

**Modelamiento de la dinámica en las dimensiones  
espacio – tiempo de la pesca artesanal del recurso  
Sardina común *Strangomera bentincki* y Anchoveta  
*Engraulis ringens*, de la flota cerquera de la VIII  
Región – Chile**

Ingeniero Pesquero  
**Emilio A. Monsálvez Quinteros**  
emonsalvez.ip@gmail.com

## INDICE

1. RESUMEN.....	3
2. OBJETIVOS .....	4
3. PALABRAS CLAVES .....	5
4. INTRODUCCIÓN.....	6
5. DESARROLLO.....	10
5.1 Marco Teórico. ....	10
5.1.1 Información de Recursos Pesqueros.....	14
5.2 Metodología del trabajo. ....	17
6. CONCLUSIONES .....	24
7. BIBLIOGRAFÍA.....	25

## 1. RESUMEN

El ecosistema del Mar de Chile permite el desarrollo de una variada y abundante fauna marina. La explotación de estos recursos ha favorecido el desarrollo de hasta ahora de una creciente industria pesquera que se distribuye a lo largo de todo el litoral nacional, ubicándose entre los principales países pesqueros a nivel mundial.

Destacado como un país con una alta actividad extractiva pesquera y acuícola relevante para su economía, la extracción de los recursos Sardina común y Anchoqueta a lo largo de todo el litoral conforma aproximadamente un tercio de los desembarques totales en el país.

Dentro de la Región del Biobío la extracción de los recursos Sardina común y Anchoqueta cumple un rol fundamental. Los niveles de extracción de estos recursos superan sustancialmente la extracción de otros organismos hidrobiológicos disponibles para consumo y comercialización, elevándose su explotación por sobre el 50% de los restantes recursos desembarcados y declarados en la Región, históricamente.

El fin último de este trabajo radica principalmente en desarrollar modelo conceptual de la dinámica poblacional de estos recursos y posteriormente una simulación que represente el esfuerzo pesquero al que se han visto sometidos estos recursos.

Para la sistematización de la información, preparación del modelo conceptual y posterior simulación se utilizará el Software Vensim PLE for Windows Versión 6.3D (<http://vensim.com/>), con el cual después de realizar las iteraciones que correspondas se obtendrán indicadores de captura, producción y sustentabilidad general del sector.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo General

- i. Sistematizar, conceptualizar y simular la dinámica espacio – temporal de la pesquería del recurso sardina común (nombre) y anchoveta (nombre), en la pesquería artesanal de la octava región – Chile, con el uso del software Vensim PLE.

### Objetivo Específico

- i. Diseñar un modelo de simulación que posea variables biológicas pesqueras, sociales y ambientales que.
- ii. Simular los escenarios a los que se ha sometido esta pesquería y que radicarán principalmente en el estado actual de los stocks de estos recursos.
- iii. Evaluar el manejo en la administración y manejo de esta pesquería y su fauna asociada, a objeto de contribuir con información para la toma de decisiones en las políticas que incidan en la conservación de estos recursos pesqueros.

### **3. PALABRAS CLAVES**

- Sustentabilidad pesquera.
- Rendimiento.
- Esfuerzo pesquero.
- Biomasa.
- Capacidad de resiliencia

## 4. INTRODUCCIÓN

Antes de comenzar este estudio es necesario señalar de qué forma se distribuyen las cuotas de pesca de los recursos Sardina común *Strangomera bentincki* y Anchoveta *Engraulis ringens*, es así como debemos mencionar que el Régimen Artesanal de Extracción (RAE) fue creado en el año 2002, este es un sistema de manejo creado para determinar y distribuir las cuotas de pesca a las embarcaciones artesanales adscritas a éste régimen y a las organizaciones que las agrupan, especialmente para este estudio la pesquería pelágica de cerco de la Región del Biobío<sup>1</sup>.

Desde el año 2004 con la entrada en vigencia de esta medida de administración (D.S. 296 del 20 diciembre 2004), se han aplicado en la Región del Biobío distintas ecuaciones para realizar la asignación de las cuotas de pesca, para los recursos Sardina común *Strangomera bentincki* y Anchoveta *Engraulis ringens*, buscando expresar en estas fórmulas la participación o importancia relativa de la embarcación en la pesquería, en términos de su desembarque oficial, habitualidad en días de pesca y antigüedad en la pesquería.

Igualmente cabe mencionar que la biomasa de sardina común y anchoveta, así como su desembarque, se consideran en conjunto dado que ambas tienen una misma distribución, no siendo distinguible su vulnerabilidad al arte de pesca y equipos de detección (Cerdeira *et al.*, 2008).

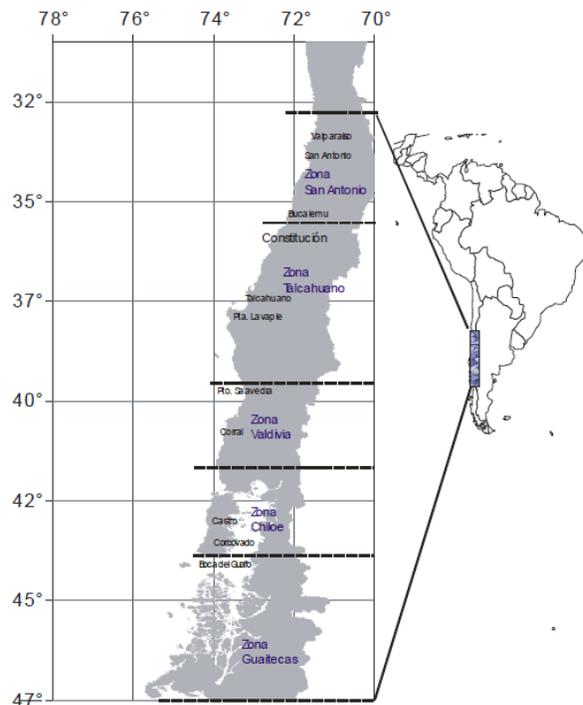
“La sobreexplotación de los recursos pesqueros, la sobre-capitalización en las pesquerías, la eliminación de las rentas que generan a la sociedad y la creciente inquietud por la conservación de la biodiversidad marina, han motivado el desarrollo de líneas de investigación pesquera con un enfoque multidisciplinario, dinámico y precautorio. En este contexto, el análisis conjunto de factores biológicos, ecológicos y económicos surge como un tópico necesario a la hora de evaluar aquellas fuerzas que regulan la dinámica de una pesquería” (Seijo *et al.*, 1997).

