

# **Construcción del Modelo de los Bancos de Peces y Agotamiento de los Recursos Naturales**

Preparado por  
System Dynamics Education Project  
Sloan School of Management  
Massachusetts Institute of Technology

Bajo la Supervisión de  
Dr. Jay W. Forrester



Recopilado por  
Joseph G. Whelan  
Julio de 1994

Ultima Revisión realizada por  
Alice H. Oh  
16 de abril de 1996

Traducción, Julia M. Fernández (Murcia, España) y Vicenç Rullán (Mallorca, España)

Copyright © 1995 by MIT  
Este documento se puede copiar para usos educativos no comerciales

\*\*\*Nota: Este DOCUMENTO es una combinación de Construcción del Modelo de los Bancos de Peces (D-4543) y Agotamiento de los Recursos Renovables (D-4263-3). La versión anterior aparece en el DOCUMENTO D-4448.

Este DOCUMENTO pretende acompañar el modelo del **Ejercicios sobre los Bancos de Peces** contenido en el disquete suministrado con Guías de Aprendizaje.

# Tabla de Contenidos

## Construcción del modelo de los Bancos de Pesca

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2 UTILIZANDO EL JUEGO DE LA PESCA</b>	<b>6</b>
2.1 DESCRIPCIÓN DE SU PAPEL EN EL JUEGO	6
2.2 UTILIZANDO EL JUEGO	8
<b>3 CONSTRUYENDO EL MODELO</b>	<b>12</b>
3.1 MODELIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE PECES	13
3.1.1 Descripción	13
3.1.2 Construcción del Modelo	14
3.1.3 Preguntas	17
3.2 MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA BARCOS	18
3.2.1 Descripción	18
3.2.2 Construcción del Modelo	19
3.2.3 Preguntas	21
3.3 MODELIZACIÓN DEL SUBSISTEMA CONEXIÓN	21
3.3.1 Descripción	21
3.3.2 Construcción del Modelo	22
3.3.3 Preguntas	24
3.4 COMBINACIÓN DE LOS SISTEMAS	25
<b>4 LA TRAGEDIA DE LOS RECURSOS COMUNES</b>	<b>26</b>
<b>5 INFORME</b>	<b>27</b>
<b>6. PROPOSITO DE LA LECCION</b>	<b>29</b>
<b>7. REVISION DEL MODELO DE LOS BANCOS DE PECES</b>	<b>32</b>
<b>8. EJERCICIO DE ANALISIS DE POLITICAS</b>	<b>33</b>
<b>9 APENDICE</b>	<b>49</b>
9.1 APÉNDICE 1: RESPUESTAS SELECCIONADAS A PREGUNTAS	49
3.1.3 Modelización del Subsistema Población de Peces	49
3.2.3 Modelización del Subsistema Barcos	50
3.3.3 Modelización del Subsistema Barcos	50
9.2 APÉNDICE 2: EL JUEGO DE LA PESCA EN STELLA II VERSIÓN 2.2	50
9.3 APÉNDICE 3: EL JUEGO DE LA PESCA EN STELLA II VERSIÓN 1	54
9.4 APÉNDICE 4: EL MODELO DE LOS BANCOS DE PECES	56

## INFORMACIÓN SOBRE ESTE DOCUMENTO

Este artículo se acompaña de un disco titulado "Ejercicios sobre los Bancos de Peces". Si no tiene este disco, puede obtenerlo gratuitamente de "The Creative Learning Exchange":

Attn: Lees Stuntz  
The Creative Learning Exchange  
1 Keefe Road  
Acton, MA 01720

Phone: (508) 287-0070  
Fax: (508) 287-0080

Los ejercicios de este artículo requieren un ordenador Macintosh con 2 Mb de memoria RAM si se dispone del Sistema 6.04, y al menos 4Mb de RAM si se dispone del sistema 7 ó superior. También se requiere el software STELLA II. Si no tiene STELLA, contacte con High Performance Systems en la siguiente dirección:

High Performance Systems, Inc.  
45 Lyme Road  
Hanover, NH 03755  
(603) 643-9636

\*\*\*Nota: Las instrucciones contenidas en este artículo se dirigen a los lectores que utilizan STELLA II versión 3.01 o superior. Si está familiarizado con STELLA, podrá realizar la modelización utilizando una versión anterior del software.

El disco "Juego de la Pesca" que acompaña a este artículo contiene tres modelos. "El Juego de la Pesca v1.02" es para STELLA II v1.02, "El Juego de la Pesca v2.2.1" es para STELLA II v2.2.1 y "El Juego de la Pesca v3.0.1" es para STELLA II v3.0.1 y superior. Los apéndices 2 y 3 explican las diferencias entre las tres versiones del juego y dan algunas instrucciones específicas para STELLA II v1.02 y v2.2.1. No se recomienda abrir las versiones anteriores del juego (v1.02 o v2.2.1) con las versiones posteriores del software (v3.0.1) ya que el modelo se modifica.

# 1 INTRODUCCIÓN

Bancos de Peces S.A. es un juego de rol desarrollado por Dennis L. Meadows en la Universidad de New Hampshire. El doctor Meadows desarrolló el juego para ilustrar el uso efectivo y prudente de los recursos naturales. Aunque originalmente el juego se concibió para ejecutivos y gestores públicos, cualquiera se puede beneficiar de los conocimientos obtenidos al jugar el juego.

En el Juego de los Bancos de Peces S.A. los equipos de jugadores gestionan sus propias compañías pesqueras. Al inicio del juego, cada compañía tiene la misma cantidad de dinero y de barcos de pesca. Cada compañía tiene los mismos costes de funcionamiento y la misma tecnología. Al principio de cada año simulado, los equipos toman decisiones acerca de comprar o vender barcos, pescar o no y dónde pescar. El objetivo del juego para cada compañía es maximizar los beneficios.

En este artículo, usted manejará el Juego de la Pesca, un juego para un sólo jugador similar al Juego de los Bancos de Peces S.A. de Dennis Meadows. El Juego de la Pesca utiliza un modelo de ordenador basado en la dinámica de sistemas. El ordenador es su oponente. Después de utilizar el Juego de la Pesca, usted construirá un modelo sobre un sistema pesquero similar al utilizado en el juego. El modelo del sistema pesquero puede ser dividido en tres subsistemas. Usted construirá los tres subsistemas de forma separada y observará el comportamiento de cada subsistema. Posteriormente, combinará los tres modelos para generar el modelo final del sistema pesquero<sup>1</sup>.

Una vez elaborado el modelo final lo utilizará para realizar algunos ejercicios sobre análisis de políticas con el fin de evaluar diversas estrategias para evitar el abuso de los recursos renovables.

El material del Juego de los Bancos de Peces S.A, incluyendo el propio juego, piezas y direcciones se puede adquirir en:

Dennis L. Meadows, Director  
Institute for Policy and Social Science Research  
Hood House  
Durham, NH 03824-3577  
(603) 862-2186 Fax: (603) 862-1488

---

<sup>1</sup>Nota: Aunque el Juego de la Pesca sólo puede ser utilizado en STELLA v2.2.1, el modelo puede ser construido en cualquier versión de STELLA.

## 2 UTILIZANDO EL JUEGO DE LA PESCA

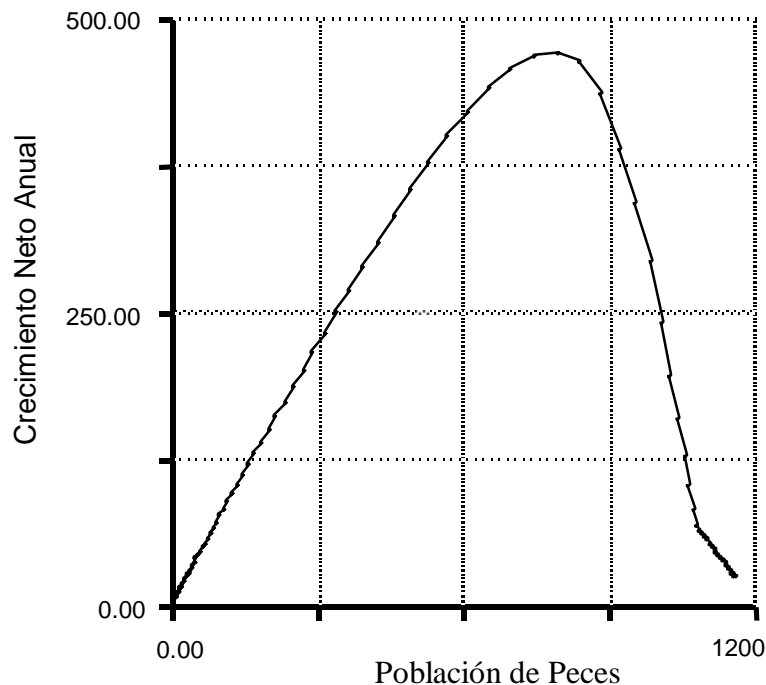
Los valores numéricos utilizados en el Juego de la Pesca así como en el modelo que construirá no son realistas. Los valores fueron elegidos para mantener la consistencia con el Juego de los Bancos de Peces S.A. original, desarrollado por Dennis Meadows así como con *Agotamiento de los Recursos Renovables* (D-4263), que constituye la segunda parte de este Documento. No obstante, valores utilizados son todos ellos consistentes y no afectan al comportamiento cualitativo del modelo. Puede ser útil considerar que tales valores representan miles de unidades.

### 2.1 Descripción de su papel en el juego

Usted pesca en una zona que tiene una óptima población de peces cifrada en 1.200. Restricciones naturales operan una vez que la población alcanza los 1.200 peces, de modo que no hay lugar a un exceso poblacional. La restricción natural es una tasa de reproducción reducida, de modo que la población se mantiene con 1.200 peces mientras el hábitat natural de los mismos permanezca sin cambios.

La presencia de una industria pesquera en la zona altera el hábitat natural de los peces. Cuando la industria pesquera extrae sólo pequeñas cantidades de peces, los peces se regeneran rápidamente hasta volver a alcanzar una población óptima de 1.200 peces. Si las pequeñas reducciones generadas por la industria pesquera continúan ininterrumpidamente a lo largo del tiempo, la población nunca llegará a los 1.200, sino que establecerá una nueva población óptima con un valor menor. De todos modos, si la población disminuye de forma drástica, el número de peces reproductores es tan pequeño que se requiere un tiempo muy largo para que la población se recupere, incluso en un periodo de regeneración en el que la población de peces no se ve afectada por la industria pesquera.

La población de peces es capaz de regenerarse como muestra la Figura 1.

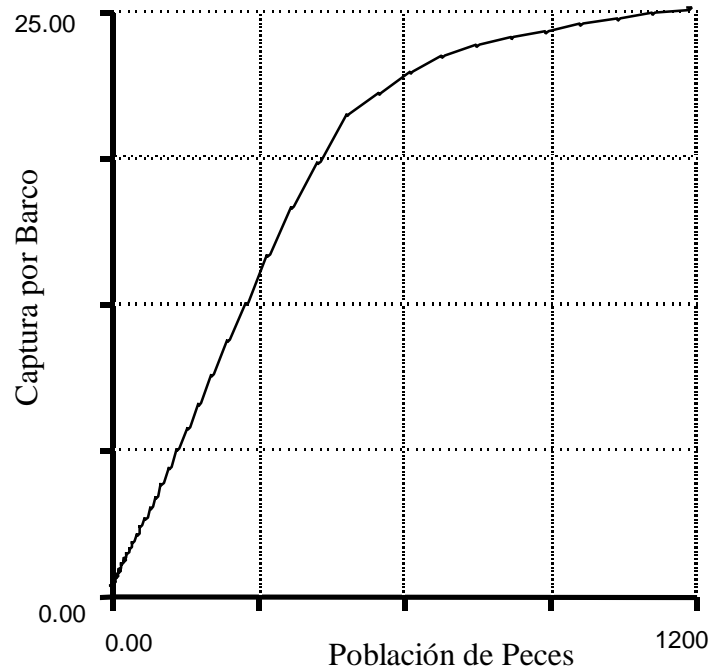


**Figura 1: Crecimiento Neto Anual de la Población de Peces en función de la Población de Peces**

El gráfico muestra el crecimiento neto de la población de peces en función del tamaño poblacional. La capacidad de regeneración de la población de peces aumenta con el tamaño de la población. Cuando la población se aproxima a su valor óptimo, el crecimiento neto se aproxima a cero.

Sus barcos de pesca (así como los de su competidor) están equipados con la última tecnología en el rastreo y captura de peces. Como resultado, podrá capturar prácticamente una carga completa de peces incluso si la densidad de peces cae un 30 o 40 por ciento. Esta característica de su captura de peces es el resultado de una simplificación del modelo. El modelo asume que sus barcos salen al mar una vez al día, obtienen una carga completa de peces y regresan. En la vida real, las compañías de pesca probablemente aumentarían el número de salidas diarias si la densidad de peces es muy alta. Para modelizar esto nosotros tendríamos también que variar los costes de funcionamiento por barco. Este nivel de complejidad es innecesario para simular el sistema con precisión. La figura 2 muestra cómo su habilidad para capturar peces varía con la densidad de los mismos.

Su objetivo es maximizar los beneficios y ganar más dinero que su competidor, el ordenador. El juego simula 10 años, de 1980 a 1990. La población al inicio del juego es de 1.000 peces. Ambas compañías empiezan sin beneficios netos y pueden endeudarse para comprar barcos. Cada compañía empieza con dos barcos.



**Figura 2: Captura por Barco en función de la Población de Peces**

Este gráfico muestra la Captura por Barco en función del tamaño de la población de peces. La habilidad de los barcos pesqueros para capturar peces no disminuye de forma drástica hasta que la densidad de peces cae a niveles peligrosamente bajos.

## 2.2 Utilizando el Juego

\*\*\*Nota: El disco Ejercicios de los Bancos de Peces, que acompaña este documento contiene tres modelos. "El Juego de la Pesca v1.02" es para STELLA v1.02, "El Juego de la Pesca v2.2.1" es para STELLA II v2.2.1 y v2.2.2 y "El Juego de la Pesca v3.0.1" es para STELLA II v3.0.1.

La Sección 2.2 (esta sección) proporciona instrucciones para utilizar el juego en STELLA II v3.0.1. Si está utilizando versiones anteriores de STELLA II debería leer



igualmente esta sección pero debería también consultar los apéndices 2 y 3. El Apéndice 2 aportar instrucciones específicas para STELLA II v2.2.1 y v2.2.2, mientras que el Apéndice 3 da instrucciones específicas para STELLA II v1.02. No abra las versiones anteriores del juego (v1.02, v2.2.1 o v2.2.2) con la nueva versión del software (v3.0.1) ya que el modelo se altera. Todas las instrucciones específicas se indican en negrita.

