

# Ajuste de las cuotas de sardina común y anchoveta considerando la composición de las capturas

Luis Cubillos

10 de diciembre de 2014

## Introduction

En la actualidad, el manejo de pesquerías mediante el control de cuotas de captura de especies separadas es ampliamente aceptado e institucionalizado. Aunque el manejo mediante cuotas puede ser efectivo en determinadas pesquerías, cuando se trata de pesquerías multiespecíficas mixtas (PMM) podría ser poco efectivas. En efecto, en PPM normalmente se acepta que se siga capturando hasta que todas las cuotas hayan sido cubiertas. Asimismo, es común que algunas cuotas se superen debido a que aún hay especies por capturas, o bien genera descarte y malas prácticas.

En PPM, el balance óptimo de la contribución relativa de las especies a la captura total se debe a múltiples factores que están relacionados con las operaciones de pesca y por el grado de mezcla que se da en determinadas zonas de pesca. Este es el caso de la pesquería de sardina común y anchoveta en la zona centro-sur de Chile. Ambos recursos son especies objetivo de la flota artesanal e industrial, son recursos de tamaño similar que forman agregaciones y cardúmenes mezclados e imposibles de separar acústicamente (Gerlotto et al., 2004), y tiene igual precio.

En este trabajo se propone un sistema de ajuste de cuotas sobre la base de la contribución relativa de cada especie al desembarque que fue registrada en el pasado reciente.

## Metodología

La metodología se basa en un sistema de dos recursos que conforman una pesquería mixta, y para los cuales se establecen cuotas de captura biológicamente aceptables (CBA) por separado. Si se denomina por  $Qs$  y  $Qa$  a la CBA del recurso  $s$  y  $a$ , respectivamente; entonces resta por conocer la composición de la captura total de la flota y que corresponde a una fracción  $p$   $[0, 1]$  para uno de los recursos. De esta manera, se tendrá que el aporte del recurso  $s$  a la captura total será  $p$  y la del otro recurso será su complemento  $1 - p$ . Si  $p = 0.55$  entonces la razón entre los recursos será  $a/s = 0.45/0.55$ .

La composición de especies puede variar por múltiples factores entre un nivel inferior  $l$  y otro superior  $u$ . Por ejemplo si  $l = 0.5$  y  $u = 0.6$ , entonces la composición específica entre  $s$  y  $a$  podría fluctuar entre  $a/s = 0.5/0.5$  y  $a/s = 0.5/0.6$ . Para la pesquería se asume que los límites  $l$  y  $u$  son conocidos, y que la composición de la captura viene dada por  $p \in [l, u]$ . Con el objeto de proceder con el ajuste de las cuotas, el procedimiento asume que bajo el sistema de cuota la pesquería se detendrá cuando se logre completar una de las cuotas. En otras palabras  $Qs$ ,  $Qa$ ,  $l$ , y  $u$  son conocidos, mientras que la composición final  $p$  puede ser determinada en el rango  $[l, u]$ .

Al considerar que las capturas efectivas de los recursos pueden ser menor o igual que las respectivas cuotas, i.e.,

$$Ca \leq Qa$$

y

$$Cs \leq Qs$$

La captura total que conforma la mezcla es  $Ca + Cs$ , y por definición la composición de la captura es  $p$  asociada a  $Cs$  es:

$$\frac{Cs}{Ca + Cs} = p$$

lo que equivale a:

$$pCa - (1 - p)Cs = 0$$

Esta última ecuación es una línea recta que pasa por los puntos  $(Ca, Cs)$  con una pendiente  $b = p/(1 - p)$  e intercepto  $a = 0$ . Ya que  $p$  varía en el intervalo  $[l, u]$ , la pendiente podría variar en el intervalo:

$$\left[ \frac{l}{1-l}, \frac{u}{1-u} \right]$$

Las restricciones de este sistema de ecuaciones se muestran en la Figura 1, suponiendo que  $Qs = 11$ ,  $Qa = 25$ ,  $l = 0.3$  y  $u = 0.6$ . Si el límite superior es  $u = 0.6$  y al considerar que es más factible que la cuota de  $Qs$  se complete primero, entonces el desembarque final de  $Qa$  debería ser ajustado a que inevitablemente será  $Ca = 16,5$ . Sin embargo, si se considera  $l = 0.3$ , entonces el ajuste debería ser más drástico ( $Ca = 4,7$ ). En consecuencia, la cuota mixta ( $Qm = Cs + Ca$ ) podría fluctuar entre 15,7 y 27,5, en vez de la suma inicial de cuotas de 36.

Al valorar la contribución de cada especie, y al suponer que la especie con menor captura tiene mayor valor entonces se podría plantear que el beneficio de la captura conjunta será:

$$Im = Ps * Cs + Pa * Ca$$

Al suponer que el valor de la conservación viene dado por el inverso de la cuota, entonces  $Ps = 1/Qs$  y  $Pa = 1/Qa$ . Esto implica que si se logra extraer la totalidad de la cuota de cada especie, entonces el máximo beneficio conjunto será igual a 2 ( $Im = 2$ ). Otra forma de valorar es por el inverso de la biomasa con el objeto de asignar mayor peso a la especie con menor biomasa. Sin embargo, ya que en las pesquerías de peces pelágicos las cuotas son proporcional a la biomasa, es preferible utilizar el inverso de la cuota.

Las restricciones del sistema de ecuaciones son:

$$Im = PsCs + PaCa = Max!$$

$$Ca \leq Qa$$

$$Cs \leq Qs$$

$$pCa - (1 - p)Cs = 0$$

La optimización para encontrar el valor de la composición de la captura considera los siguientes casos:

- Caso I :  $Qa/Qs < l/(1 - l)$
- Caso II :  $l/(1 - l) \leq Qa/Qs \leq u/(1 - u)$
- Caso III:  $u/(1 - u) < Qa/Qs$

En estos casos, la solución óptima para la composición de la captura ( $p^o$ ) es:

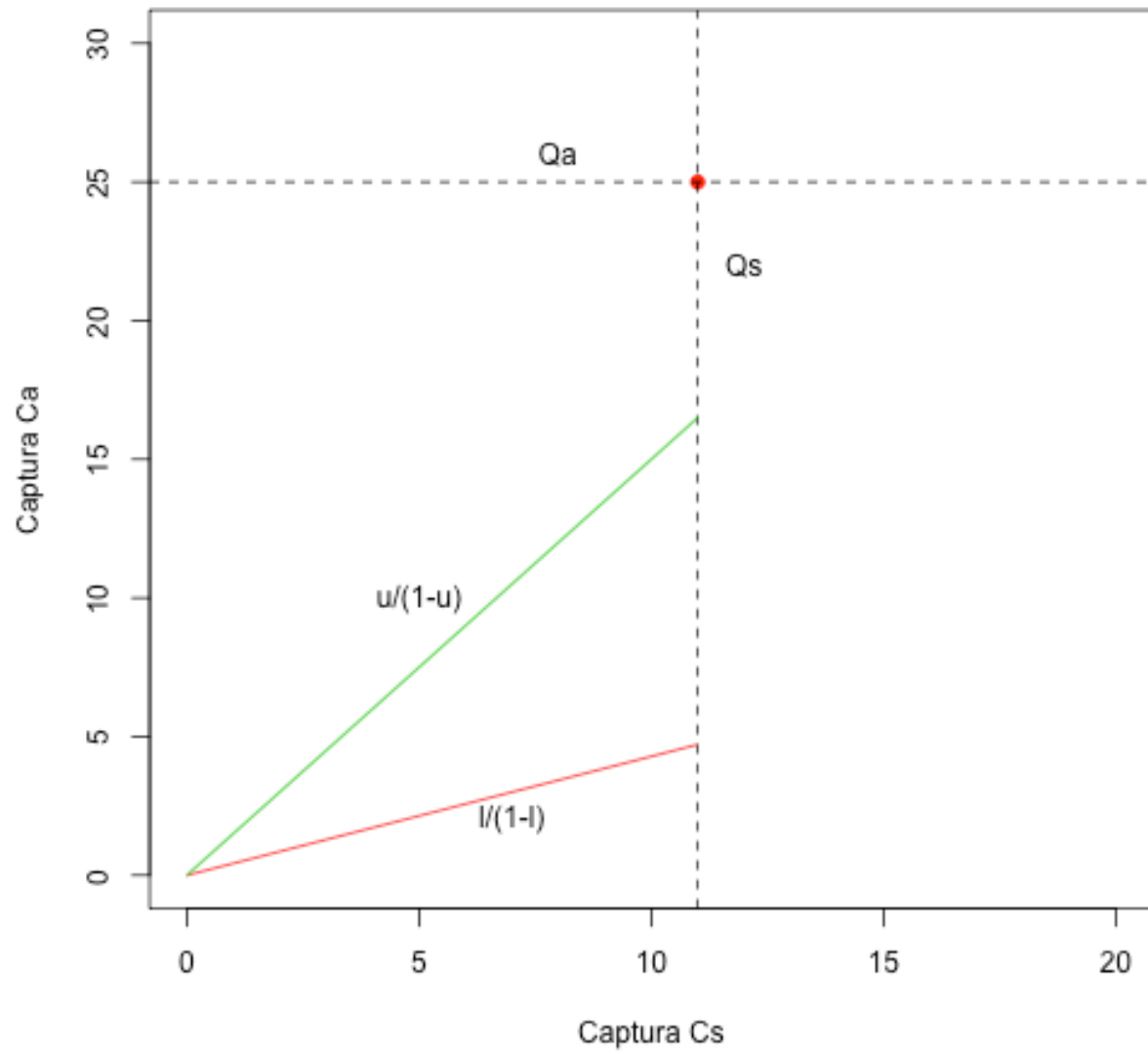


Figure 1: Relación entre capturas y ajuste de la captura  $Ca$  si la captura de  $Cs$  se cumpliera

- Caso I :  $p^o = l$
- Caso II :  $p^o = Qa/(Qa + Qs)$
- Caso III:  $p^o = u$

Las capturas óptimas serían:

- Caso I :  $[Ca^o, Cs^o] = [(1-l)/l)Qa, Qa]$
- Caso II :  $[Ca^o, Cs^o] = [Qs, Qa]$
- Caso III:  $[Ca^o, Cs^o] = [Qs, (u/(1-u))Qs]$

El beneficio de las capturas totales sería:

- Caso I :  $Im^o = (Ps((1-l)/l) + Pa)Qa$
- Caso II :  $Im^o = PsQs + PaQa$
- Caso III:  $Im^o = (Ps + Pa(u/(1-u)))Qs$

A modo de ejemplo, si se considera  $Qa = 42$ ,  $Qs = 572$ ,  $Pa = 0,0238$ ,  $Ps = 0,0017$ ,  $l = 0,08$  y  $u = 0,38$ , entonces se tiene como resultado que la composición de la captura óptima es  $p^o = 0,08$ , luego  $Ca = 42$ ,  $Cs = 483$ ,  $Qm = Ca + Cs = 525$ , y máximo beneficio de la conservación  $Im = 1,84$  muy próximo a 2.

## La composición de captura históricas

La pesquería de anchoveta y sardina común es un caso de pesquería mixta multiespecífica, y la mezcla de especie puede ser debida tanto a interacción tecnológica como ecológica. La interacción ecológica es más difícil de demostrar, por ejemplo competencia. Sin embargo es más fácil considerar que la mezcla de especies se debe a la interacción tecnológica, ya que para el pescador no hay preferencias por una u otra especie ya que el destino de la captura es para la reducción y tienen el mismo precio. La preferencia, sin embargo, es un tema complejo ya que cuando hay restricciones por agotamiento de la cuota de una de las especies, el pescador preferirá capturar la especie que tiene un saldo de la cuota.