---

<sup>1</sup> Según el Art 55 I de la LGPA, el **Régimen Artesanal de Extracción...** “consistirá en la asignación de la fracción artesanal de la cuota global de captura en una determinada Región, ya sea por área o flota, tamaño de las embarcaciones, caleta, organizaciones de pescadores artesanales o individualmente. Para estos efectos se considerarán, según corresponda, los pescadores artesanales debidamente inscritos en el Registro Pesquero Artesanal en la respectiva pesquería, la caleta, la organización, o el tamaño de las embarcaciones. La asignación de la fracción artesanal de la cuota global se efectuará por resolución del Subsecretario, de acuerdo a la historia real de desembarques de la Caleta, Organización, pescador artesanal o tamaño de las embarcaciones, según corresponda, y teniendo en cuenta la sustentabilidad de los recursos hidrobiológicos”.

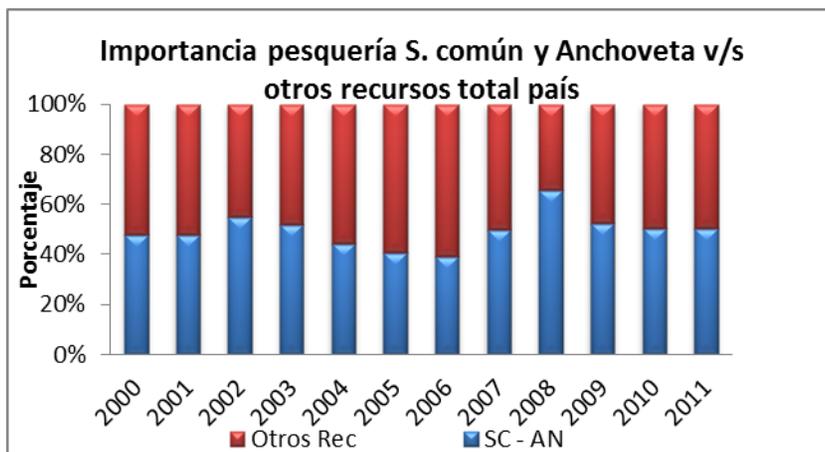
La actividad extractiva de cerco artesanal de la zona Centro-Sur se desarrolla principalmente en el primer semestre de cada año entre marzo y mayo, período en que se obtiene cerca del 80% de las capturas. Dicha estacionalidad la ha marcado históricamente la Región del Biobío, a la cual se le asigna en los últimos años cerca del 80% de la cuota total. Durante el segundo semestre, la actividad se reduce notablemente, ya sea por factores climáticos que impiden la operación de las embarcaciones menores, por la menor disponibilidad de recursos en el área y por la vedas, reproductiva de invierno y de reclutamiento de verano. En el caso de la actividad industrial, ésta es espacio-temporalmente más amplia dada la capacidad y autonomía de las embarcaciones.

En la zona Centro-Sur, la pesquería abarca latitudinalmente desde San Antonio por el norte hasta las Guaitecas por el sur y más allá de las 200 mn (**Figura 1**). Los principales puertos de desembarque de la pesquería pelágica de cerco artesanal de sardina y anchoveta, según regiones son: San Antonio (V Región); Coronel, San Vicente y Talcahuano (VIII Región); Corral (XIV Región); Calbuco, San Rafael y Chinquihue (mar interior de la X Región), en tanto que las capturas se venden a la industria y destinan casi en su totalidad a la reducción y la producción de harina y aceite de pescado.



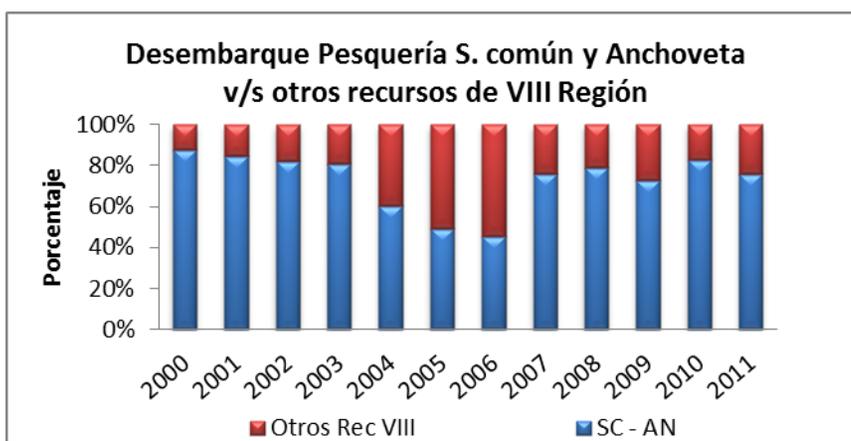
**Figura 1.** Distribución latitudinal de la pesquería pelágica de la zona Centro-Sur y las sub-zonas de pesca (Fuente: pesquerías pelágicas IFOP)

La extracción de los recursos Sardina común y Anchoqueta a lo largo de todo el litoral conforma aproximadamente un tercio de los desembarques totales en el país, ver Figura 2.