Al principio de cada año simulado usted decidirá cuántos barcos construir o vender. Entonces ejecutará la simulación durante un año y observará los efectos de su pesca en la población de peces y en las ganancias de ambos jugadores. Cada vez que ejecuta el juego, el modelo simula un año y efectúa una pausa. Usted toma decisiones para dicho año y ejecuta el modelo para el siguiente año.

- ? **Asegúrese de que STELLA II v.3.01 está instalado en su disco duro.**
- ? **Inserte el disco "Ejercicios de los Bancos de Peces" en la disquetera**
- ? **Haga doble click en el icono "El Juego de la Pesca"**
- ? **En la ventana que aparece, habla doble click en el icono "El Juego de la Pesca v3.0.1"**

Si tiene instalado el programa STELLA II v3.0.1 en su disco duro, el modelo seleccionado se abrirá en la pantalla. Si el modelo no se abre, necesita abrir primero el programa STELLA y después el modelo.

Una vez abierto el modelo, verá tres sectores denominados "Los Peces", "Usted" y "Competidor". Si el modelo se abre pero no ve dichos sectores tal y como aparecen en la Figura 3, utilice la flecha de la esquina superior derecha de la ventana de STELLA para desplazar hacia arriba la misma hasta que aparezcan tales sectores.

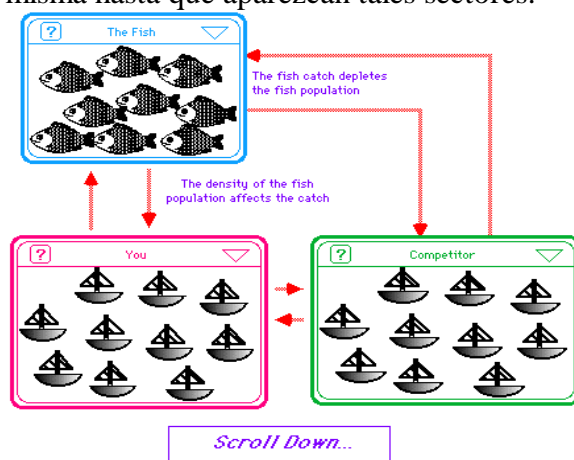


Figura 3: Nivel Superior de los Tres Sectores

Los tres sectores son los actores principales del juego, y las flechas que contienen explicaciones cortas muestran las relaciones que hay entre ellos. Consultando la Sección 2.1 cuando sea necesario, intente comprender cómo cada sector afecta y es afectado por los otros dos.

- ? **Observando los tres sectores, diseñe un plan que pueda maximizar sus beneficios**
- ? **Utilizando la flecha hacia abajo de la esquina inferior derecha, desplace hacia abajo la ventana hasta que vea una hoja de gráficos**

En esta hoja de gráficos observará el progreso y el resultado final de cada simulación. Contiene cuatro gráficos, uno en cada página. El número de página está en el borde inferior de la ventana. Puede hacer click en la esquina inferior izquierda de la plantilla para gráficos para ver las diferentes páginas, de una en una. Estos cuatro gráficos le permitirán hacer un seguimiento su propio progreso así como el de su competidor. La figura 4 contiene una lista con los gráficos disponibles y sus contenidos. Al final de cada año simulado, STELLA actualiza estos gráficos con la nueva información. Tenga en cuenta que en los gráficos 3 y 4, las escalas de los dos elementos representados son diferentes.

<b>Página:</b>	<b>Gráfico:</b>	<b>Contenidos:</b>
<b>1</b>	<b>Beneficios Anuales</b>	<i>Beneficios Anuales del Competidor</i> <i>Sus Beneficios Anuales</i>
<b>2</b>	Beneficios Totales	<i>Beneficios Totales del Competidor</i> <i>Sus Beneficios Totales</i>
<b>3</b>	Su Captura	<i>Captura por Barco</i> <i>Captura Total</i>
<b>4</b>	Sus Barcos	<i>Sus Barcos</i> <i>Su Tasa de Construcción de Barcos</i>

**Figura 4: Lista de gráficos incluidos en la Hoja de Gráficos**

Estos son los gráficos disponibles cuando utiliza el Juego de la Pesca. Con estos gráficos puede hacer un seguimiento de su actuación y reevaluar su estrategia.

- ? **Utilizando la flecha hacia abajo de la esquina inferior derecha, desplácela hacia abajo hasta que vea una tabla y una barra deslizante**

La tabla muestra los valores actualizados de las siguientes seis variables: *Sus barcos*, *Sus Ganancias Totales*, *Sus Ganancias Anuales*, *Captura por Barco*, *Sus Activos Totales*, y *Activos Totales del Competidor*. Para complementar los resultados gráficos de la hoja de gráficos, la tabla presenta valores numéricos. La barra deslizante es un dispositivo de entrada. Le permite seleccionar un valor entre -10 y +10 para *Su Tasa de Construcción*. Antes de empezar la siguiente ronda del juego, especifique cuantos barcos desea construir. Si desea reducir el tamaño de su flota, puede vender barcos eligiendo un número negativo. Si no introduce un valor al principio del año, automáticamente se ajustará a 0 y usted no construirá ni venderá ningún barco. Usted puede hacer un seguimiento de sus decisiones previas para *Su Tasa de Construcción* mirando la página 4 de la hoja de gráficos. La figura 4 contiene una lista de todos los gráficos disponibles y de sus contenidos.

- ? **Desarrolle una estrategia para maximizar sus beneficios y superar a su competidor** (quizá desee releer la sección 2.1 que sintetiza su papel en el escenario del juego)
- ? **Haga click y mantenga apretado el botón localizado entre -10 y +10 de la barra deslizante**
- ? **Deslice el botón hasta que aparezca el número de barcos que desea construir el primer año a la derecha de *Su Tasa de construcción* =.**
- ? **Seleccione "Simular" del menú Simulación o presione DEJAR ORIGINAL.** El modelo se ejecutará durante un año.
- ? **Observe las cuatro páginas del gráfico y de la tabla situada debajo de la hoja de gráficos para examinar el comportamiento del modelo**

\*\*\* Nota: Después del primer año, el menú Simulación no volverá a contener la opción "Simular". En lugar de ello, debería seleccionar "Reanudar".

- ? **Continúe introduciendo valores para *Su tasa de construcción* y ejecutando el modelo hasta el final de la simulación en 1990.**
- ? **Repita el juego algunas veces más, revisando cada vez su estrategia para incrementar sus beneficios**

El juego se reajustará automáticamente al final de la simulación del año décimo. No necesita reajustar nada.

- ? **Cuando termine de utilizar el juego, seleccione "Cerrar" del menú Archivo.**
- ? **Haga click en "No salvar"**

Después de jugar unas pocas veces puede notar que si intenta superar a su competidor, al final del juego, usted casi ha destruido la población de peces y por tanto sus beneficios anuales son muy bajos. En el siguiente apartado de este documento, usted recorrerá el proceso de construcción de un modelo similar al utilizado en el juego. Usted debería tener ya una idea acerca de porqué la población de peces disminuye tanto y cómo evitar esta catástrofe.

La disminución de la población de peces no tuvo lugar porque usted no jugó correctamente. El problema es que usted no puede maximizar sus beneficios si su único objetivo es superar a su competidor. Miles de personas de todo el mundo han jugado el juego de los Bancos de Peces. En todos los casos, el resultado es el mismo que el obtenido por usted: cada compañía cae bastante por debajo de sus beneficios potenciales porque los jugadores capturan toda la población de peces demasiado rápidamente en relación con la capacidad de regeneración de los peces. Las compañías se centran en maximizar los beneficios y ganar más dinero. Cada compañía intenta construir tantos barcos como sea posible y capturar más peces que el resto de compañías. Esto conduce a un rápido beneficio a corto plazo pero, como pronto descubren las compañías, el futuro es finalmente la ausencia de rentabilidad.

### 3 CONSTRUYENDO EL MODELO



El tercer apartado de este documento estimula sus habilidades de modelización. Al principio de cada sección encontrará una sucinta descripción del subsistema que ha de construir. Es posible, y debería intentarlo, elaborar el modelo basándose exclusivamente en la información aportada en la descripción. A continuación de la descripción se aportan instrucciones paso a paso acerca de como construir el modelo. Si tiene alguna dificultad, vaya al final de la sección y consulte el diagrama del modelo. Si tiene todavía problemas, consulte el modelo final y sus ecuaciones en el Apéndice 4.

Con el fin de que su modelo funcione adecuadamente, necesita cambiar el valor del intervalo de solución, DT. La razón es que el valor por defecto de DT (0.25) es demasiado grande para los valores inusualmente elevados de los flujos de eclosión y de mortandad de la

población de peces. Dado que el sistema de población de peces cambia muy rápidamente, necesita indicarle a STELLA que calcule los valores del modelo más frecuentemente. El cambio de DT de su valor por defecto 0.25 a 0.1 consigue esto y por tanto un modelo más preciso.

Los flujos de eclosión y de mortandad se han ajustado a valores altos de manera que se pueda observar la dinámica de la población de peces durante el periodo de simulación. Aunque los valores de estos flujos no son realistas, son consistentes con el resto de variables del modelo, no afectando al comportamiento cualitativo del modelo.

- ? **Empieza un modelo nuevo en STELLA**
- ? **Seleccione "Tiempo Especial" del menú "Simulación"**
- ? **Cambia DT a 0.1**
- ? **Seleccione "Años" en la columna "Unidad de Tiempo"**
- ? **Haga click en OK**

Hay un icono en la esquina superior izquierda de su ventana STELLA que tiene, bien el dibujo de un globo , o  $X^2$ . Si no ve ninguno de estos dos iconos, haga click en el triángulo hacia abajo de la esquina superior izquierda y verá, debajo de los dos triángulos, un globo  o  $X^2$ . Esta es la barra de botones del modo Mapa/Modelo. Usted debe estar en modo modelo para definir los elementos del modelo descritos en este documento.

- ? **Haga click en la barra de botones del modo Mapa/Modelo hasta que aparezca  $X^2$**

Ahora esta preparado para modelizar la población de peces, a lo cual el siguiente apartado le conducirá paso a paso.

### **3.1 Modelización de la Población de Peces**

#### 3.1.1 Descripción

La población de peces es un sistema caracterizado por un crecimiento logístico simple. En ausencia de industria pesquera, los peces eclosionan, crecen hasta la madurez, ponen huevos y mueren. El tamaño poblacional permanece de forma natural en equilibrio dinámico con su valor máximo sostenible. Si la población disminuye por razones no naturales, la misma vuelve a su valor de equilibrio exhibiendo un crecimiento de tipo logístico.

El primer paso en la construcción del modelo es identificar los niveles presentes en el sistema. En el caso del subsistema de la población de peces, el único nivel presente es el tamaño poblacional, denominado *PECES*.

Una vez que ha identificado el nivel, debe reconocer los flujos que lo afectan. *Flujo de eclosión* y *Flujo de mortandad* son los dos flujos que inciden en el tamaño poblacional de los peces. El *Flujo de eclosión* es proporcional a *PECES*. Un pez hembra da lugar a 12 alevines cada año. Esto significa que si el 50% de la población de peces es hembra, seis nuevos peces eclosionan cada año por cada pez vivo. En otras palabras, el número de peces que eclosionan anualmente por cada miembro de la población de peces, o *Tasa de eclosión*, es seis.

El *Flujo de mortandad* no es proporcional al tamaño de la población. La fracción de la población de peces que muere cada año depende del grado de saturación de los peces. La *Tasa de mortalidad* aumenta conforme lo hace dicho grado de saturación. Cuando la población de peces es menor que la *Capacidad de carga* de la zona, la *Tasa de mortalidad* es menor que la *Tasa de eclosión*, de modo que la población aumenta. Conforme la población aumenta y se aproxima a la *Capacidad de carga*, la *Tasa de mortalidad* aumenta y se aproxima al valor de la *Tasa de eclosión*. Cuando la población alcanza la capacidad de carga, la población entra en equilibrio dinámico. Si la población de peces aumenta por encima de la *Capacidad de carga*, la *Tasa de mortalidad* es mayor que la *Tasa de eclosión* y *PECES* disminuye hasta alcanzar su valor de equilibrio. La *Tasa de mortalidad* en este modelo será una función de la fracción existente entre la población de peces, *PECES* y la *Capacidad de carga*.

### 3.1.2 Construcción del Modelo

- ? Cree el nivel *PECES* en su ventana STELLA
- ? Cree los flujos que afectan al nivel *PECES*: el flujo de entrada *Flujo de eclosión (nacimiento)* y el flujo de salida *Flujo de mortandad*
- ? Sitúe las variables *Tasa de mortalidad* y *Tasa de eclosión* próximas a los flujos correspondientes

- ? Realice conexiones desde *PECES* y *Tasa de eclosión* a *Flujo de eclosión* y desde *PECES* y *Tasa de mortalidad* a *Flujo de mortandad*
- ? Defina *Flujo de eclosión* y *Flujo de mortandad*:  

$$\text{Flujo de eclosión} = \text{PECES} * \text{Tasa de eclosión}$$

$$\text{Flujo de mortandad} = \text{PECES} * \text{Tasa de mortalidad}$$
- ? Introduzca los valores iniciales de *PECES* (10) y *Tasa de eclosión* (6)
- ? Sitúe la variable *Capacidad de carga* junto a *Tasa de mortalidad*
- ? Haga *Capacidad de carga*(de pesca) = 1.200 (peces)
- ? Realice conexiones desde *PECES* y *capacidad de carga* hasta la *Tasa de mortalidad*
- ? Haga doble click en *Tasa de mortalidad* e introduzca *PECES/Capacidad de Carga*
- ? Haga click en *Become Graph* (en forma de tabla).
- ? Introduzca los valores adecuados de Entrada y Salida como muestra la Figura 6
- ? Cambie los límites superiores e inferiores de *Tasa de mortalidad* de entre 0 y 100 a entre 5 y 11, y los de *PECES/Capacidad de Carga* de entre 0 y 100 a entre 0 y 2
- ? Haga click en OK