Se utilizó los datos de capturas mensuales del periodo 1998-2013 para calcular la razón entre la captura de anchoveta y la captura de sardina ( $Ca/Cs$ ) mediante un modelo de efectos mixtos y considerando el año como factor aleatorio con intercepto cero.

```
## Error in setwd("/Users/luiscubillos/ADMwork/MOSAN/Mixed/DataMix"): cannot change working directory

## Warning in file(file, "rt"): cannot open file 'catchmix.csv': No such file
## or directory

## Error in file(file, "rt"): cannot open the connection

## Error in nlme::nfGroupedData(formula = anchoveta ~ sardina | as.factor(YY), : object 'ca' not found

## Error in is.data.frame(data): object 'mezc' not found

## Error in coef(m4): object 'm4' not found
```

Los resultados muestran que los límites de confianza de 95% para la composición de especies fluctúa entre 0,44 y 0,96 con un estimado de 0,7 para los efectos fijos, mientras que para el efecto aleatorio asociado a los años el límite de confianza de 95% fluctúa entre 0,36 y 0,76 con un estimado de 0,52.

```
intervals(m4,level=0.95)
```

```
## Error in intervals(m4, level = 0.95): object 'm4' not found
```

Los cambios anuales han fluctuado entre 0,078 en el 2012 y 1,848 en el 2007 (Figura). En los años más recientes (2008-2013), la razón de capturas fluctúa entre 0,078 y 0,378. Estos valores pueden ser considerado como límite inferior ( $l=0,078$ ) y superior ( $u=0,378$ ) para ajustar las cuotas de captura.

```
## Error in augPred(m4): object 'm4' not found
```