**Figura 2.** Se observa la importancia de los desembarques de los recursos Sardina común y Anchoqueta dentro de la última década, a nivel de país, superando estos recursos el tercio de desembarques anuales totales informados. Fuente: Anuario Estadístico de Pesca.

Dentro de la Región del Biobío la extracción de los recursos Sardina común y Anchoqueta cumple un rol fundamental. Los niveles de extracción de estos recursos superan sustancialmente la extracción de otros organismos hidrobiológicos disponibles para consumo y comercialización, elevándose su explotación por sobre el 50% de los restantes recursos desembarcados y declarados en la Región, históricamente.



**Figura 3.** Se observa la predominancia en los desembarques de los recursos Sardina común y Anchoqueta dentro de la última década, en relación a otros recursos extraídos dentro de la Región. Fuente: Anuario Estadístico de Pesca.

Dentro de este alto nivel de extracción, se puede determinar que la sumatoria de los desembarques de estos dos recursos, supera notoriamente las 500 mil toneladas descargadas y declaradas, anualmente dentro de la Región, llegando a superar el millón de toneladas en los años 2000, 2008 y 2009 a nivel regional, no obstante, como se observa en la gráfica que procede, el año 2013 es considerado un año irregular dentro del desarrollo de esta actividad, donde fueron desembarcados un total aproximado de 140 mil toneladas entre ambos recursos, evidentemente inferior a lo obtenido históricamente, lo que sugiere y destaca la importancia de realizar una regulación efectiva y comprometida con la sustentabilidad de recursos tan explotados y vulnerables como son las especies hidrobiológicas Sardina común y Anchoveta, ver Figura 4.

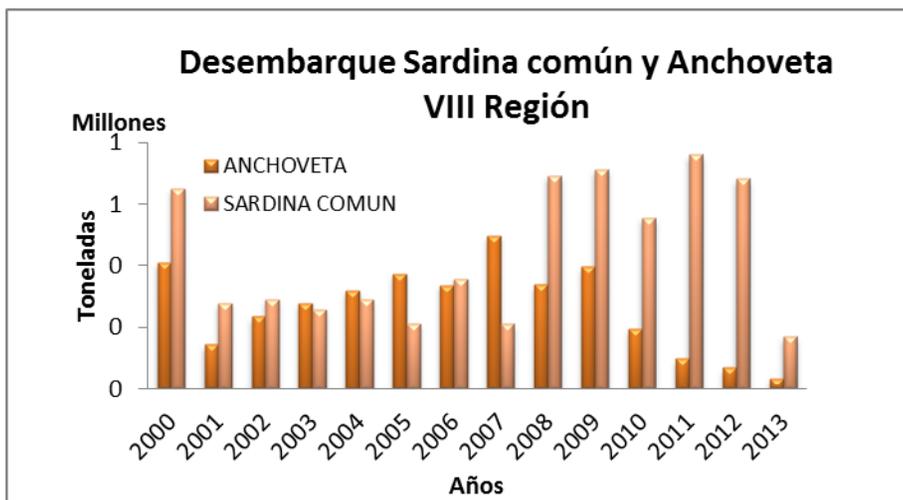


Figura 4. Se observa las cantidades desembarcadas de los recursos Sardina común y Anchoveta dentro de la última década, a nivel regional. Fuente: Anuario Estadístico de Pesca.

Incorporando además como referencia que es una extracción que se caracteriza por la participación de una gran cantidad de agentes pesqueros, llegando a superar las **600 naves artesanales** que realizan el **esfuerzo de pesca** dentro de la Región del Biobío.

Tabla 1. Detalla el total de agentes inscritos en los recursos Sardina común y Anchoveta dentro de la Región, divididos por tamaño de embarcación. Fuente: SIEP Octava Región.

Tipo Nave	Total
Bote a Motor	257
Bote a Remo o Vela	18
Lancha Mayor	293
Lancha Menor	68
Lancha Media	55
<b>Total General</b>	<b>691</b>

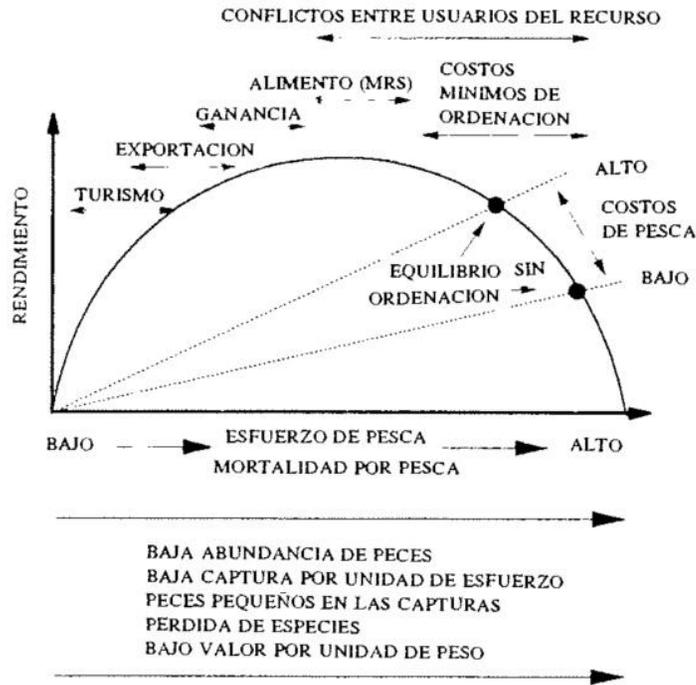
## 5. DESARROLLO

### 5.1 *Marco Teórico.*

El estado de conservación actual en el que se encuentran hoy muchas poblaciones de peces marinos, dentro y fuera de las 200 millas, se debe a la aplicación de medidas de administración inefectivas no solo a recursos poco conocidos sino que además a recursos bien estudiados como por ejemplo la Sardina común y Anchoveta.