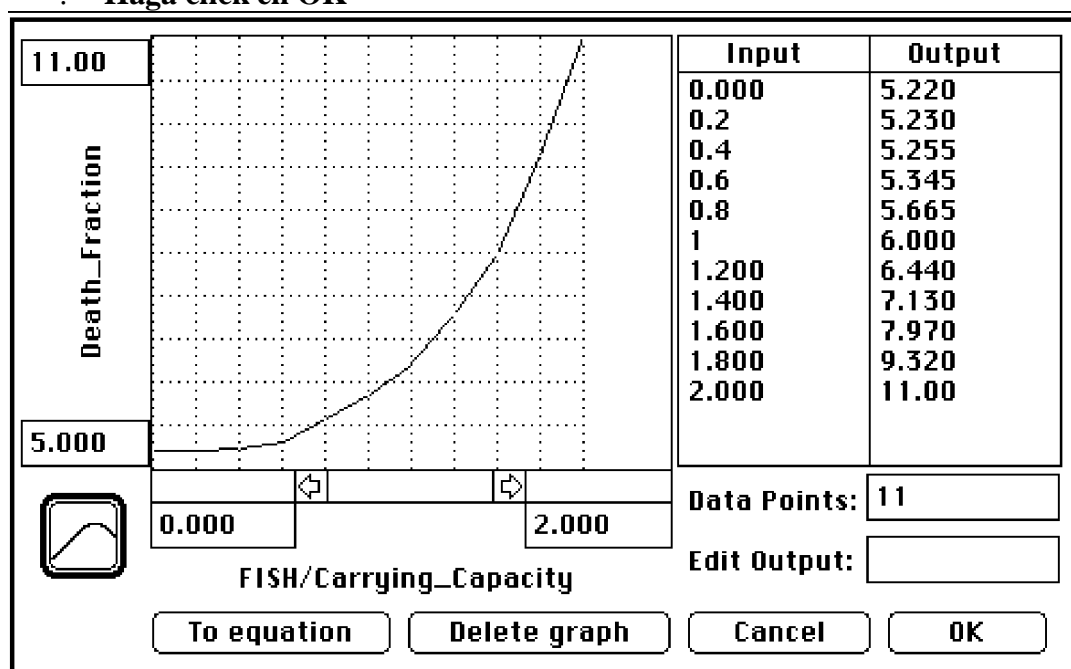


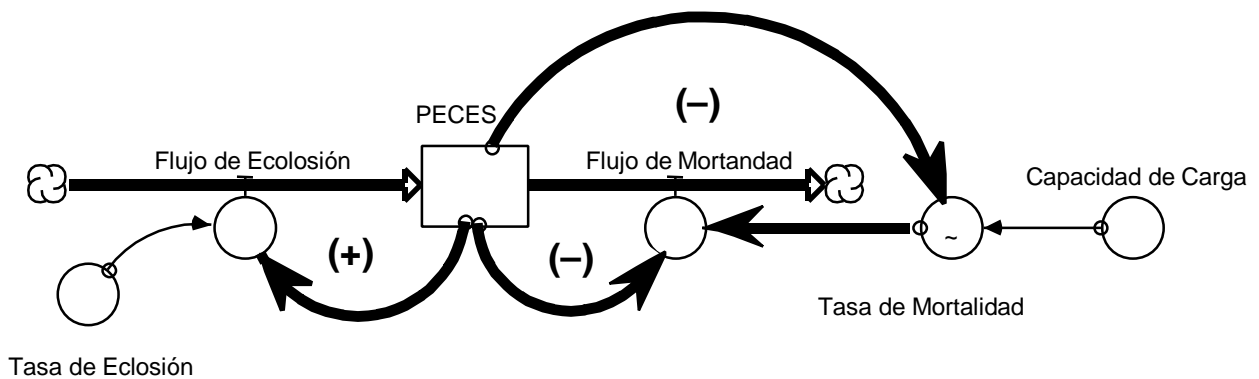
Figura 6: Gráfico de la Tasa de Mortalidad

La figura muestra el gráfico que define la relación entre *Tasa de mortalidad* y el factor de saturación de peces (*PECES/Capacidad de Carga*).

El gráfico de la Figura 6 cubre un rango que se extiende desde una población de peces de cero hasta el doble de la capacidad de carga. Aunque puede parecer extraño definir un rango tan extenso, constituye una buena práctica. No es probable que la población de peces se incremente muy por encima de la capacidad de carga, pero para comprobar sus hipótesis acerca del modelo debería incluir algunos puntos muy por encima del rango operativo esperable y verificar si dichas hipótesis siguen siendo válidas. En este modelo asumimos que la *Tasa de mortalidad* aumentaría rápidamente conforme el número de peces se incrementara por encima de la capacidad de carga. Utilizando STELLA podemos realizar una simulación para comprobar esta hipótesis. Si introduce 1.000 peces extra en la zona, el flujo de mortandad aumentará bruscamente y reconducirá rápidamente a la población a su valor de equilibrio de capacidad máxima. Este comportamiento tiene sentido, por lo que nuestra hipótesis es probablemente correcta.

? **Recuerde ajustar el valor  $DT=0.1$  antes de simular el modelo**

Su modelo debería ahora ser similar al mostrado en la Figura 7. Los flujos de retroalimentación presentes en el sistema aparecen destacados en la Figura 7 y no tienen el mismo aspecto que en su diagrama. Los signos negativos y positivos indican las polaridades de los bucles y tienen un carácter meramente informativo. Estos signos no aparecen en su modelo.



**Figure 7: Diagrama STELLA modificado del Modelo de la Población de Peces**

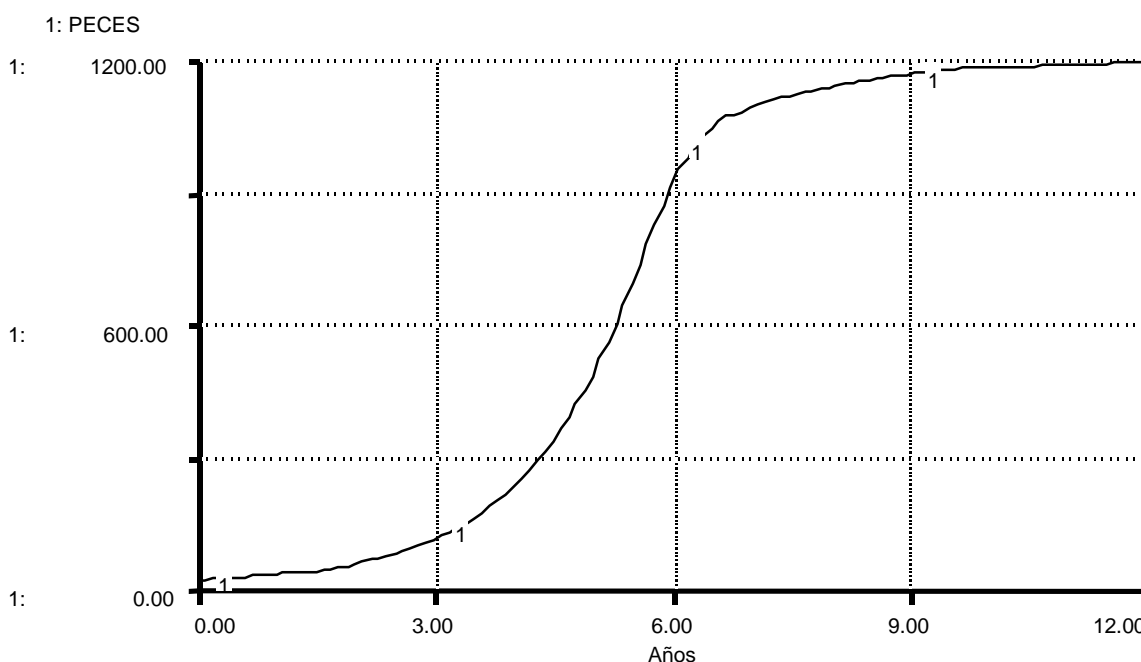
Este diagrama STELLA modificado muestra el modelo de la población de peces. Ha sido modificado para resaltar los bucles de retroalimentación presentes en el modelo.



Ahora ha completado el modelo de la población de peces tal y como se comporta en ausencia de una industria pesquera. Las cuestiones siguientes le ayudarán a entender el modelo con mayor profundidad. Conteste cuidadosamente las preguntas y compare sus respuestas con las sugeridas en Apéndice 1.

### 3.1.3 Preguntas

1. Siga los bucles de retroalimentación de la Figura 7. ¿Cuál es positivo? ¿Cuál negativo? ¿Por qué?
2. ¿Reconoce la estructura de crecimiento en forma de S del modelo? ¿Puede pensar en otras situaciones en las que aparezca un comportamiento similar?
3. Simule el modelo. Cree un gráfico y observe el comportamiento del nivel *PECES*. ¿Cuál es la forma de la curva? ¿Qué bucle es el dominante después de tres años? ¿Y después de nueve años? ¿Cuándo ocurre la transición?



**Figura 8. Comportamiento de la Población de Peces a lo largo del tiempo**

Este gráfico muestra el crecimiento en forma de S de la población de peces conforme crece de 10 al límite máximo de 1.200 peces cuando no existe la de industria pesquera.

## 3.2 Modelización del Subsistema Barcos

\*\*\*Nota: Para facilitar el proceso de combinación de los modelos, debería construir el subsistema Barcos en la misma ventana de diagrama que el subsistema Población de Peces.

### 3.2.1 Descripción

\*\*\*Nota: Para simplificar, este modelo combinará todas las empresas pesqueras en una sola compañía suma de todas ellas. También hemos realizado algunas suposiciones acerca de la estrategia de compra de barcos de las compañías pesqueras.

Cada año la compañía captura peces y reinvierte el 20% de sus *Ganancias Anuales* en comprar más *BARCOS* a 300 dólares cada uno. El *Flujo de Construcción de Barcos* es el número de barcos que la empresa puede construir con el porcentaje indicado de *Ganancias Anuales* reinvertido en dicha construcción. La empresa empezará con 10 *BARCOS* y aumentará su flota mientras las *Ganancias Anuales* sean positivas. Si la *Captura por Barco* es baja, los *Costes de Funcionamiento* de la empresa pueden exceder los ingresos obtenidos con los peces, de modo que los beneficios netos para dicho año son negativos. Las *Ganancias Anuales* se determinan como diferencia entre los *Ingresos* y los *Costes de Funcionamiento* de la empresa. Los *Costes de funcionamiento* dependen del número de barcos de la flota. Suponen un coste de 250 dólares por barco y año. La empresa vende la *Captura Total Anual* a 20 dólares por pez para generar los *Ingresos*. Este modelo asume que la *Captura por Barco* es de 15 peces.

Dos bucles de retroalimentación afectan al nivel *BARCOS*. La relación entre *BARCOS* e *Ingresos* genera el primer bucle: pescar con más barcos conduce a una mayor *Captura Total Anual* que a su vez supone mayores *Ingresos* y mayores *Ganancias Anuales*. El aumento de las *Ganancias Anuales* supone un aumento en la cantidad de dinero reinvertida en la compra de más barcos. Este es el bucle de retroalimentación positiva.

La relación entre el número de *BARCOS* y los *Costes de Funcionamiento* genera el segundo bucle de retroalimentación. El aumento del número de *BARCOS* incrementa los *Costes de Funcionamiento*, lo que supone la reducción de las *Ganancias Anuales*. Esta reducción de beneficios conduce una reducción de la cantidad de dinero reinvertida en la compra de nuevos barcos. Este es el bucle de retroalimentación negativa.

\*\*\*Nota: Dado que posteriormente conectaremos este modelo con el modelo de la Población de Peces, introduzca la *Captura Total Anual* como un flujo. De momento, déjelo desconectado (con *Captura por Barco* y *BARCOS* como entradas).

### 3.2.2 Construcción del Modelo

? Cree el nivel *BARCOS* con *Flujo de Construcción de Barcos* como flujo de entrada

? Ajuste el valor inicial de *BARCOS* =10 (barcos)

El *Flujo de Construcción de Barcos* es el número de barcos que la empresa puede comprar con la fracción de beneficios anuales reinvertida en la compra de barcos. Esto se expresa en la siguiente ecuación:

$$\text{Flujo de Construcción de Barcos} = \text{Ganancias Anuales} * \text{Tasa de Inversión} / \text{Coste por Barco}$$

? Cree las siguientes variables y constantes (conversores) en el modelo:

*Coste por Barco* = 300 (\$)

*Tasa de inversión* = 0.2 (sin dimensiones)

*Ganancias Anuales* (manténgalo sin definir)

? Conecte las tres nuevas variables a *Flujo de Construcción de Barcos*

? Defina *Tasa de Construcción de Barcos*

Las *Ganancias Anuales* equivalen a los *Ingresos* menos los *Costes de Funcionamiento*. Los *Costes de Funcionamiento* son simplemente el número de *BARCOS* multiplicado por 250 dólares. La venta de los peces da lugar a los *Ingresos*.

? Cree las siguientes variables y constantes:

*Costes de Funcionamiento* = *BARCOS* \* 250

*Precio por Pez* = 20(\$)

? Cree el flujo *Captura Total Anual*, pero déjelo sin conectar

? Cree la variable *Ingresos*

? Conecte *Precio por Pez* y *Captura Total Anual* a *Ingresos*

? Defina *Ingresos*:

*Ingresos* = *Captura total Anual* \* *Precio por Pez*

? **Conecte *Ingresos y Costes de Funcionamiento* con *Ganancias Anuales***

? **Defina *Ganancias Anuales*:**

$$\text{Ganancias Anuales} = \text{Ingresos} - \text{Costes de Funcionamiento}$$

La *Captura Total Anual* es simplemente el producto del número de barcos de pesca presentes en la zona y del número de peces capturados por cada barco.

? **Introduzca el conversor (constante) *Captura por Barco***

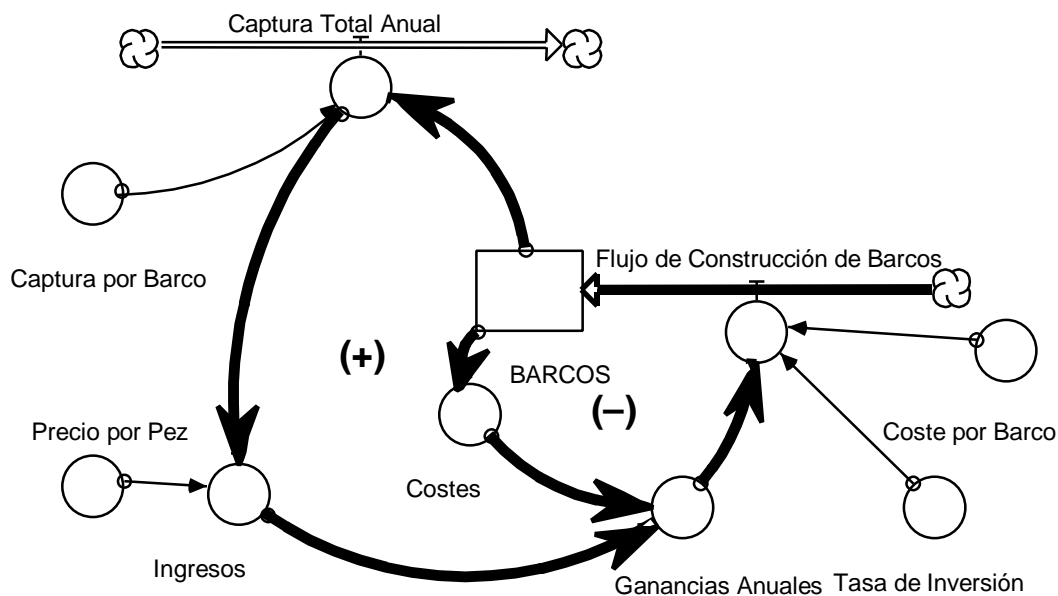
? **Conecte *BARCOS* y *Captura por Barco* con *Captura Total Anual***

? **Defina *Captura por Barco* y *Captura Total Anual*:**

$$\text{Captura por Barco} = 15 \text{ (peces)}$$

$$\text{Captura Total Anual} = \text{BARCOS} * \text{Captura por Barco}$$

Después de construir todo el modelo del subsistema barcos en STELLA, compare su modelo con el mostrado en la Figura 9. Si su modelo es el mismo, continúe con el resto del documento. Si no lo es, corrija su modelo y compruebe las ecuaciones relevantes en el Apéndice 4.



