativas previas (Ej., Filtro Kalman asume error de proceso Gaussiano y error en la medición)
- Es común tener que estructurar las dos fuentes de error (usando distribuciones previas informativas en uno de ellos), o estimar la razón entre ellos
- Publicaciones relevantes:
  - Buckland et al. 2007 (Statistical Science 22:44)
  - Newman et al. 2009 (Biometrics 65:572)

# Reparametrización de modelo Espacio-Estado:

Meyer y Millar 1999 CJFAS 65:1078

- La biomasa annual es una proporción de la capacidad de carga -  $P_t = B_t / K$

- Ecuación de proceso

$$P_t = (P_{t-1} + r P_{t-1} (1 - P_{t-1}) - C_{t-1} / K) \exp \{v_t\}$$

$$v_t \sim N(0, \sigma^2)$$

- Ecuación de observación

$$I_t = q K P_t \exp \{u_t\}$$

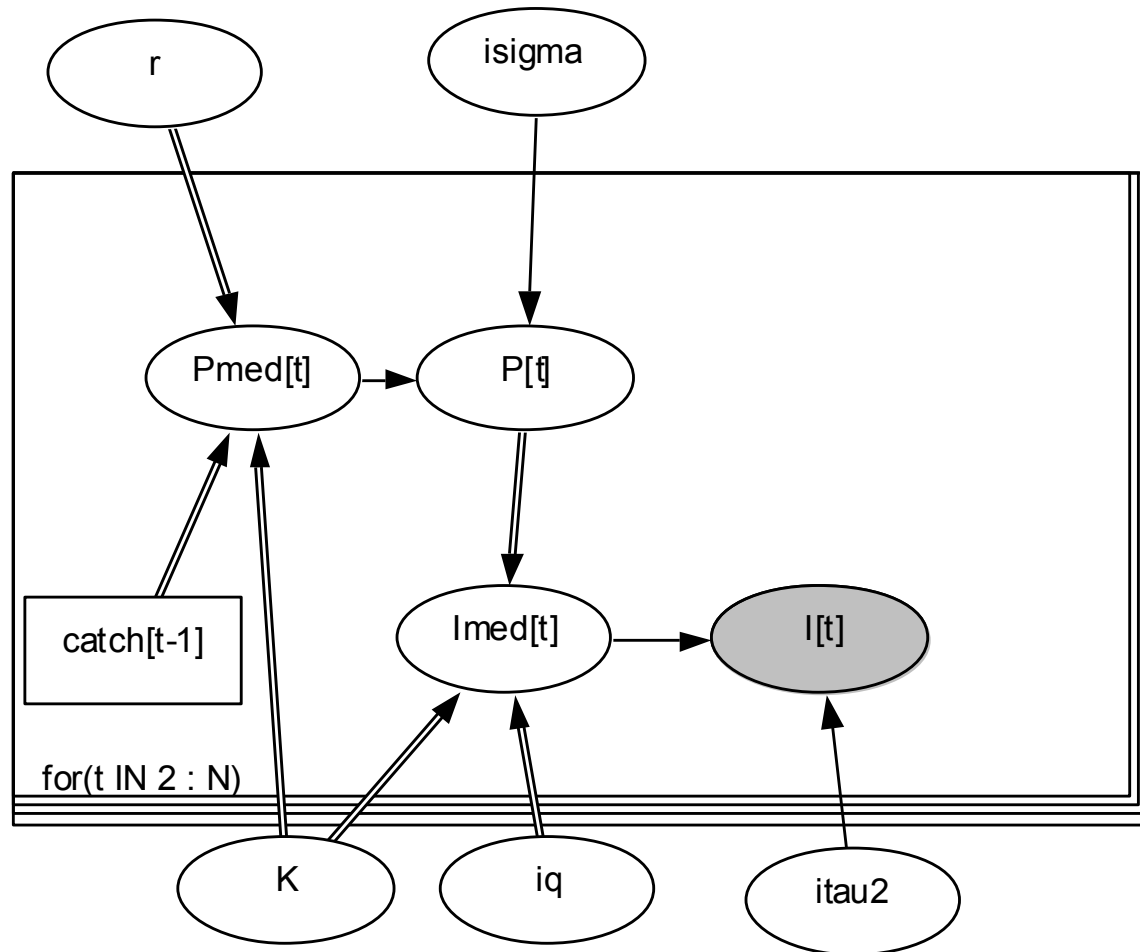
$$u_t \sim N(0, \tau^2)$$



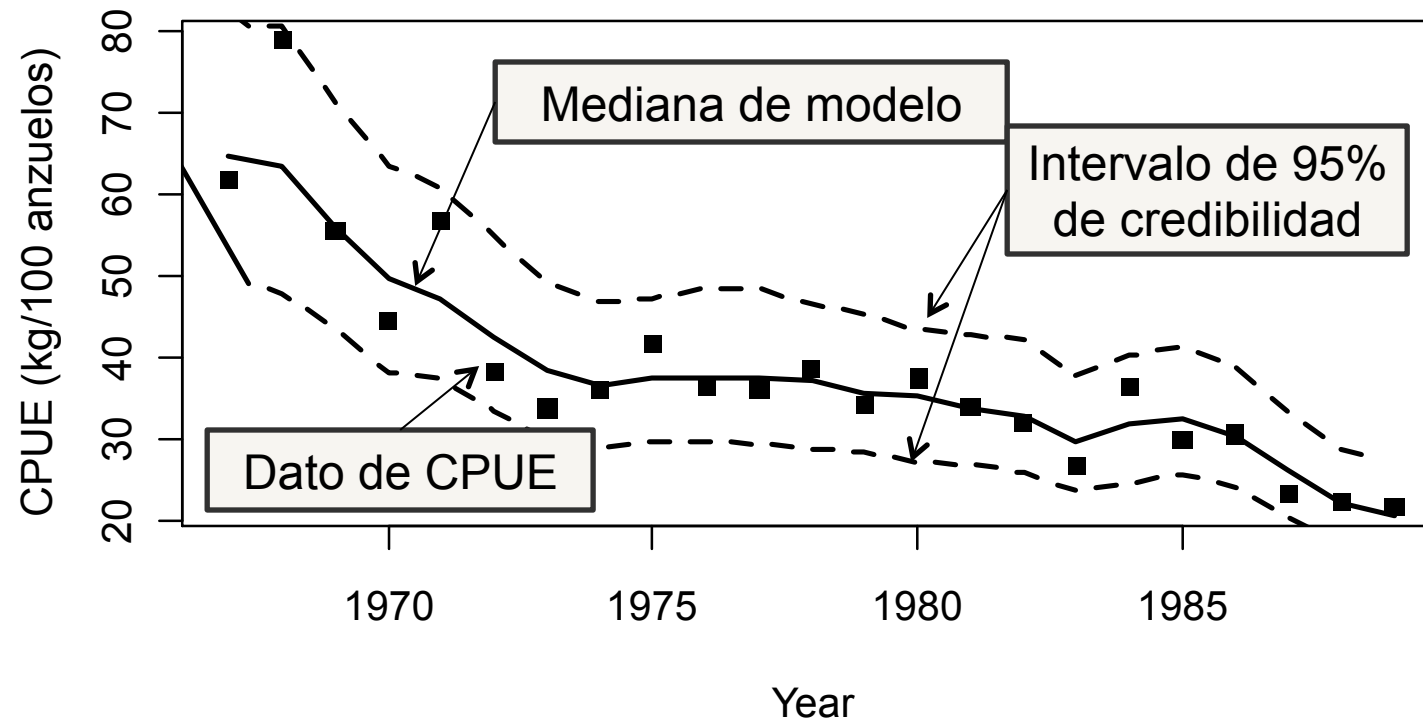
Crédito -dfo.ca

# Gráfico Acíclico Direccionado

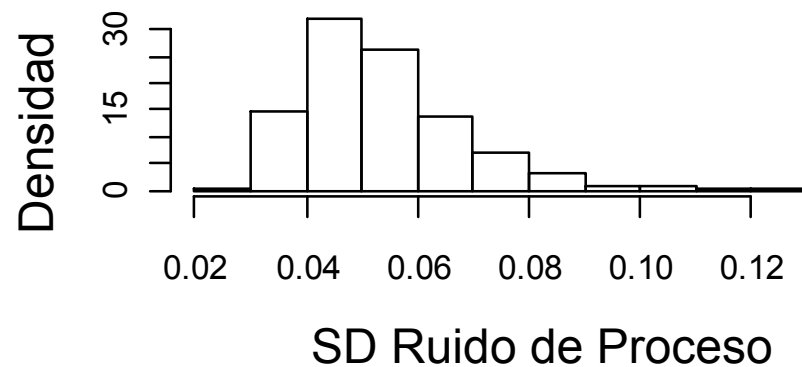
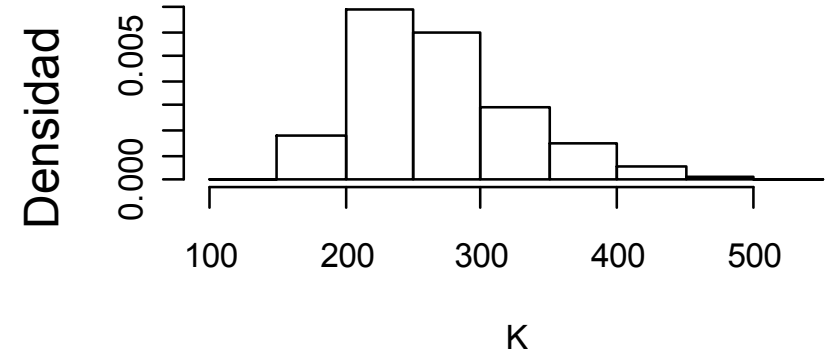
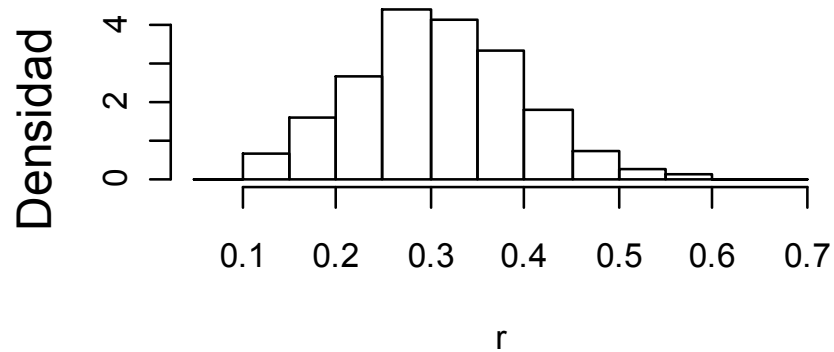
name:  $I[t]$  type: stochastic density:  $dnorm$   
mean:  $I_{med}[t]$  precision:  $itau2$  lower bound: upper bound