Debido a las mejoras en las tecnologías de navegación, almacenamiento y captura, las flotas industriales y artesanales han optimizado su efectividad de pesca por unidad de tiempo, realizando capturas de forma rápida y certera.

En la **Figura 5** se observa esquemáticamente que la falta de objetivos de ordenación (ordenamiento pesquero) claramente definidos, son uno de los principales impedimentos en el establecimiento y la adhesión a los puntos de referencia, para mantener saludables los stocks de los diferentes recursos marinos. Pueden existir muchos objetivos sociales en el ordenamiento de una pesquería y cada uno de estos puede corresponderse con los objetivos o intereses de un grupo particular de usuarios. Así igualmente los pescadores o usuarios sectoriales beneficiados con los frutos de una cuota de una pesquería, necesitan estar de acuerdo sobre los objetivos de ordenación para esta.



**Figura 5:** , Smith et al. (1993) Rangos relativos para las tasas de mortalidad por pesca correspondientes a diferentes objetivos sociales para los recursos marinos en el contexto de un modelo de excedente de producción<sup>2</sup>

Ahora considerando a los stocks de peces, en forma natural sin la presencia de perturbaciones antrópicas, como elementos de un sistema mayor el cual se caracteriza, entre otras cosas, por un crecimiento logístico simple.

En ausencia de esfuerzo pesquero los stocks de reproductores se aparean, generando cortes de juveniles que se desarrollan hasta alcanzar un estado de madurez tal que les permita convertirse en reproductores. De esta manera, y solo de forma hipotética, la biomasa de la población permanecerá en un equilibrio máximo sostenible.

En cambio si la población de peces llegara a disminuir por efecto de causas distintas a las naturales, por ejemplo mortalidad por pesca, esta tendería a volver a su valor de equilibrio.

Para la realización de la simulación se utilizará el modelo logístico de ecología de poblaciones de Schaeffer (1954), el cual será aplicado directamente a los indicadores de biomasa, considerando

<sup>2</sup> FAO. Puntos de referencia para la ordenación pesquera, Pagina 15.

hipotéticamente que la pesquería se encuentra en estado de equilibrio (las capturas serían igual a la capacidad de regeneración poblacional). En este sentido se supondría que si se disminuye el esfuerzo pesquero (reducción de embarcaciones) la población de Sardina común y Anchoveta aumentaría.

En este sentido el primer supuesto a asumir, para el desarrollo de esta modelación, está en asumir equilibrio de los stocks a la captura al ajustar el modelo

De esta forma el modelo tiene la forma:

$$\frac{dB}{dt} = rB\left(1 - \frac{B}{K}\right) - C$$
$$C = f * q * B$$

B= Biomasa de la población explotable

r=Tasa intrínseca de crecimiento de la biomasa

K=Biomasa máxima de la población (en equilibrio sin pesca)

C = tasa de Captura

f= Esfuerzo pesquero

q= Coeficiente de captura, la fracción de la biomasa capturada por cada unidad de esfuerzo

Por otro lado el segundo supuesto es que este modelo no nos dice nada de cómo reacciona la flota artesanal a los cambios en la captura. De lo anterior Hilborn y Walters (1992) propusieron una modificación que incluye la modificación del esfuerzo de acuerdo con la renta (ganancia neta):

$$\frac{df}{dt} = k(Cp - cf)$$

k= Constante que determina la velocidad de entrada y salida del esfuerzo

p=Precio de venta del producto de la captura

c= Costo de operación por unidad de esfuerzo

Esto significaría que si hay ingreso de nuevas embarcaciones a operar en esta pesquería la renta sería positiva, y mientras cuando abandonan la operación en esta la renta es negativa, ambas a una velocidad determinada por  $k$  (Constante que determina la velocidad de entrada y salida del esfuerzo). Por el contrario cuando el número de embarcaciones se reduce la población de peces aumenta y viceversa. Esto podría causar oscilaciones entre la población de peces, las capturas y el esfuerzo de pesca.

### 5.1.1 Información de Recursos Pesqueros<sup>3</sup>

**Nombre Común:** Sardina común

**Nombre Científico:** *Strangomera bentincki*



**Talla promedio:** 12 cm

**Principales mercados de destino:** La harina de pescado se exporta a República Popular de China, Japón, Taiwán y Alemania. Productos secundarios: Corea del Sur, Japón, Estados Unidos de América.

**Tipo de flota extractiva:** Cerco industrial y cerco artesanal

**Características y distribución del recurso:** La especie se distribuye preferentemente entre las regiones V y X Y habita en profundidades que no sobrepasan los 50 m. en el día y entre 5 y 15 m. en la noche. Longitudinalmente se encuentra desde la línea base media de la costa hasta las 30 millas náuticas hacia el oeste.

**Principales líneas de elaboración/presentación:** El desembarque de este recurso, es destinado principalmente a la elaboración de harina de pescado aceite y secundariamente: congelado y conserva.

**Regulación:** Se encuentra cerrado el acceso a nuevos usuarios, se establecen cuotas anuales de captura

<sup>3</sup> Información obtenida <http://www.subpesca.gov.cl/institucional/602/w3-channel.html>

con límite máximo de captura por armador (industriales) y con el Régimen Artesanal de Extracción (RAE) en las regiones V, VIII Y X. Por otro lado, se aplican vedas biológicas de reclutamiento y desove.