**Figura 9: Diagrama STELLA modificado del Subsistema Barcos**

Este diagrama modificado STELLA muestra el modelo utilizado para representar el subsistema Barcos. Ha sido modificado para subrayar los bucles de retroalimentación presentes en el modelo.

### 3.2.3 Preguntas

1. Siga los bucles de retroalimentación del modelo de la Figura 9. ¿Qué bucle es positivo?. ¿Cuál es negativo?. ¿Por qué?.
2. Realice una simulación del modelo. Mire en los gráficos los resultados de *BARCOS* y *GANANCIAS ANUALES*. ¿Por qué tienen la misma forma? ¿Ocurrirá siempre así?.
3. Cambie *Captura por Barco* a 10. ¿Qué ocurre?. ¿Puedes lograr que *Ganancias Anuales* sean iguales a cero?. ¿Cuál debería ser el valor de *Captura por Barco*?

## **3.3 Modelización del Subsistema Conexión**

Hasta ahora ha modelizado tanto la población de peces como las compañías pesqueras. Es el momento de unir ambos subsistemas para formar un modelo completo. Para ello analizaremos la conexión entre los dos subsistemas previos de forma separada como un subsistema por sí mismo. Este subsistema es quizá el aspecto más importante de todo el sistema. Su comportamiento es una de las principales razones por las que la población de peces se reduce a lo largo del tiempo.

El modelo de este subsistema contiene algunos de los elementos que ya ha incluido en los modelos de los peces y los barcos. Dado que no puede utilizar el mismo elemento dos veces en STELLA, debe guardar los modelos que ya ha construido e iniciar un nuevo modelo.

- ? **Seleccione “Guardar” del menú Archivo.**
- ? **Haga click en la opción “Escritorio” en el menú de diálogo de Guardar.**
- ? **Escriba un nombre y guárdelo (Asegúrese de que lo recordará)**
- ? **Seleccione “Cerrar Modelo” del menú Archivo.**
- ? **Seleccione “Nuevo” del menú Archivo para empezar un nuevo modelo.**

### 3.3.1 Descripción

El subsistema de conexión contiene vínculos entre los niveles PECES y BARCOS. La principal característica de este subsistema es el retraso existente entre *BARCOS* y *Captura por Barco*. Los modernos barcos pesqueros tienen sistemas de seguimiento por sonar y otros equipos de alta tecnología para ayudar a encontrar y capturar los peces. Como resultado, los barcos son capaces de regresar con una carga prácticamente llena incluso si la población de peces empieza a disminuir. Sólo cuando la población de peces es

peligrosamente baja las compañías pesqueras detectan caídas significativas en la captura. Para representar este hecho en el modelo necesitaremos redefinir *Captura por Barco* para que dependa de un nuevo factor: *Densidad*. *Densidad* es el número de *PECES* existente en el *Área* de 100 millas cuadradas en la cual vive la población de peces. La *Captura por Barco* será 0 cuando *Densidad* es igual a 0. Conforme *Densidad* aumenta, *Captura por Barco* se incrementará de forma pronunciada hasta un máximo de 25 peces por barco cuando la población se encuentra en su máxima densidad.

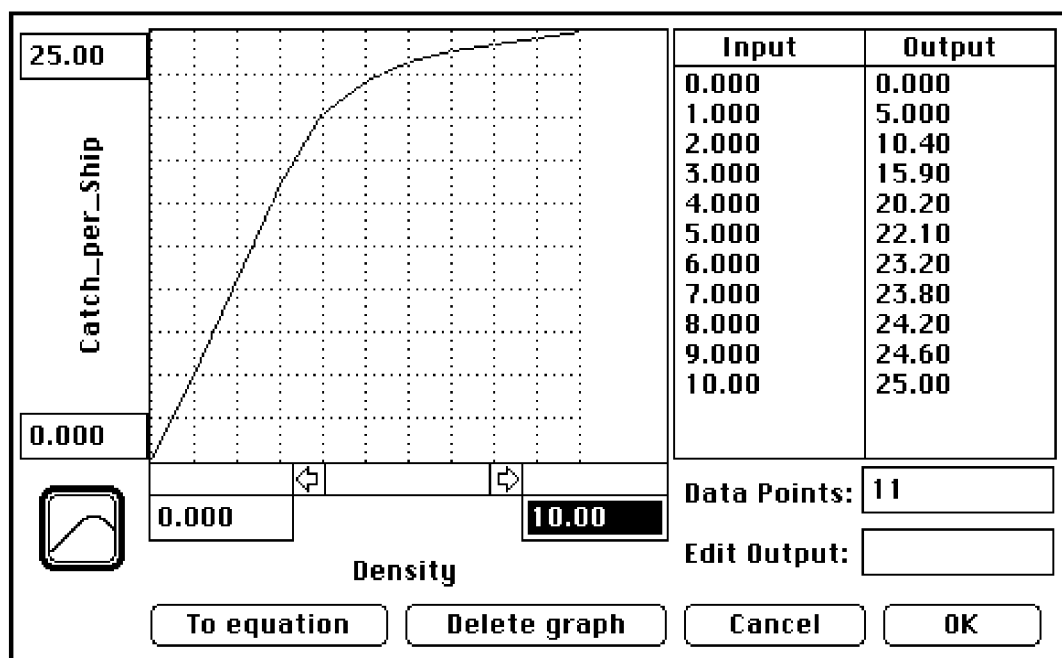
Este modelo introduce un nuevo flujo que afecta a la población *PECES*: *Captura Total Anual*. Este flujo se definió ya en la sección anterior, pero no estaba conectado. En este modelo, y en el modelo final, conecte *Captura Total Anual* a *PECES* como un flujo de salida. En este modelo, ajuste el nivel inicial de *PECES* = 1000 (peces) y *BARCOS* = 10 (barcos).

Existe un bucle de retroalimentación en este subsistema. Un incremento inicial en la *Captura Total Anual* aumenta la tasa de reducción de la población de *PECES*. Como resultado, la *Densidad* de peces es menor de lo que había sido y por tanto la *Captura por Barco* también es menor. Finalmente la *Captura Total Anual* disminuye. Este es el bucle de retroalimentación negativo.

### 3.3.2 Construcción del Modelo

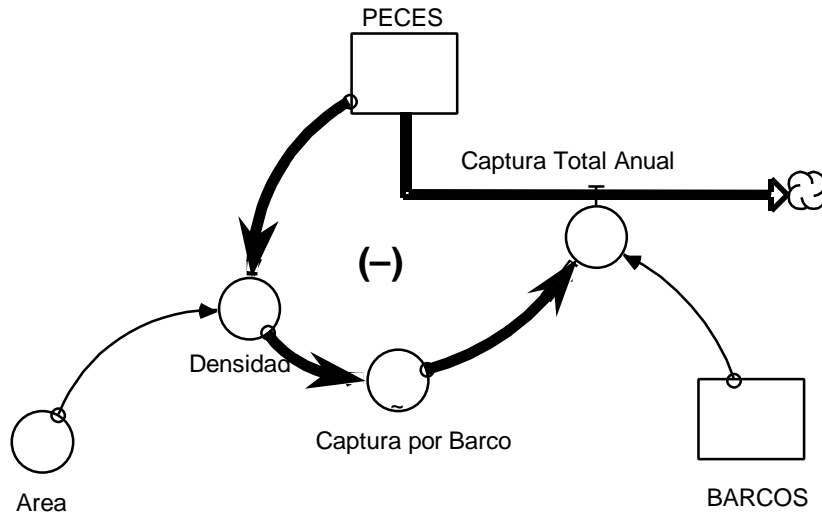
- ? **Introduzca los niveles *PECES* Y *BARCOS*.**
- ? **Introduzca *Captura Total Anual* como un flujo de salida del nivel *PECES*.**
- ? **Introduzca los siguientes conversores (variables y constantes):**
  - Área* = 100 (millas cuadradas)
  - Densidad* = *PECES* / *Área*
  - Captura por Barco* (Manténgalo sin definir)
- ? **Defina el flujo *Captura Total Anual*:**
  - Captura Total Anual* = *BARCOS* \* *Captura por Barco*
- ? **Ajuste el valor inicial de *PECES* (1000 peces) y *BARCOS* (10 barcos).**
- ? **Conecte *Densidad* con *Captura por Barco*.**
- ? **Haga doble click en *Captura por Barco*.**
- ? **Seleccione *Densidad* de la lista Disponible.**
- ? **Haga click en *Become Graph* (en forma de tabla) e introduzca los rangos, entradas y salidas apropiados, como se muestra en la Figura 10.**
- ? **Haga click en OK.**

Asegúrese de que su modelo es correcto comparándolo con la Figura 11. Si su modelo es estructuralmente el mismo, vaya a la siguiente sección. Si no, consulte el Apéndice 4 y corrija su modelo.



**Figura 10: Gráfico de Captura por Barco**

Esta figura muestra el gráfico que debe introducir en su modelo STELLA para definir la relación existente entre *Captura por Barco* y *Densidad* de peces.



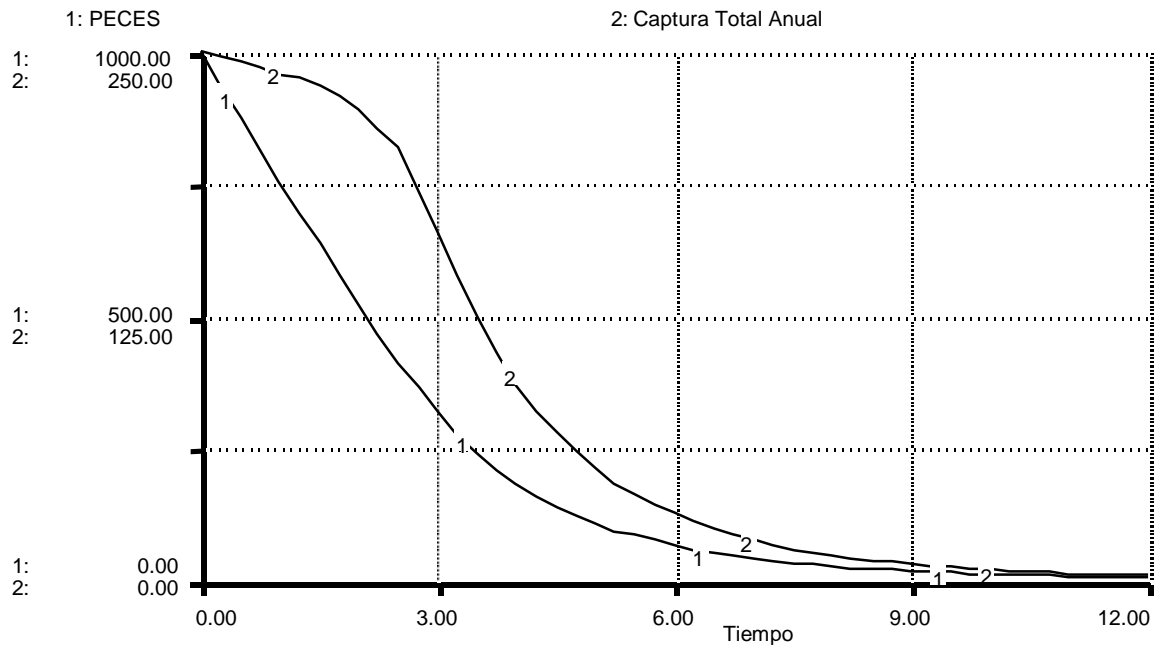
**Figura 11: Diagrama STELLA modificado del Subsistema Conexión**

Este diagrama STELLA modificado muestra los bucles de retroalimentación que conectan los subsistemas PECES y BARCOS.

### 3.3.3 Preguntas

1. ¿Por qué es un bucle de retroalimentación negativo?
2. Simule el modelo y observe el comportamiento de *Captura Total Anual* y *PECES*. Observe que la población de peces decae de forma significativa antes de que se detecten cambios importantes en la captura. Después de un año, la *Captura por Barco* se redujo en sólo un 4% mientras que casi un 1/4 de la población de peces había sido eliminada. Después de dos años, se aprecia sólo un 10% de reducción en la *Captura por Barco*, mientras que casi un 1/2 de la población de peces se ha perdido. ¿Cuál es la principal implicación de esto en la industria pesquera?





**Figura 12: Gráfico del comportamiento del Subsistema Conexión**

Este gráfico muestra el comportamiento del subsistema conexión. El gráfico muestra el retraso existente entre la población *PECES* y la *Captura Total Anual*.

### 3.4 Combinación de los Sistemas

Tendrá que cerrar su modelo del subsistema conexión y abrir el modelo guardado con los subsistemas de peces y barcos. Puede resultar de ayuda tener a mano el Apéndice y la figura con el modelo final para esta parte.

- ? Seleccione “Cerrar Modelo” del menú Archivo.
- ? Haga click en “No Guardar” en la caja de diálogo que aparece.
- ? Seleccione “Abrir” del menú Archivo de STELLA.
- ? Haga click en “Escritorio” in la ventana Salvar.
- ? Seleccione el modelo guardado y ábralo.
- ? Seleccione el sistema Barcos entero haciendo click y arrastrando el ratón hasta rodear con una línea de puntos todo el sistema.
- ? Alinee los dos modelos de modo que *Captura Total Anual* esté por debajo de *Tasa de Mortandad de los peces*.
- ? Haga click en la nube opuesta a la flecha de *Captura Total Anual* y arrastre hasta que esté dentro del nivel *PECES*.