# Ajuste de modelo a datos de CPUE

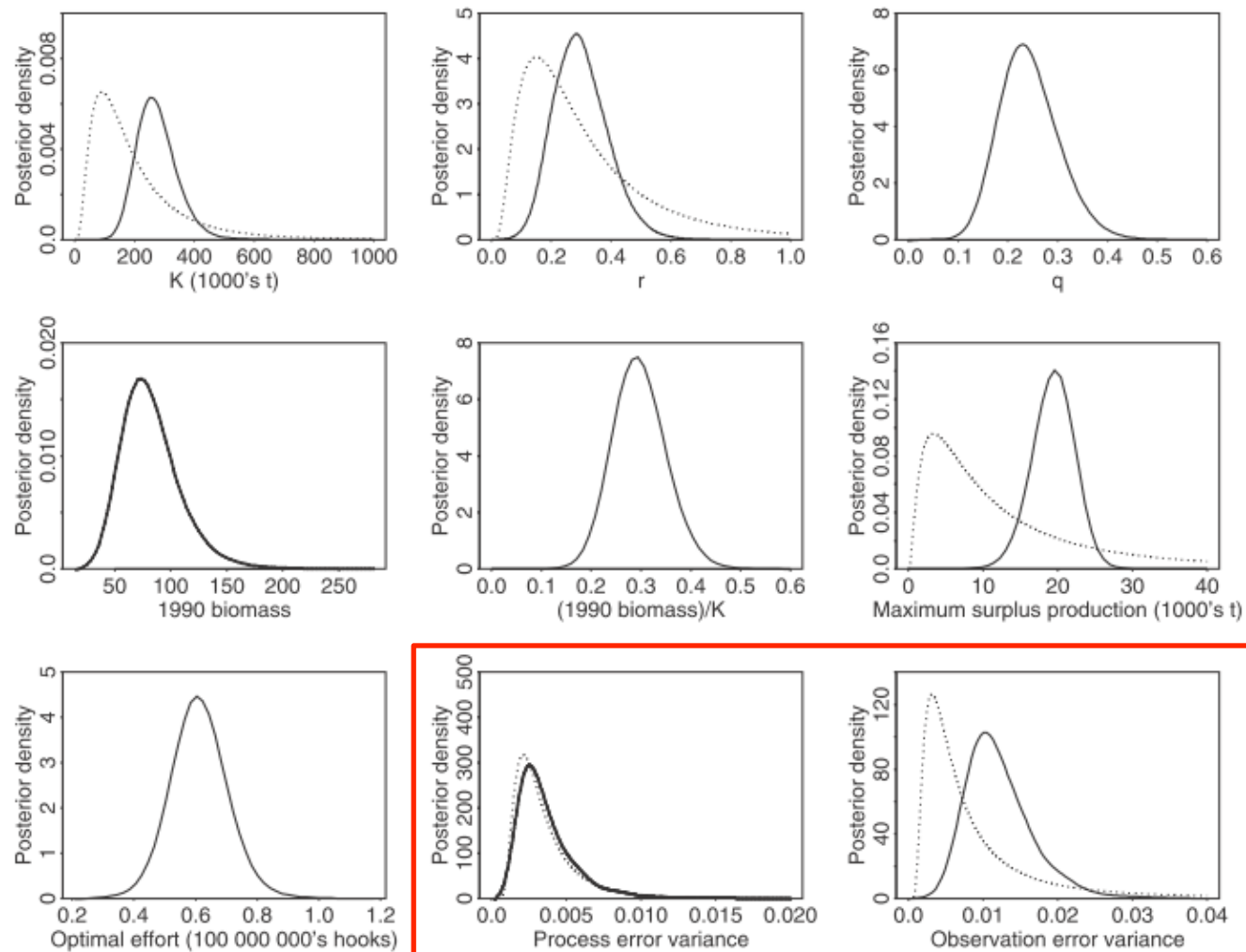


# Distribuciones Posteriores



# Distribuciones a priori y a posteriori de Meyer y Millar (1999)

**Fig. 2.** Kernel density estimates (solid lines) of the posterior distribution of various model and management parameters. Proper prior densities are given by the broken lines.



---

# Corriendo el modelo...en el laboratorio

- tuna.bug – el código de JAGS
- Day5-TunaEE.R – un código en R para graficar los datos y correr el modelo usando JAGS