**Información Sectorial:** <http://www.subpesca.cl/institucional/602/w3-article-825.html>

**Nombre Común:** Anchoveta

**Nombre Científico:** *Engraulis ringens*



**Talla promedio:** 14 cm.

**Principales mercados de destino:** La harina se exporta: República Popular de China, Japón, Taiwán y Alemania. Otros productos: Estados Unidos de América, España, Perú, Marruecos, Italia, Canadá.

**Tipo de flota extractiva:** Industrial y artesanal

**Características y distribución del recurso:** Pez pelágico de hábito preferentemente costero, forma cardúmenes densos entre la superficie y los 50 m. de profundidad. Se distribuye entre las regiones I y X.

**Principales líneas de elaboración/presentación:** Principalmente harina y aceite. Otros productos: fresco-refrigerado, conserva, filetes de anchoa en salazón. Congelado: entero eviscerado, sin cabeza eviscerado (H&G).

**Regulación:** Pesquería con acceso restringido a nuevos operadores. Cuota global anual de captura y límite máximo por armador (LMC). Veda biológica reproductiva y de reclutamiento. Regiones I a IV: agosto y enero. Regiones V a X: julio-agosto y diciembre-enero.

**Información Sectorial:** <http://www.subpesca.gov.cl/institucional/602/w3-article-824.html>

## 5.2 Metodología del trabajo.

Para el desarrollo de este trabajo se utilizará información de desembarques históricos de esta pesquería considerando número de embarcaciones, capturas totales y pescadores del periodo comprendido entre los años 2004 y 2014.

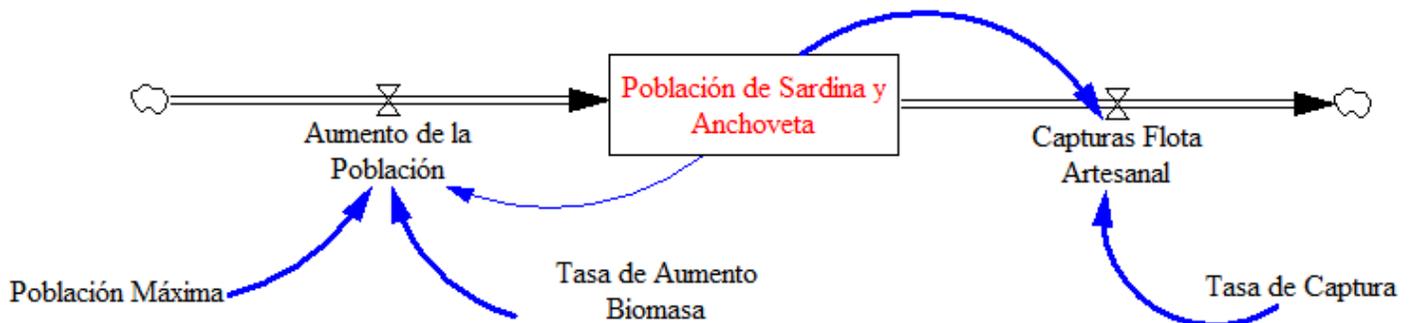
De igual manera se utilizarán indicadores económicos provenientes de las exportaciones de los productos derivados exportados y de consumo interno, además de la información existente en el o los censo(s) pesqueros.

La información antes descrita se integrará en un modelo conceptual con la que luego se construirá un modelo de simulación para el para “proyecto propuesto” con la utilización del software Vensim PLE.

La utilización de los modelos indicados en el marco teórico y el ejercicio número 4.4 serán utilizados como base para la construcción y adaptación del modelo para la simulación dinámica del sistema, adecuado a las necesidades del presente proyecto.

De lo anterior se describirán los modelos y las derivaciones para la construcción del modelo;

### Versión 1- Modelo de Shaeffer



## **MODEL – SETTINGS**

TIME STEP = 1, INITIAL TIME= 2004, FINAL TIME= 2014, UNIDAD= AÑO

### **NIVEL**

Población de Sardina y Anchoqueta = Aumento de la población – capturas flota artesanal

Initial value = 441.186

Units= toneladas

### **FLUJOS**

Aumento poblacional =Tasa Crecimiento Biomasa\*Población de Sardina y Anchoqueta \*(1-(Población de Sardina y Anchoqueta / Población Máxima))

Units: toneladas/año

Capturas Artesanales= tasa de Capturas\*Población de Sardina y Anchoqueta

Units: toneladas/año

Supuesto; las capturas iniciales son el 44% de la población de Sardina y Anchoqueta, siendo 1.002.695,45

\* 0,44 = 441.186 toneladas de capturas de Sardina y Anchoqueta al año.

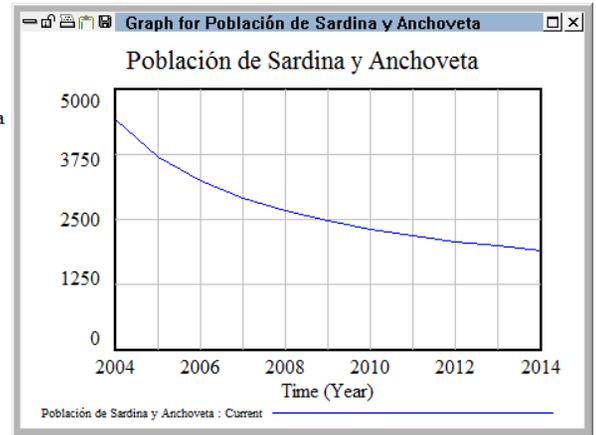
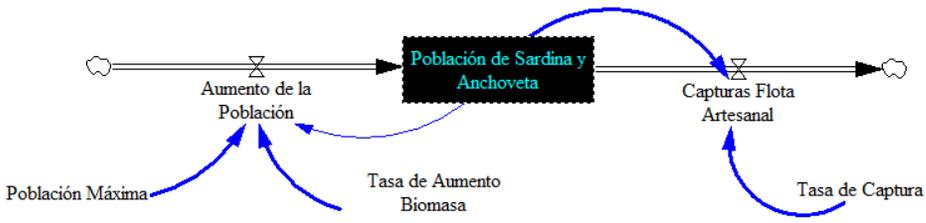
## VARIABLES AUXILIARES