- ? **Suelte el botón del ratón y haga click en el nivel *PECES*.**
- ? **Mueva ligeramente el ratón hasta que la nube escondida bajo el nivel quede resaltada también. Suelte el ratón.**
- ? **Haga click en la flecha de la esquina superior izquierda de la ventana de STELLA para mostrar las ecuaciones. El nivel *PECES* debería ahora tener como flujo de salida la *Captura Total Anual*.**
- ? **Haga click en la flecha de la esquina superior izquierda otra vez.**
- ? **Sítue los conversores *Área* y *Densidad* en sus lugares adecuados y realice las conexiones necesarias.**

Ahora ha completado el modelo del sistema de la industria pesquera. Juegue libremente con él y compruebe qué ocurre. Debería comparar las ecuaciones de su modelo con las incluidas en el Apéndice 4 y asegurarse de que son idénticas. Observe que el modelo que ha construido, a diferencia del juego de un jugador, no permite ninguna entrada del usuario excepto simular el modelo. En su modelo, las ganancias del año anterior determinan el *Flujo de Construcción de Barcos*. Aunque la reinversión de un porcentaje constante de las ganancias para la construcción de más barcos pueda parecer una simplificación excesiva, es similar a la estrategia de crecimiento de muchas compañías pesqueras. Algunos de los elementos más interesantes para analizar pueden ser *PECES*, *Ganancias Anuales* y *Ganancias Totales*. Después de construir el modelo probablemente usted ya tiene una buena idea de porqué se comporta como lo hace. La próxima sección consiste en un ejercicio de análisis de políticas utilizando el modelo que acaba de crear. El objetivo del análisis de políticas es encontrar una solución al problema de los recursos pesqueros.

## 4 LA TRAGEDIA DE LOS RECURSOS COMUNES

Conforme la población de peces disminuye, sus barcos de pesca empiezan a generar ganancias cada vez más pequeñas. La reacción natural a esto es aumentar su flota pesquera para intentar mantener las mismas ganancias netas. Incluso si se ha dado cuenta del peligro de sobrepesca en la zona, no existen garantías acerca de que sus competidores también perciban el mismo hecho. Los beneficios individuales a corto plazo motivan a muchas compañías pesqueras, con una escasa preocupación por los recursos que explotan. En la medida en que esto es así, las compañías sobreexplotarán el recurso y lo destruirán o

disminuirán de forma significativa. Este fenómeno es muy común en la vida real, tan común que tiene un nombre: La Tragedia de los Recursos Comunes.<sup>2</sup>

La tragedia de los recursos comunes ocurre cuando varios individuos comparten un recurso limitado. Se describe como sigue:

*"Los individuos utilizan un recurso comúnmente disponible pero limitada sobre las bases exclusivas de las necesidades individuales. Inicialmente son recompensados por tal uso; posteriormente obtienen beneficios decrecientes, los cuales dan lugar a una mayor intensificación de sus esfuerzos. Finalmente el recurso se reduce o erosiona de forma significativa o es enteramente agotado."*<sup>3</sup>

Este fenómeno aparece en muchos otros campos además de en la extracción de recursos. La tragedia de los comunes afecta a compañías que comparten secretariados, departamentos que compiten por los fondos presupuestarios, negocios que compiten por un pequeño número de clientes especializados y muchos otros sistemas.

## 5 INFORME

El mar ha sido una fuente de riqueza durante siglos. Durante dichos siglos, los pescadores han estado en una constante batalla con el mar para obtener su propia supervivencia. No obstante, durante el siglo pasado el hombre ha tomado ventaja en esta vieja batalla. A través de la utilización de tecnologías avanzadas de captura, el hombre ha sido capaz de robarle al mar una cantidad de peces cada vez mayor. Como resultado, existen muchas compañías pesqueras que han sido totalmente destruidas o que están cerca de su destrucción a causa del exceso de capturas. La superior inteligencia humana ha destruido los recursos naturales que podrían haber permanecido explotables durante cientos de generaciones.

El modelo que construiste con este documento se basa en el juego de los Bancos de Peces, S.A. desarrollado por Dennis L. Meadows.<sup>4</sup> El Dr. Meadows desarrolló el juego original acerca del problema inherente al uso de los recursos naturales. El juego original requiere un gran grupo de gente. El juego que usted ha construido ofrece la oportunidad de aprender acerca del dilema del agotamiento de los recursos naturales.

---

<sup>2</sup> Hardin, Garrett. "The Tragedy of the Commons", Science. Vol.162, December 13, 1968. pp. 1243-1248.

<sup>3</sup> Senge, Peter M., 1990. *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization*, New York, Doubleday.

<sup>4</sup> Ver Nota 3.

La interacción entre la población de peces y las compañías pesqueras es sólo uno de los muchos sistemas que incluyen y afectan a estas entidades. Usted puede construir modelos para describir los efectos de los patrones climáticos, los predadores naturales de los peces, la economía local y muchos otros factores. Es importante darse cuenta de que el modelo creado con este documento no puede ser utilizado para analizar el comportamiento de esos otros sistemas. El modelo trata un problema específico: los efectos de la industria pesquera sobre lo que de otro modo sería una población pesquera estable. Utilizado para este propósito el modelo describe de forma bastante precisa el comportamiento real de sistemas similares de la vida real.

La siguiente cita ilustra el resultado de la sobreexplotación, en la vida real, de una población de peces.

*"La industria de la sardina de la Costa del Pacífico tuvo sus orígenes en 1915 y alcanzó su cenit en 1936-1937 cuando las redes capturaron 800,000 toneladas. Era la primera en el ámbito nacional en libras de peces capturados, y la tercera en la industria pesquera comercial, alcanzando 10 millones de dólares anuales. Los peces se transformaron en sardinas en lata, cebo para peces, comida para perros, aceite y fertilizantes. La prosperidad de la industria se sustentaba en la sobreexplotación. Los descensos en las capturas por barco y en el éxito por unidad de pesca se compensaron aumentando el número de barcos de la flota. La industria pesquera rechazó cualquier tipo de regulación. En 1947-1948 se perdió la pesquería Washington-Oregon. En 1951 la flota San Francisco obtuvo sólo ochenta toneladas. La pesquería cerró y nunca volvió a recuperarse..."*  
*Ecologist Robert Leo Smith.*<sup>5</sup>

Ahora le presentamos un documento que se centra en el análisis de políticas. Por favor léalo y realice los ejercicios contenidos en las siguientes páginas.

---

<sup>5</sup>Owen, Oliver, 1985. *Natural Resource Conservation: An Ecological Approach*, New York, MacMillan.

# **Agotamiento de los Recursos Naturales:**

## **Un Enfoque Sistémico a la Tragedia de los Comunes “Materiales Suplementarios para Bancos de Peces, SA.”**

Esta sección constituye una versión resumida de:

Halbower, Matthew C., 1992. *Renewable Resource Depletion* (D-4263-2), System Dynamics in Education Project, System Dynamics Group, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, January 28, 37 pp.

En esta sección, continuará utilizando el modelo de los bancos de peces que ha construido. El modelo será utilizado para analizar diversas estrategias para la gestión de recursos renovables.

### **6. PROPOSITO DE LA LECCION**

Los propósitos del juego de simulación BANCOS DE PECES SA (se refiere a un juego de tablero) y de la simulación por ordenador BANCOS DE PECES son complementarios. El propósito del juego de simulación es aportar a los estudiantes una comprensión de los incentivos económicos y de las realidades ambientales desde la perspectiva de un gestor de una compañía pesquera. Desde este punto de vista, el objetivo es que los estudiantes entiendan cómo el sistema puede conducir a pescadores racionales hasta el extremo de eliminar su propio suministro de pesca. Ello ayuda a aprender sobre los bucles de retroalimentación que controlan el comportamiento del sistema, así como una comprensión más profunda del hecho de vivir experiencia de pasar desde los grandes beneficios iniciales al súbito colapso y destrucción de la industria pesquera.

Comenzando con la fase de información del juego de simulación y continuando con la fase de simulación por ordenador, los estudiantes asumen el papel de científicos. Su trabajo es el de sugerir, a través de una tormenta de ideas, y modelizar (con la guía del profesor) los bucles de retroalimentación presentes en el sistema. El objetivo aquí es ir más allá de una comprensión superficial de las razones que causan la tragedia de los recursos comunes. Los estudiantes pueden desarrollar explícitamente la estructura con la ayuda de un ordenador y verificar su modelo para determinar si su estructura produce el comportamiento observado durante el juego de simulación.

Una vez que los estudiantes han desarrollado un modelo que representa al sistema, pueden asumir el papel de ministros de Pesca Nacional y Servicio de Vida Silvestre. En esta parte de su trabajo, conducen análisis de políticas en el sistema cambiando su estructura para acomodarla a diversas políticas reguladoras. Su responsabilidad y objetivo es formular una política reguladora que permita sostener una industria pesquera nacional próspera, a la vez que se tienen en cuenta los obstáculos políticos, prácticos y económicos de las distintas opciones y políticas. Esta política puede ser reforzada con simulación por ordenador así como con argumentos escritos que sustenten el tipo de política elegida y las razones por las cuales otras posibles políticas no han sido elegidas.

Con estos objetivos generales en mente, existen diversos aspectos específicos resaltados a lo largo de la lección. Su diversidad constituye un indicativo de la naturaleza interdisciplinar de simulaciones como la de los Bancos de Peces.

La cuestión central de la simulación subraya la necesidad de comprender y practicar una gestión de los recursos renovables. Desde una perspectiva sistémica, esto requiere comprender el fenómeno de la tragedia de los recursos comunes tanto desde un punto de vista económico como ambiental. En términos simples, la tragedia de los recursos comunes es un fenómeno que aparece cuando los individuos, que comparten un recurso común limitado, intentan maximizar su parte de aprovechamiento individualizado del recurso hasta que el mismo se reduce e incluso se destruye.

Comprender los mecanismos de la tragedia de los recursos comunes requiere conocer las interacciones existentes entre las características económicas y ambientales del sistema. Un análisis ambiental puede incluir la dinámica poblacional, la capacidad de carga y el tasa máxima de explotación sostenible, que ayuden a explicar que lo aparentemente ilimitados recursos naturales de la Tierra son verdaderamente limitados. Un análisis económico puede mostrar como el uso colectivo de un recurso renovable da a los individuos un incentivo para maximizar sus propios beneficios a corto plazo más que favorecer una visión más amplia que intente maximizar los beneficios de todos, incluido el de uno mismo. La combinación de los análisis económico y ambiental muestra cómo los pescadores no

pueden ver al principio los efectos de sus acciones sobre el sistema. Sólo pueden ver estos efectos después de que la destrucción es completa.

Así, los estudiantes llevan a cabo experimentos de simulación por ordenador para investigar la efectividad de un conjunto de políticas reguladoras. Las políticas pueden variar desde la imposición de tasas a la limitación del número de barcos. Los resultados muestran la efectividad de cada política. En cualquier caso, cada estudiante puede descubrir, por sí mismo, las soluciones al efecto tragedia de los recursos comunes.

Una de las políticas reguladoras más interesantes se relaciona con la imposición de restricciones a las tecnologías pesqueras.<sup>6</sup> Los estudiantes pueden explorar los efectos de tales límites sobre la sostenibilidad de la industria pesquera así como ahondar en cuestiones relativas a los efectos de las innovaciones tecnológicas.

Otras políticas reguladoras incluyen la imposición de tasas sobre la construcción de barcos, tasas sobre la pesca, paradas obligatorias de los barcos de pesca durante ciertos periodos, regulaciones y límites sobre la construcción de barcos, regulaciones sobre los precios de mercado de la pesca, y regulaciones gubernamentales sobre los precios de la pesca. Por supuesto los estudiantes deben siempre considerar las consecuencias políticas de las decisiones reguladoras así como el grado en que es factible llevar a cabo esas regulaciones.

Además de explorar tales políticas con simulación por ordenador, el conjunto Bancos de Peces aporta muchas oportunidades para la exploración distintas al modelo. Una de las áreas más interesantes para explorar es la relación legal existente entre las consecuencias económicas y ambientales de la reducción de recursos renovables. ¿Cómo se diseña una agencia reguladora controlada por el estado?. ¿Qué efectos podrían tener los planes reguladores propuestos sobre la libertad individual y los derechos de propiedad? ¿Podría la asignación de derechos de propiedad sobre porciones del mar acabar con la tragedia de los comunes?<sup>7</sup>

Finalmente, no importa qué aspectos particulares desee resaltar a través de esta lección, la naturaleza del trabajo requiere que sus estudiantes desarrollen la interacción en grupo y habilidades de comunicación. Esto es particularmente cierto en dos aspectos. Primero, los ejercicios de ordenador permiten a los estudiantes trabajar juntos en el ordenador y aprender unos de otros. En esta situación, el profesor permanece en un segundo

---

<sup>6</sup> Tales políticas funcionan ya en lugares como Alaska donde las regulaciones de pesca requieren el uso de redes que los peces puedan ver bajo el mar en lugar de redes indetectables, todo ello para evitar la sobrepesca.

<sup>7</sup> En el lado de Virginia de la Bahía Chesapeake, el estado ha asignado derechos de propiedad a porciones de la bahía para la extracción de ostras, en un intento de controlar el problema de la Tragedia de los Recursos Comunes.

plano conforme los estudiantes exploran el sistema entre ellos. Segundo, durante el apartado del juego de simulación, los estudiantes deben expresar sus estrategias e ideas y convencer a los otros a través de argumentos consistentes. Estos dos aspectos de la interacción en grupo ayudan a los estudiantes a formar modelos mentales del sistema de la pesca, a generar lluvias de ideas de posibles soluciones y a verbalizar ideas completas. Estas técnicas muestran a los estudiantes cómo trabajar con problemas complejos y pueden ser después aplicadas a situaciones distintas a la de los Bancos de Peces.

Dennis Meadows fue quien mejor resumió su propósito general cuando dijo “Este conjunto está específicamente diseñado para transferir las intuiciones fundamentales requeridas por gestores públicos y privados y por ciudadanos particulares para utilizar los recursos naturales de su región de forma intensiva pero sin deteriorar la productividad a largo plazo de su dotación de recursos”<sup>8</sup>

## 7. REVISION DEL MODELO DE LOS BANCOS DE PECES

Esta sección contiene un breve repaso del modelo que construyó con anterioridad en la primera parte de este artículo.

### **Presupuestos del Modelo:**

El modelo contiene dos presupuestos que son diferentes de los contenidos en el juego de simulación. Primero, a diferencia del juego de simulación, existe sólo una única pesquería dentro de este modelo. Todos los barcos pescan en mar abierto y los costes de funcionamiento se calculan de acuerdo con ello.