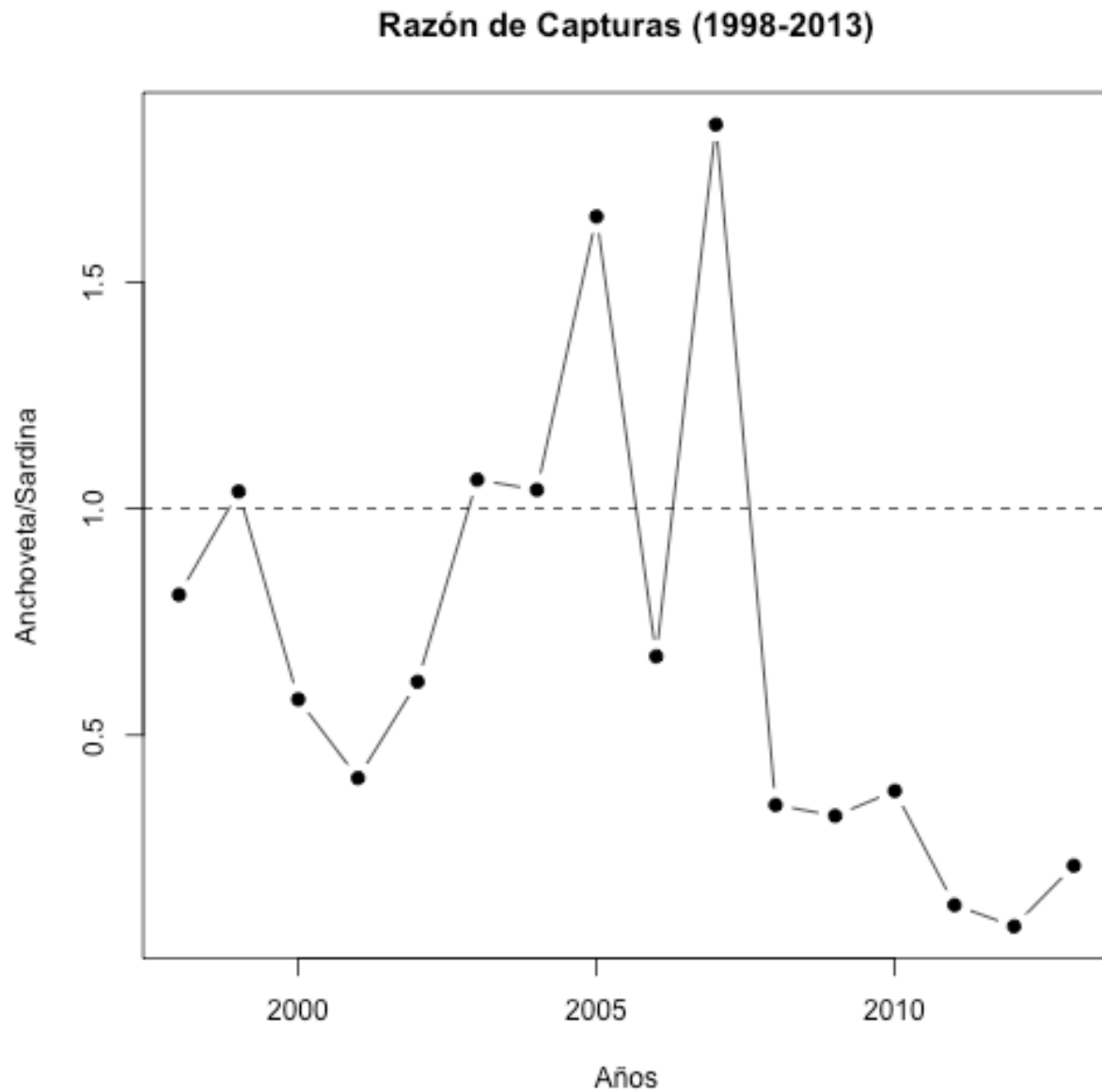


Figure 2: plot of chunk unnamed-chunk-6

tb1

```
##      Year  rate2
## [1,] 1998 0.8100
## [2,] 1999 1.0380
## [3,] 2000 0.5790
## [4,] 2001 0.4055
## [5,] 2002 0.6179
## [6,] 2003 1.0640
## [7,] 2004 1.0415
## [8,] 2005 1.6448
## [9,] 2006 0.6740
## [10,] 2007 1.8480
## [11,] 2008 0.3460
## [12,] 2009 0.3220
## [13,] 2010 0.3770
## [14,] 2011 0.1250
## [15,] 2012 0.0780
## [16,] 2013 0.2120
```

## Discusión

## Anexo

El algoritmo de optimización es el siguiente:

```
comp <- function(){
  if(Qr< A){
    p=1
    CaCs = c(((1-1)/1)*Qa,Qa)
    Im = (Ps*((1-1)/1)+Pa)*Qa
  }
  if(Qr>B){
    p=u
    CaCs = c(Qs,(u/(1-u))*Qs)
    Im = (Ps+Pa*(u/(1-u)))*Qs
  }
  if(Qr>=A && Qr<=B){
    p=Qa/(Qs+Qa)
    CaCs = c(Qs,Qa)
    Im = Ps*Qs+Pa*Qa
  }
  out <- list()
  out$p = p
  out$CaCs=CaCs
  out$Im=Im
  return(out)
}
```

Un ejemplo de aplicación es el siguiente

```

Qa = 42  #Cuota de la especie a
Qs = 572  #Cuota de la especie b
Pa = 1/Qa  #Valor de la especie a por conservación
Ps = 1/Qs  #Valor de la especie b por conservación
l=0.08     #limite inferior razon anchoveta/sardina
u=0.38     #Límite superior razón anchoveta/sardina
#Balance y ajuste de las cuotas separadas
Qr = Qa/Qs
A = (1/(1-l))
B = (u/(1-u))
sa <- comp()
Qmixta <- sa$CaCs[1]+sa$CaCs[2]
Cs<-sa$CaCs[1]
Ca<-sa$CaCs[2]
Qmixta

## [1] 525

```