Tasa de Capturas = 0.44

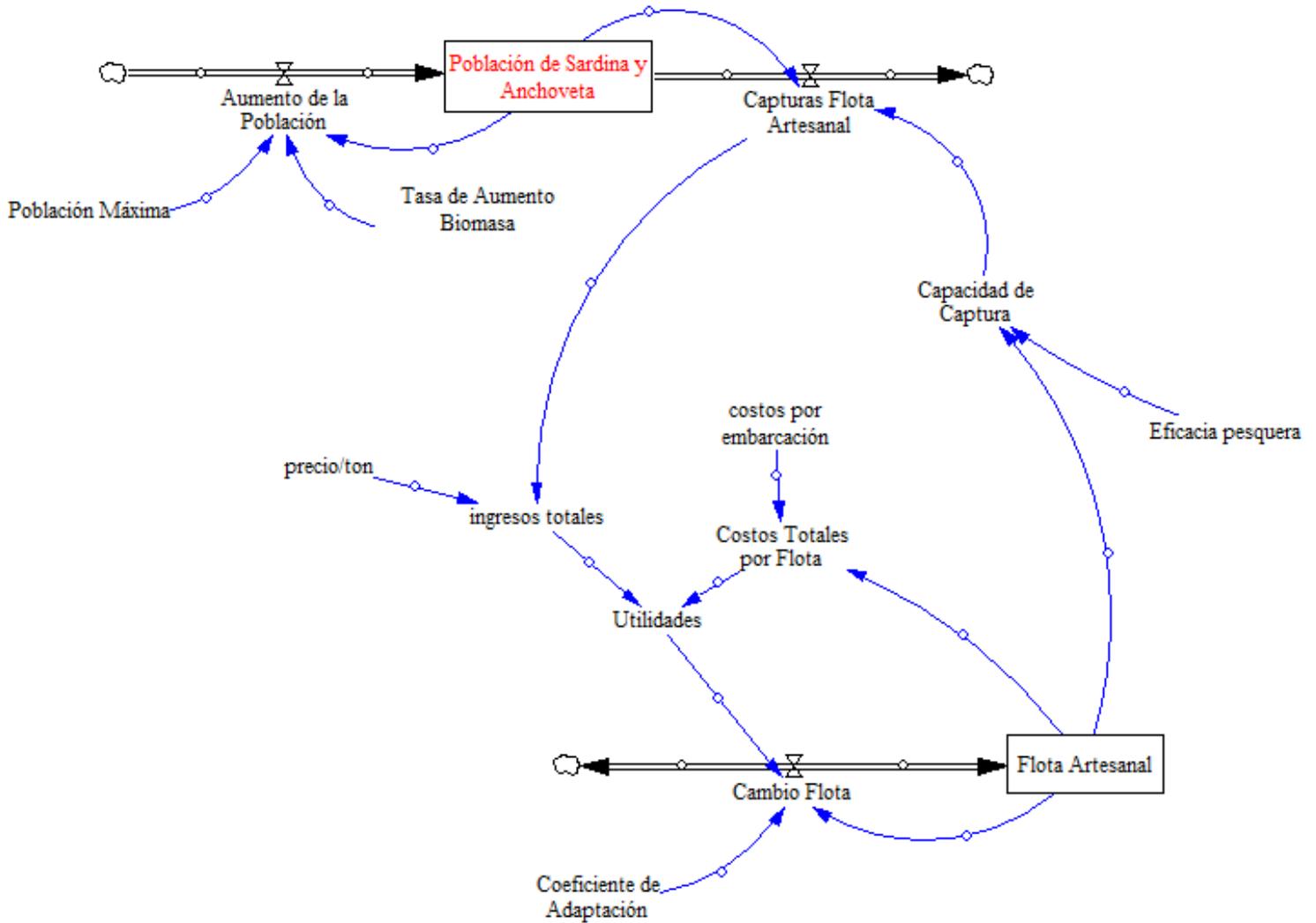
Units: 1/año

Población Máxima = 1.002.695,45

Units: toneladas



## Versión 2- Modelo de Hilborn y Walters en equilibrio



### MODEL – SETTINGS

TIME STEP = 1, INITIAL TIME= 2004, FINAL TIME= 2014, UNIDAD= AÑO

### NIVELES

Población de Sardina y Anchoqueta = Aumento de la población – capturas flota artesanal

Initial value = 441.186

Units= toneladas

Flota artesanal = Cambio de flota

Initial value = 256

Units = Lanchas

## FLUJOS

Aumento poblacional= Tasa Crecimiento Biomasa\*Población de Sardina y Anchoveta\* (1-(Población de Sardina y Anchoveta /Población Máxima))

Units: toneladas/año

Capturas Artesanales = Capacidad de captura

Units: toneladas/año

Cambio de la flota=IF THEN ELSE (margen>0.2, Flota Artesanal \*coeficiente de adaptación, 0)

Units: lanchas/año

**Nota:** Al igual que el ejemplo del Camarón Campeche supondremos que cuando el margen es superior al 20% del costo total se produce un incremento del número de barcos, sin embargo en el caso de la pesquería de sardina y anchoveta el aumento de la flota solo se realizaría en cuanto a la capacidad de las bodegas de las embarcaciones.