Segundo, a diferencia del juego de simulación el modelo suma todas las compañías de pesca en una única flota pesquera. El propósito de esto es que los estudiantes lleven a cabo un estudio global de toda la industria a través de la suma de las distintas flotas pesqueras. Ambos Presupuestos reducen la complejidad y redundancia presentes dentro del juego de simulación.

### **Descripción del Modelo:**

La Figura 13 de la página siguiente muestra el resultado final de combinar los subsistemas de los barcos y los peces. Los barcos conducen al agotamiento de los recursos pesqueros. Razones económicas llevan al aumento del número de barcos. Conforme la captura total anual aumenta, los ingresos totales aumentan puesto que se vende más pescado. Los beneficios aumentan conforme lo hacen los ingresos. Al decidir si comprar o no un barco, un pescador observa sus beneficios e invierte cierta fracción de los mismos en

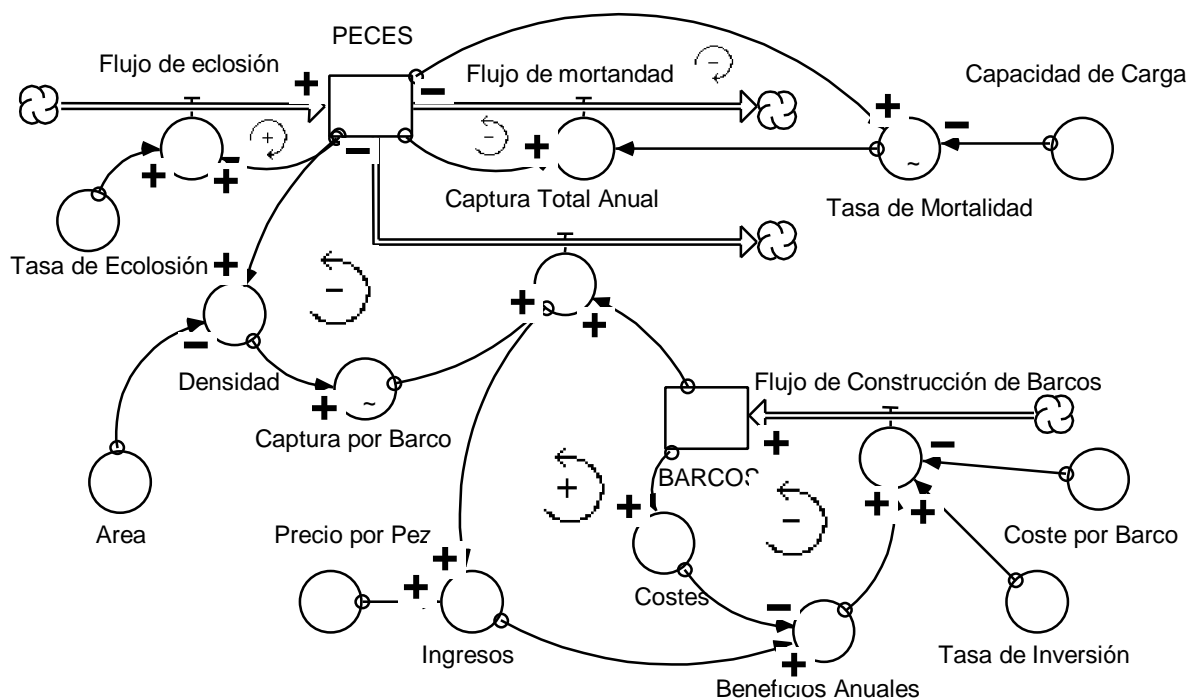
---

<sup>8</sup> Meadows, Dennis, Thomas Fiddaman, and Diana Shannon. Fish Banks, Ltd. A Microcomputer Assisted Simulation That Teaches Principles for Sustainable Management of Renewable Resources. p. 1.



nuevos barcos, aumentando así el número total de ellos. Esto da lugar a un bucle positivo puesto que un aumento en el número de barcos conduce a un aumento en la captura total anual, lo que lleva a más ingresos, más beneficios y más barcos, aumentando así el número total de los mismos.

La única fuerza que contrarresta este bucle positivo es el bucle negativo formado por los barcos, costes, beneficios y nuevos barcos. Conforme el número de barcos aumenta, los costes de funcionamiento de los mismos aumentan, lo que disminuye los beneficios y por tanto los nuevos barcos. Este bucle negativo es mucho menos dominante que el positivo al principio de la simulación, cuando los ingresos son muy elevados.



**Figura 13: Diagrama STELLA con la estructura del Modelo de los Bancos de Peces**

## 8. EJERCICIO DE ANALISIS DE POLITICAS

Los siguientes ejercicios son para sus estudiantes. No se incluyen respuestas porque las mismas varían según lo que se quiera destacar en la lección. Por lo tanto, los ejercicios deberían ser estudiados antes presentarse a los estudiantes, con el fin de decidir su enfoque y crear respuestas originales. La cantidad de tiempo requerida para completar los ejercicios es aproximadamente tres horas, por lo que quizá desee eliminar algunos de ellos. Los estudiantes deberían trabajar en pares o grupos de tres para motivar la comunicación y la interacción. Deje que los estudiantes aprendan unos de otros; se puede sorprender por algunas de sus sugerencias innovadoras.



## Proyecto Educativo en Dinámica de Sistemas



### Ejercicio de Análisis de Políticas sobre los Bancos de Peces

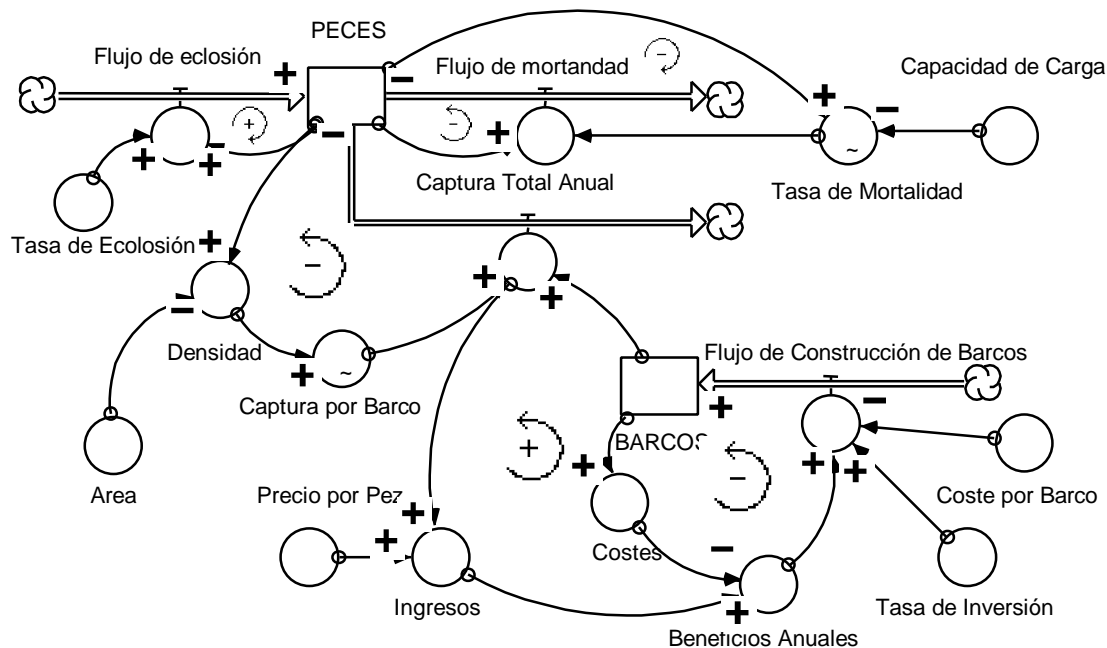


Nombre \_\_\_\_\_

Estamos en 1970.

Tú eres un gestor del servicio de pesca nacional y vida salvaje. Tienes la responsabilidad de realizar sugerencias de políticas acerca de la gestión de la pesquería que rodea tus límites territoriales nacionales. La pesca es una importante fuente de beneficios económicos para tu país, por lo que tus decisiones deben asegurar el mantenimiento del tamaño de la población de peces y de la industria pesquera.

Afortunadamente, dispones de algunos caros expertos del MIT (pagados con dinero gubernamental, por supuesto). Los consultores han construido un modelo de la población de peces y la industria pesquera en tu nación. Ellos afirman que puedes usar el modelo para verificar el impacto de distintas políticas reguladoras sobre la población de peces y la economía pesquera. La Figura 1 muestra un diagrama del modelo.



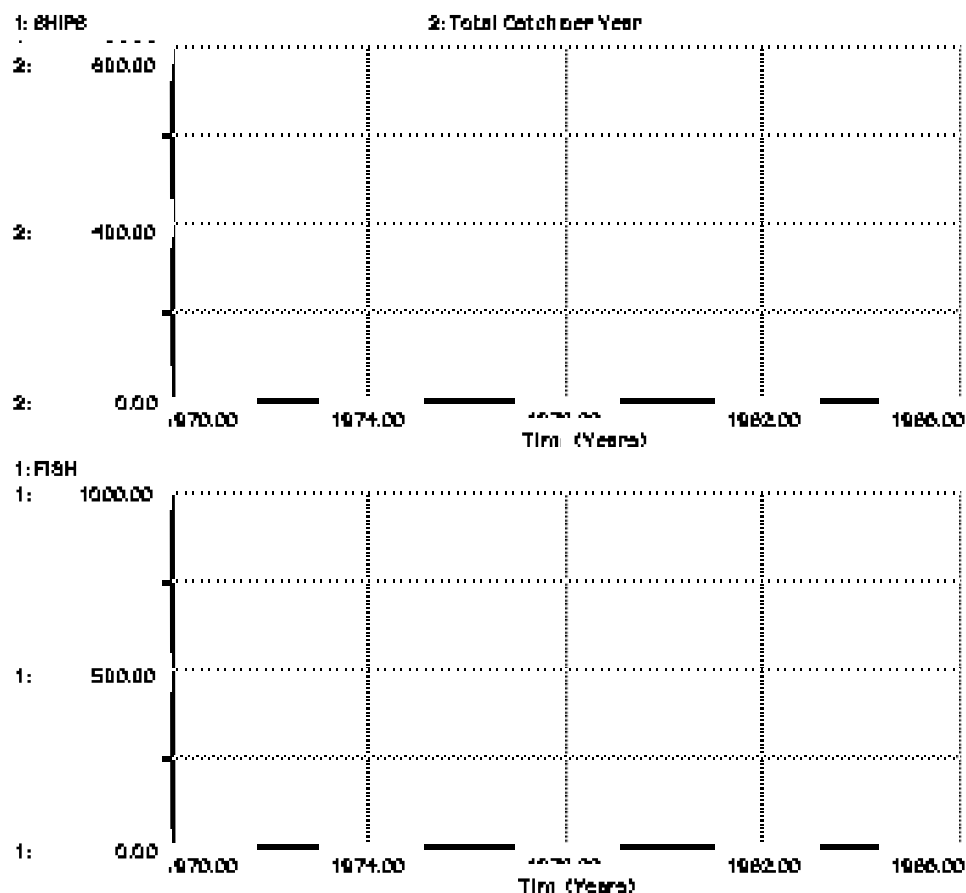
**Figura 1: Diagrama STELLA del Modelo Bancos de Peces**

## TUS TAREAS:

1. El modelo está actualmente ajustado para simular la situación reguladora existente dentro de la industria nacional pesquera en 1970 (sin regulación). Para simular el sistema:

- **Selecione Cuaderno Gráfico del Menú Ventanas**
- **Selecione Simular del Menú Simulación**

Observa el comportamiento del número de barcos, captura anual, población de peces y beneficios totales acumulados en las distintas páginas del cuaderno de gráficos. Las páginas se pueden cambiar haciendo click en los números de página situados en la esquina superior derecha de la ventana de cuaderno de gráficos. Haz un bosquejo de los gráficos de los barcos, captura anual y población de peces en los ejes que aparecen más abajo.



Explica en pocas frases por qué el sistema generó el comportamiento exhibido. Intenta contar qué ocurrió en la simulación de los Bancos de Peces haciendo referencia a los bucles de retroalimentación que describen el sistema.

---



---



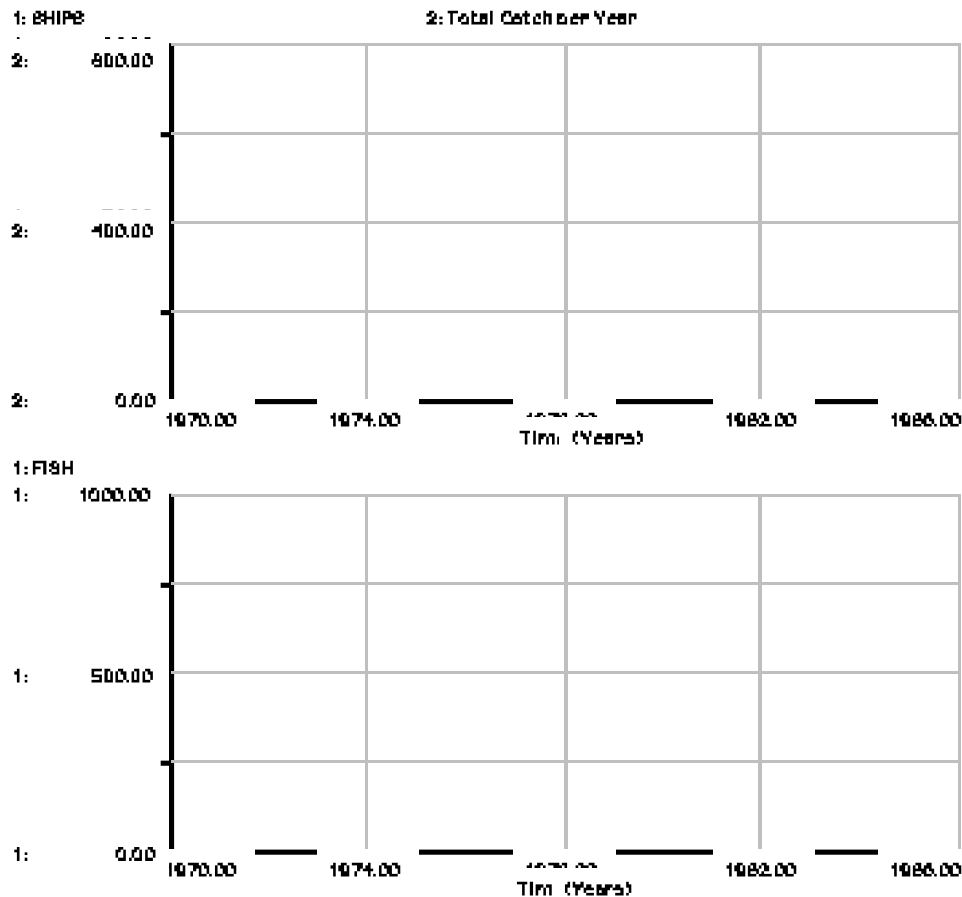
---



---

2. Claramente, dejar el sistema tal como está es una situación no aceptable. La población de peces es diezmada, la industria pesquera desaparece y tú pierdes tu trabajo.

Una política reguladora que podría ayudarte a evitar esta situación es cargar con un impuesto elevado los nuevos barcos de pesca (digamos 200\$ por barco), de modo que aumente su precio y disminuyan las compras. Haz un esquema en los ejes situados más abajo del efecto que crees que tendría esta política en el número de barcos, la captura total anual y la población de peces.



Intenta ejecutar esta política cambiando el coste por barco de 300 \$ a 500 \$.

- **Selecciona Diagrama del Menú Ventanas**
- **Haz doble click en el conversor "Coste por Barco"**
- **Escribe "500"**
- **Haz click en el botón OK**

Una vez que has cambiado el coste por barco, simula el sistema:

- **Selecciona el Cuaderno de Gráficos del Menú Ventanas**
- **Selecciona Simular del Menú Simulación**

Utilizando bien una línea de puntos o un lápiz de otro color, haz un esquema sobre los mismos ejes de los barcos, captura total anual y población de peces.

¿Tuvo éxito esta política? ¿Cuál es el comportamiento generado en esta simulación comparado con el comportamiento anterior?. Explica las diferencias en comportamiento.

---



---

Varía el valor de la tasa fiscal y vuelve a simular el modelo para observar sus efectos sobre el comportamiento. ¿Qué comportamiento aparece si la tasa es demasiado alta?.

3. Parece claro que una tasa fiscal sobre los barcos no hace más que retrasar la destrucción de la población de peces. Otra posible política alternativa es mantener la construcción de barcos sólo hasta que aparece un problema claro en la población de peces. Puesto que la única señal de retroalimentación desde la población de peces que los pescadores reciben es desde la captura de peces, la política podría hacer ilegal la construcción de barcos una vez que la captura por barco disminuye hasta un nivel no aceptable.

Para ejecutar esta política, primero cambia de nuevo el coste por barco a 300 \$.

- **Selecione Diagrama del Menú Ventanas**
- **Haga doble click en el convertidor "Coste por Barco"**
- **Escriba "300"**
- **Haga click en el botón OK**

A continuación inserte la retroalimentación desde Captura por Barco a Flujo de Construcción de Barcos. Durante los periodos buenos de pesca, la captura se situará en torno a 25 peces anuales. Observa lo que ocurre cuando la construcción de barcos se limita después de que la captura cae por debajo de 22 peces anuales.

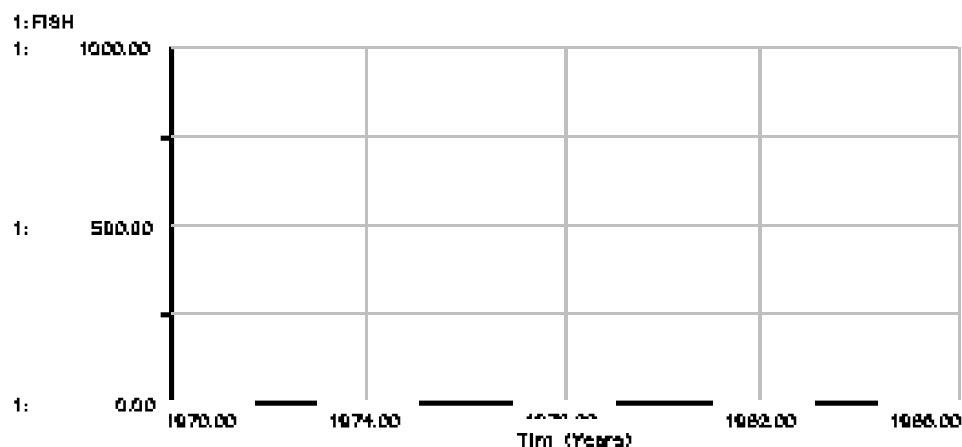
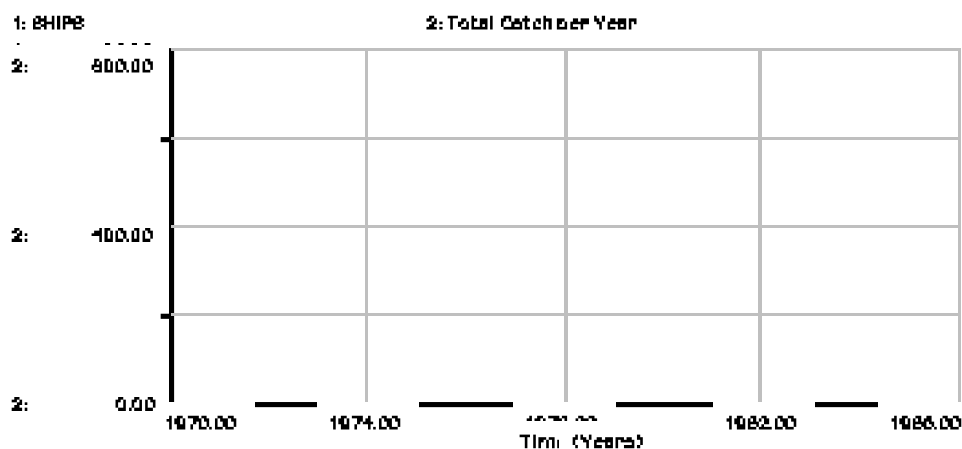
• **Dibuja una conexión causal desde Captura por Barco a Flujo de Construcción de Barcos**

- **Inserte la siguiente ecuación en el Flujo de Construcción de Barcos**

if Captura por Barco > 22 then Ganancias Anuales \* Tasa de Inversión / Coste por Barco else 0

Esta ecuación indica que si la captura por barco es mayor que 22 peces se compra el número normal de barcos (Ganancias Anuales \* Tasa de Inversión / Coste por Barco). Sin embargo si la captura por barco decae por debajo de 22 la construcción de barcos es igual a 0.

Dibuja en los ejes situados más abajo el efecto que crees que tendrá esta regulación sobre el sistema.



Simula el modelo y haz un esquema del comportamiento en los ejes precedentes utilizando líneas de puntos o un lápiz de otro color.

¿Fueron correctas tus predicciones?. ¿Cómo difiere el comportamiento basado en esta nueva regulación del sistema sin regulación?. Explica las diferencias o la ausencia de ellas.

---

---

---

¿Ha tenido éxito esta política? Si no, intenta aumentar el umbral de Captura por Barco de 22 a un número mayor. ¿A qué número el sistema da lugar a una población estable de peces?

---

---

---

¿Qué factores no presentes en el modelo podrían afectar la captura por barco?

---

---

---

¿Crees que será fácil para el gobierno obtener los datos de captura por barco? ¿Qué problemas podría encontrar?

---

---

---

---

Anota un plan diseñando como recogerías los datos para decidir cuándo limitar el flujo de construcción de barcos.

---

---

---

---

---

¿Tienes la impresión de que los sistemas pesqueros tienden a mostrar suficientes señales de aviso antes de una catástrofe o crees que tales catástrofes aparecen de forma más repentina?. ¿Es la captura por barco un indicador preciso de la población de peces?. Explica tu razonamiento con referencias al gráfico de la Captura por Barco y su relación con la tecnología pesquera.

---

---

---

---

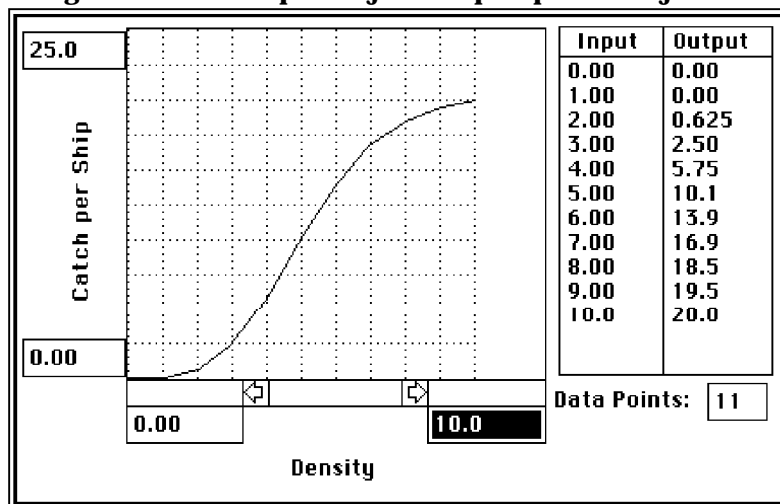
---

4. Otra política alternativa es convertir ciertas tecnologías pesqueras en ilegales y dificultando la captura de peces por parte de los barcos. Menos peces capturados implica que la población de peces tiene mayores oportunidades de supervivencia. Para aplicar esta política, primero vuelve a situar el modelo en su estado original:

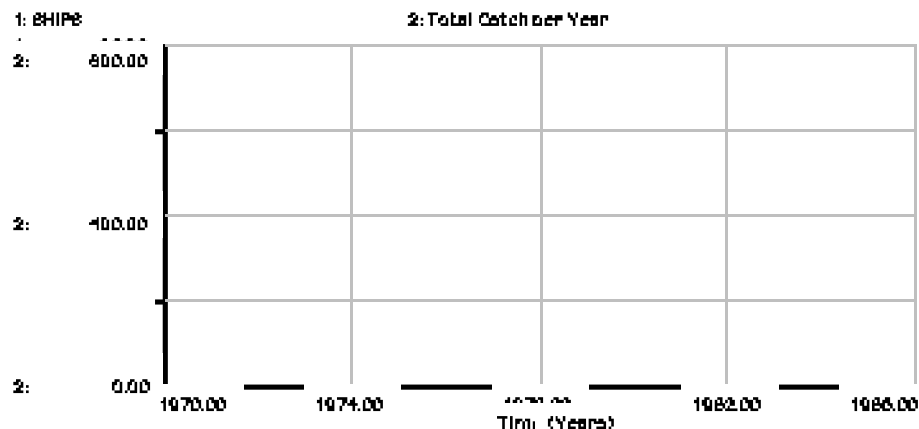
- **Selecciona "Volver al Guardado" bajo el menú Archivo**

A continuación, cambia el gráfico que define la Captura por Barco para modelizar una tecnología de baja captura.

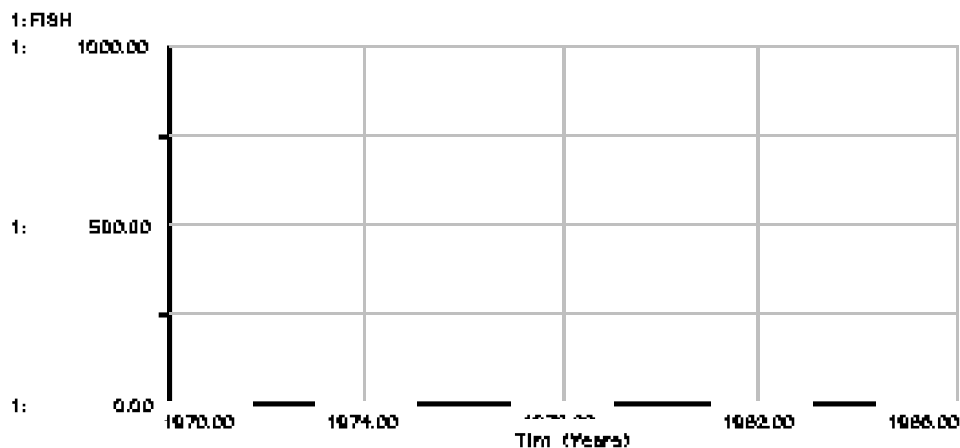
- **Haz doble click en el convertidor Captura por Barco**
- **Cambia el gráfico de modo que se ajuste al que aparece abajo**



De nuevo intenta predecir como afectará esta política al número de barcos, captura anual y población de peces realizando un esquema en los ejes situados más abajo.







Simula el modelo y representa el comportamiento simulado por el ordenador en los ejes anteriores utilizando líneas de puntos o un lápiz de diferente color.

¿Cómo parece funcionar esta política? ¿Han sido correctas tus predicciones?. Si no, ¿Por qué fueron incorrectas? Si quieres simular durante un periodo temporal mayor:

• **Selecciona Periodo de Simulación bajo el menú Simulación y cambia el valor del tiempo final.**

---

---

---

---

¿Cuáles son los beneficios acumulados aquí comparados con los de las simulaciones previas?. Explica porqué los beneficios acumulados de los pescadores son mayores o menores bajo esta regulación.

---

---

---

---

Comenta las probabilidades de aplicar regulaciones sobre la tecnología pesquera. ¿Qué grupos se opondrían o apoyaría dicha regulación? ¿Crees que tu trabajo estaría en peligro si propusieras tal regulación?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

5. Otra política podría obligar a realizar a todos los barcos de una cierta edad a permanecer en dique seco por razones de seguridad. Esto supondría un flujo de salida del nivel de barcos. Para implementar esta política, primero devuelve el modelo a su estado original:

- **Selecciona "Volver al Guardado" en el menú Archivo**

Para modelizar la política:

- **Selecciona el icono Flujo en la parte superior izquierda de la Ventana Diagrama de STELLA**
- **Coloca el icono Flujo encima del nivel BARCOS**
- **Mantén apretado el botón del ratón y arrastra el botón 2.5 centímetros a la izquierda**
- **Suelta el botón del ratón**
- **Escribe "Flujo de Desmantelamiento de Barcos"**

Para definir este flujo es necesario tener un convertidor que especifique la edad máxima de los barcos:

- **Selecciona el icono Convertidor de la porción superior izquierda de la Ventana Diagrama de STELLA**

- **Coloca el icono Convertidor justo bajo el Flujo de Desmantelamiento de Barcos**
- **Haz click en el botón del ratón**
- **Escribe "Vida Máxima de los Barcos"**
- **Haz doble click en Vida máxima de los Barcos y dale un valor de 12 años**

Lo único que falta es determinar la ecuación del Flujo de Desmantelamiento de Barcos.

Asumiendo que la edad de los barcos se distribuye uniformemente desde los nuevos a los viejos, en torno a una doceava parte de los barcos será desmantelada cada año debido a su antigüedad.