## VARIABLES AUXILIARES

Capacidad de Captura = Flota artesanal\*Eficacia pesquera

Units: toneladas/año

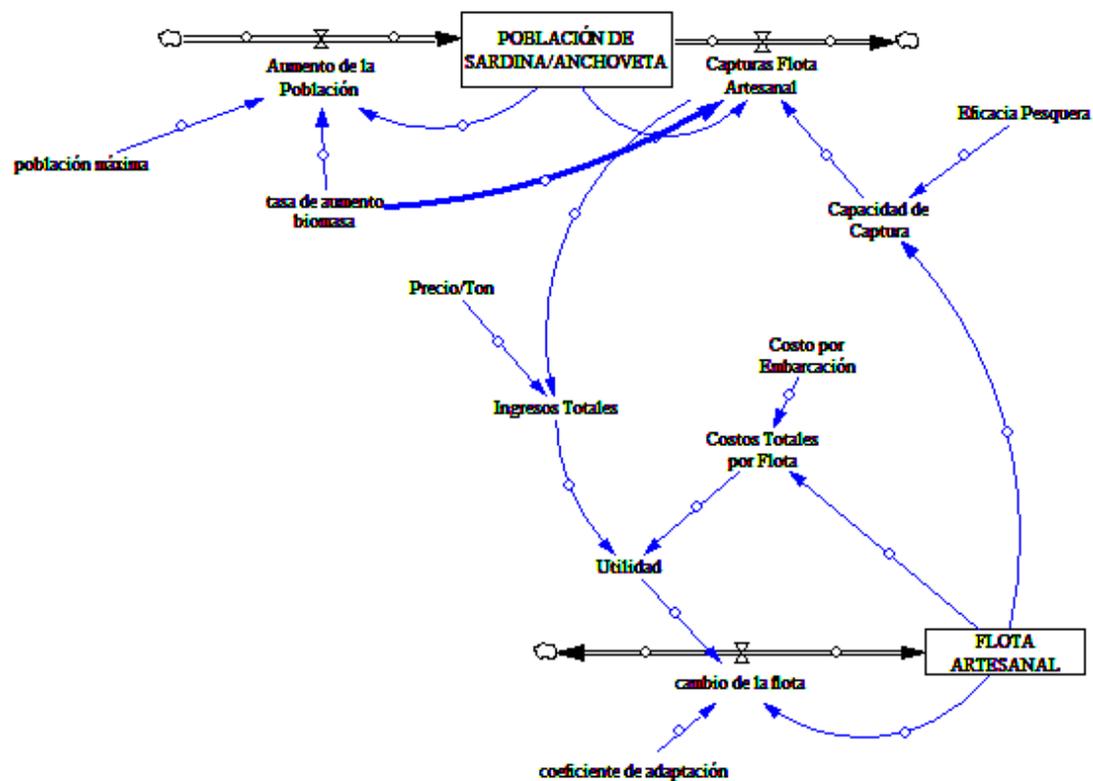
Coeficiente de adaptación = 0.05

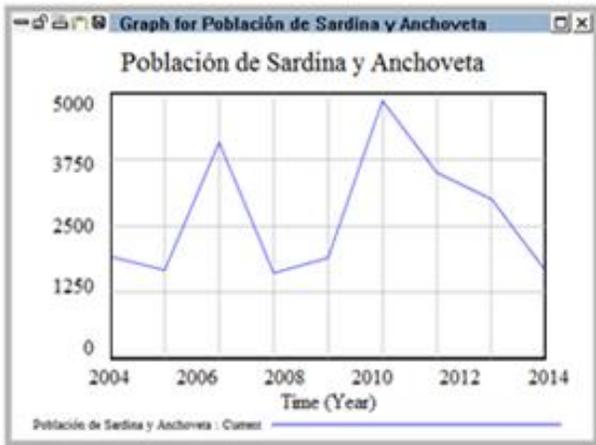
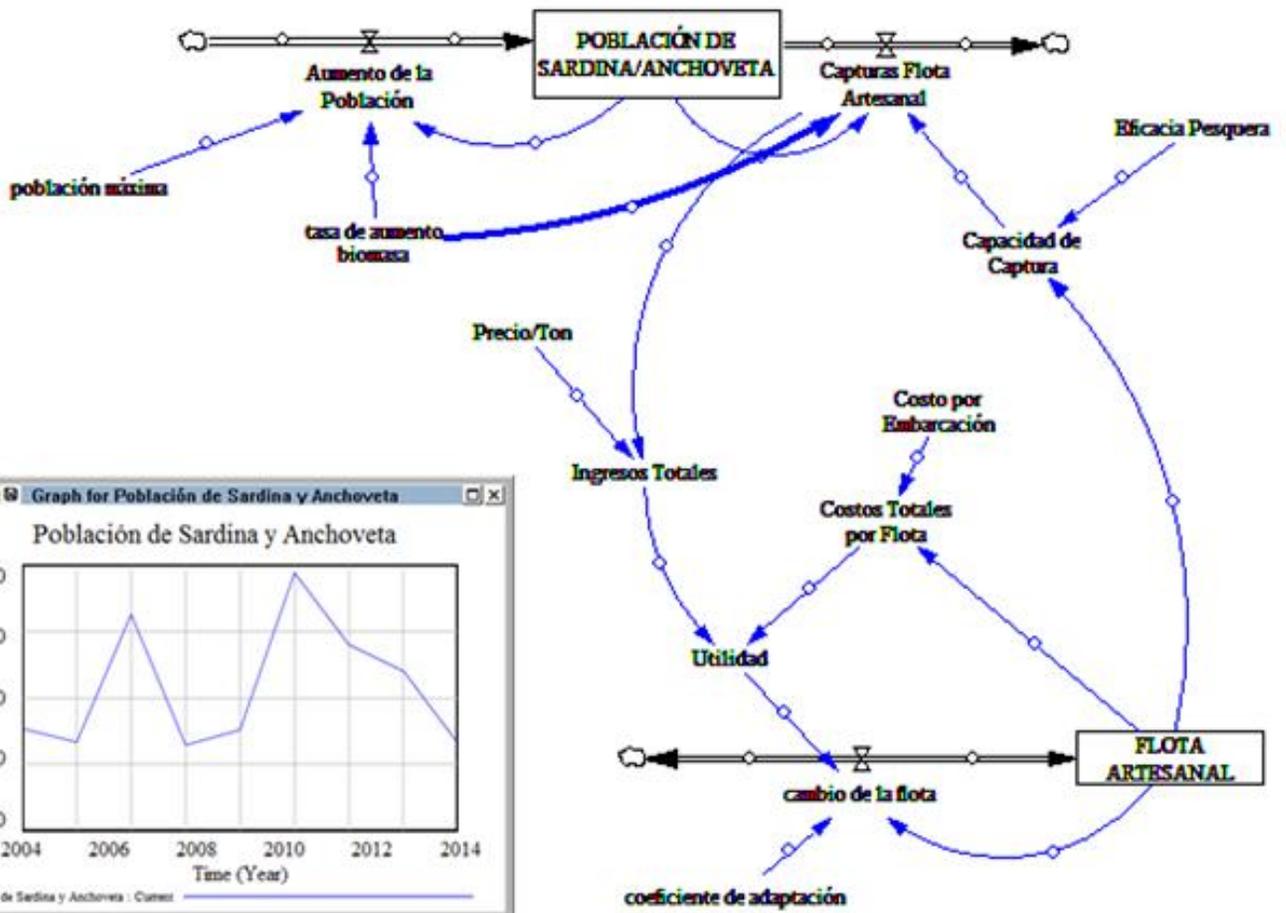
Units: 1/año

Costos/Lancha= 1

Units: USD/Lanchas/año. (miles de USD al año de amortización y mantenimiento de las lanchas)

### Versión 3- Modelo de Hilborn y Walters sin equilibrio





## 6. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la modelación de los datos de la pesquería artesanal de la Sardina común y anchoveta, en los tres escenarios por medio de la utilización del Software VensimPLE, nos ha proporcionado elementos útiles para evaluar el desempeño de la operación de pesca de la flota cerquera, estado de conservación de los recursos pesqueros y el retorno económico.

Cabe señalar que el uso de los datos utilizados en el modelamiento fueron extraídos en su gran mayoría de los anuarios estadísticos de pesca y la información biológica pesquera de los informes técnicos de la institucionalidad pesquera.

El grafico de la Figura de modelamiento de la Versión 1, especialmente en la gráfica, se observa claramente representa la disminución al pasar de los años de la biomasa de pequeños pelágicos en función de la operación de la flota pesquera, hay que considerar que para comenzar el modelamiento se consideraron los stock indicados por la entidad de investigación pesquera, igualmente se incluyeron las vedas reproductivas y biológicas estipuladas.

Es necesario indicar que existen otros factores que inciden directa e indirectamente en el estado de conservación de estos recursos siendo estos; operación de una flota industrial que actúa más allá de las 5 millas, una importante actividad industrial que se ha venido desarrollando incluyendo centrales térmicas, actividad de empresas forestales y descargas de residuos líquidos domiciliarios.

Si los pescadores artesanales no extrajeran otros recursos verían su actividad económica en peligro, así que de manifiesto en la simulación de la **Versión 2- Modelo de Hilborn y Walters en equilibrio**. Las variaciones que se observa en el modelamiento de la **versión 3, o de Modelo de Hilborn y Walters sin equilibrio**, con mayores capturas y abundancia los años 2007 y 2010, mientras que los años con menor abundancia o menor oferta de recursos serían los años 2005, 2008 y 2014, estas oscilaciones pueden tener como causas el aumento del esfuerzo pesquero o el efecto sinérgico de la actividad pesquera con otras actividades de origen antrópico que se desarrollan en el borde costero.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- **Teoría y ejercicios prácticos de Dinámica de Sistemas**  
Autor y editor: Juan Martín García  
Cuarta edición revisada: 2014  
Impreso en Barcelona (España) <http://dinamica-de-sistemas.com/libros/sistemas.htm>
- **FAO (1992a). Examen del estado actual de los recursos pesqueros mundiales: Parte I.** Los Recursos Marinos. FAO Circular de Pesca 710 (Rev. 8):120p.
- **FAO (1992b). La Pesca marítima y la Ley del Mar:** Un decenio de cambio. FAO Circular de Pesca 853:65p.
- **FAO (1992c). Informe de la Consulta Técnica sobre la Pesca en Alta Mar.** Roma, 7-15 de septiembre de 1992. FAO, Informe de pesca No 484 + supl.
- **FAO/Gobierno de Suecia (1995). Informe administrativo de la consulta técnica sobre el enfoque precautorio para la pesca de captura** (incluidas las introducciones de especies). FAO Informe de Pesca 527:26p.
- **FAO (1996). Puntos de referencia para la ordenación pesquera.**
- **FAO (1997). Bioeconomía pesquera.** Teoría, modelación y manejo.
- **SUBSECRETARÍA DE PESCA,** Enero 2004, INFORME TÉCNICO (R. PESQ.) N° 1, Sardina Común y Anchoqueta.

## Libros

## Cursos Online



[Ejercicios](#)



[Curso Básico Intensivo en Dinámica de Sistemas](#)



[Avanzado](#)



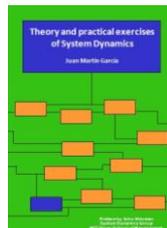
[Curso Superior en creación de modelos de simulación](#)



[Conceptos](#)



[Modelos de simulación en ecología y medioambiente](#)



[English](#)



[Planificación de empresas con modelos de simulación](#)



[Português](#)



[System Thinking aplicado al Project Management](#)