Para modelizar esto:

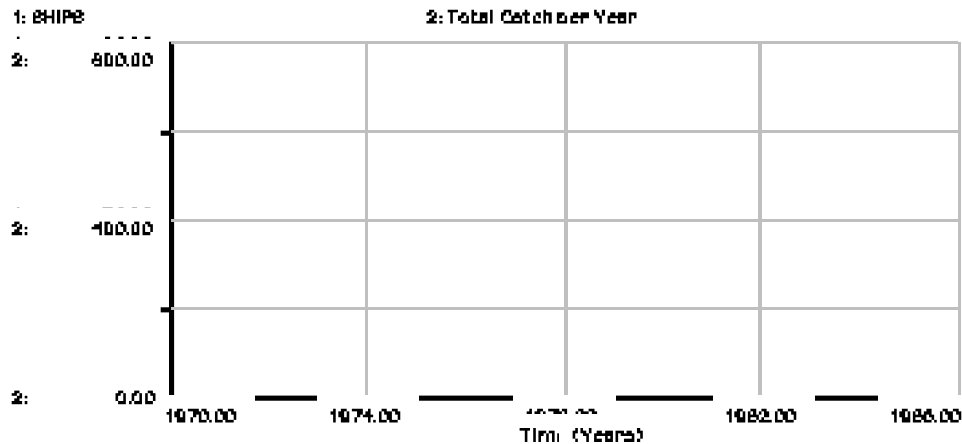
**Dibuja un convertidor de Barcos a Flujo de Desmantelamiento de Barcos**

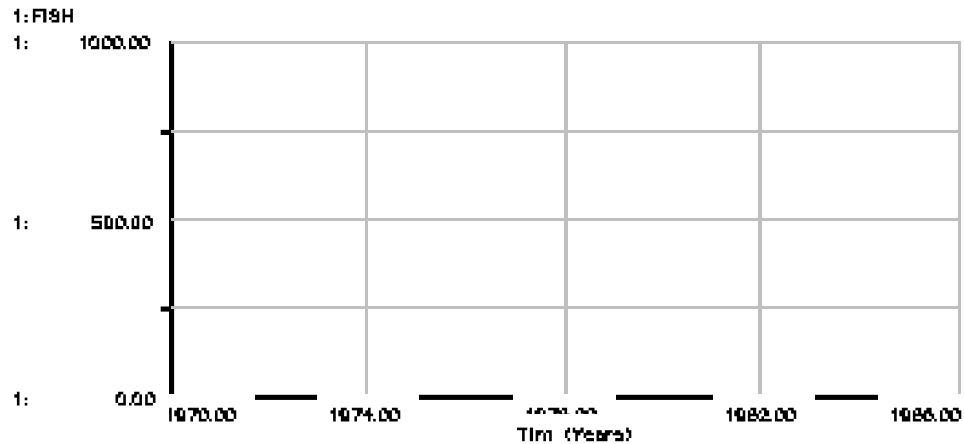
**Dibuja un convertidor de Vida Máxima de los Barcos a Flujo de Desmantelamiento de Barcos**

**Haz doble click en Flujo de Desmantelamiento de Barcos**

**Define Flujo de Desmantelamiento de Barcos como  $\text{BARCOS}/\text{Vida Máxima de los Barcos}$**

Intenta predecir una vez más cómo afectará esta política al número de barcos, captura anual y población de peces haciendo un esquema sobre los ejes situados más abajo.





Simula el modelo y realiza un esquema del comportamiento en los ejes anteriores utilizando líneas de puntos o un lápiz de diferente color.

¿Han sido correctas tus predicciones? ¿Cómo difiere el comportamiento generado con esta política de un sistema sin regulación?. Intenta explicar las diferencias entre las dos simulaciones haciendo referencia a los bucles de retroalimentación que describen el sistema.

---



---



---



---



---

Continúa simulando el modelo con distintos periodos de vida máxima para los barcos. ¿Qué ocurre si el periodo de vida media es demasiado corto? ¿Por qué?.

---



---



---

¿Crees que una política reguladora como ésta sería justa para los pescadores? ¿Por qué?

---



---



---



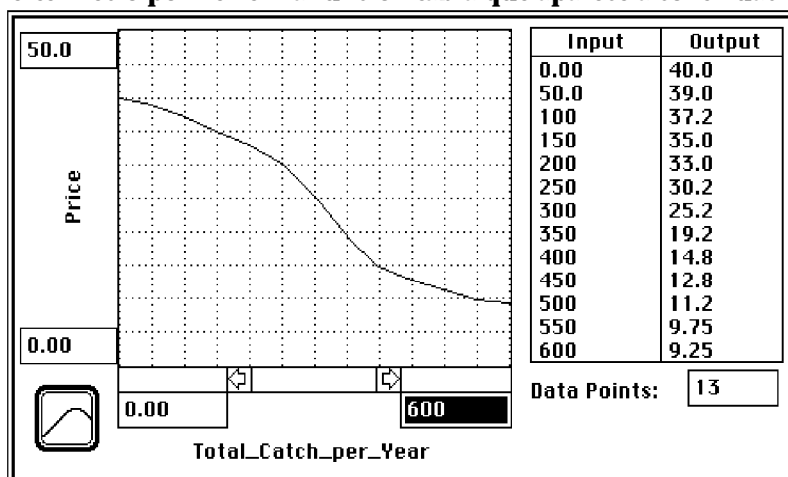
---

6. Hasta ahora el precio ha permanecido inflexible (inelástico) o constante en relación con el suministro de pescado. En la economía de la vida real, el precio cambia en función de la oferta de pescado. Así, el precio del pescado se reducirá si la captura total anual (oferta) es mayor para un año en particular, o aumentará si la captura total anual es más pequeña. Para ver cómo afecta esto al comportamiento del sistema, primero devuelve el modelo a su estado original:

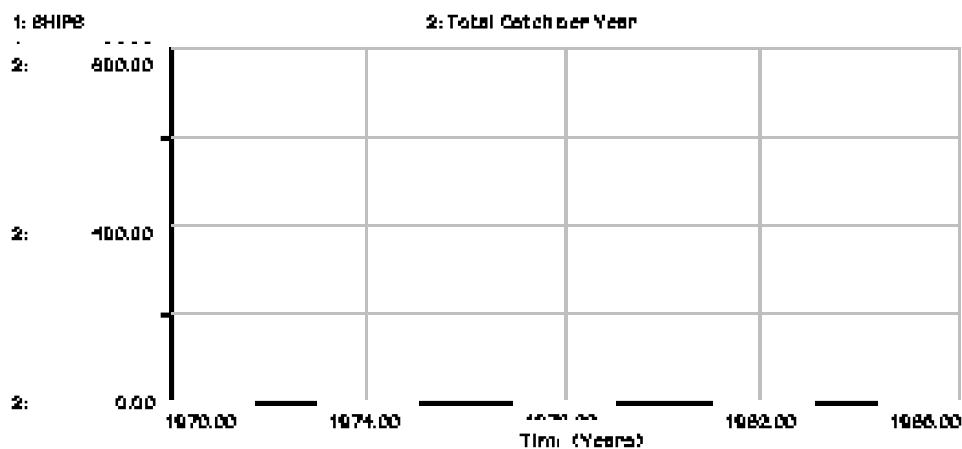
- **Selecciona "Volver al Guardado" bajo el menú Archivo**

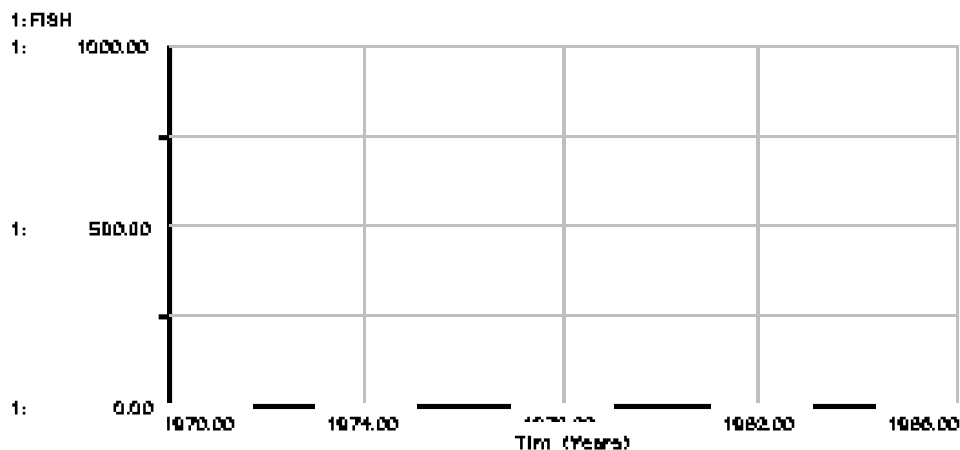
Para implementar el cambio:

- **Dibuja una conexión entre Captura Total Anual y Precio por Pez**
- **Convierte Precio por Pez en la función tabla que aparece a continuación**



De nuevo, sitúa tus predicciones acerca del comportamiento del sistema en los ejes situados más abajo.





Simula el modelo y haz un esquema del comportamiento simulado por el ordenador en los ejes anteriores con líneas de puntos o un lápiz de diferente color.

¿Han sido correctas tus predicciones? Explica porqué la simulación ha generado este comportamiento.

---

---

---

---

---

Examina el gráfico que muestra los beneficios anuales de los pescadores. ¿Es una solución aceptable una curva de precios extremadamente elástica?.

---

---

---

---

---

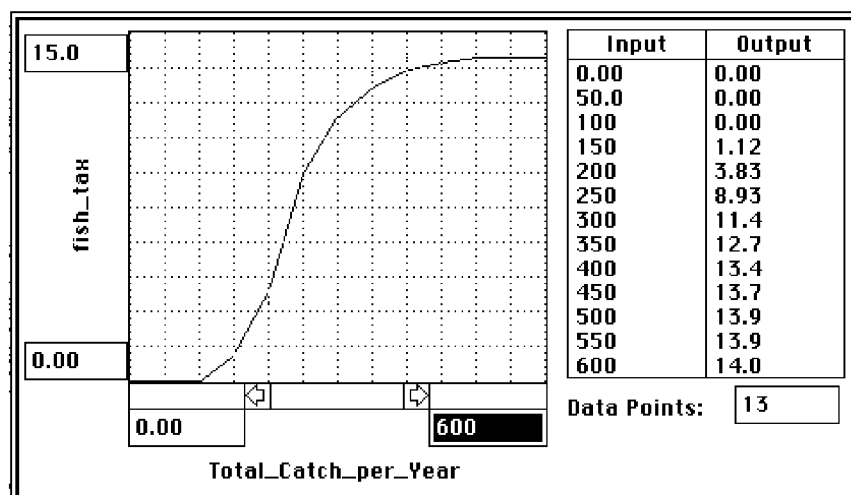
Cambia la curva de precios y vuelve a simular.

7. Supón que diseñamos un impuesto ecológico que gravará a los pescadores por cada pez capturado sobre la base del número total de peces obtenidos cada año. Para aplicar esta política devuelve el modelo a su estado original:

- **Selecciona "Volver al Guardado" en el menú Archivo**

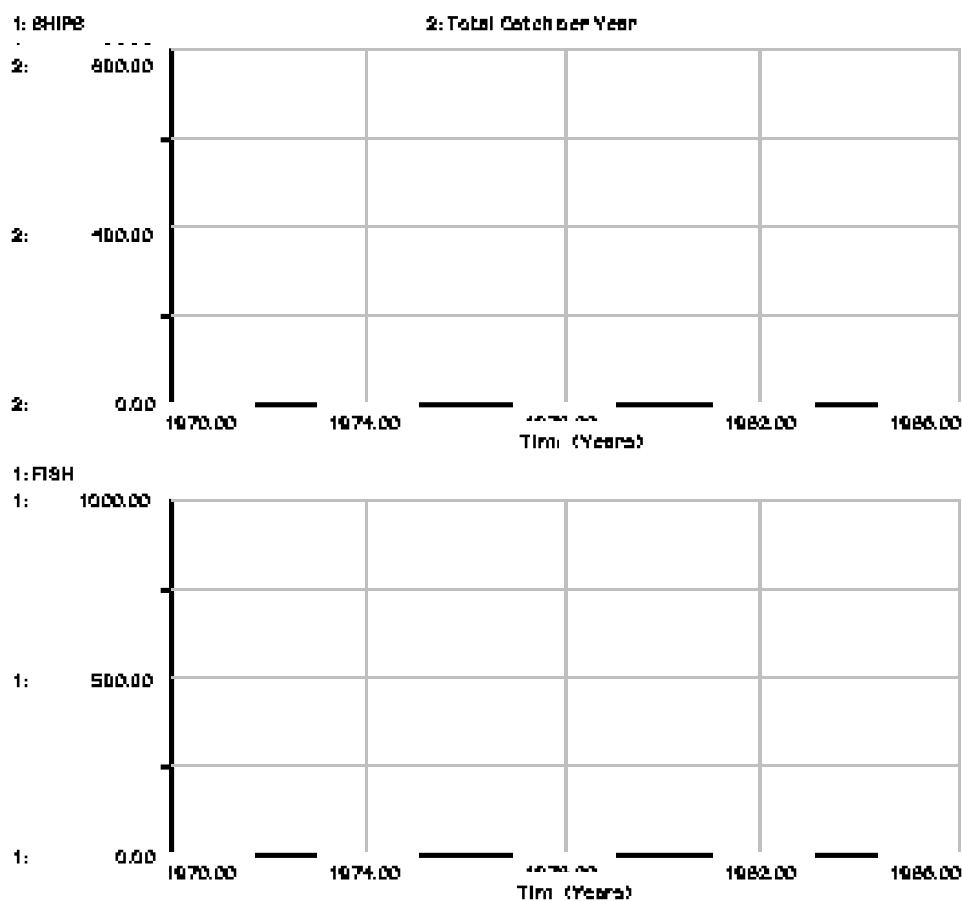
Para modelizar esta política:

- **Crea un nuevo convertidor llamado Tasa Pesquera**
- **Dibuja una conexión desde Captura Total Anual a Tasa Pesquera**
- **Define la Tasa Pesquera como la función tabla que se muestra a continuación**



- **Dibuja una conexión de Tasa Pesquera a Costes**
- **Define Costes como “BARCOS\*200 + Tasa Pesquera”**

De nuevo, haz un esquema de tus predicciones acerca del comportamiento del sistema en los ejes situados a continuación.



Simula el modelo y haz un esquema del comportamiento del sistema en los ejes anteriores utilizando líneas de puntos o un lápiz de diferente color.

¿Han sido correctas tus predicciones? ¿Cómo y Por qué afecta dicha política a los beneficios de los pescadores? ¿Es esta política una solución aceptable?

---



---



---



---



---

8. ¿Se te ocurren algunas otras políticas que no hayas probado hasta ahora? Si es así, haz una lista de las mismas e intenta modelizarlas si tienes tiempo.

---

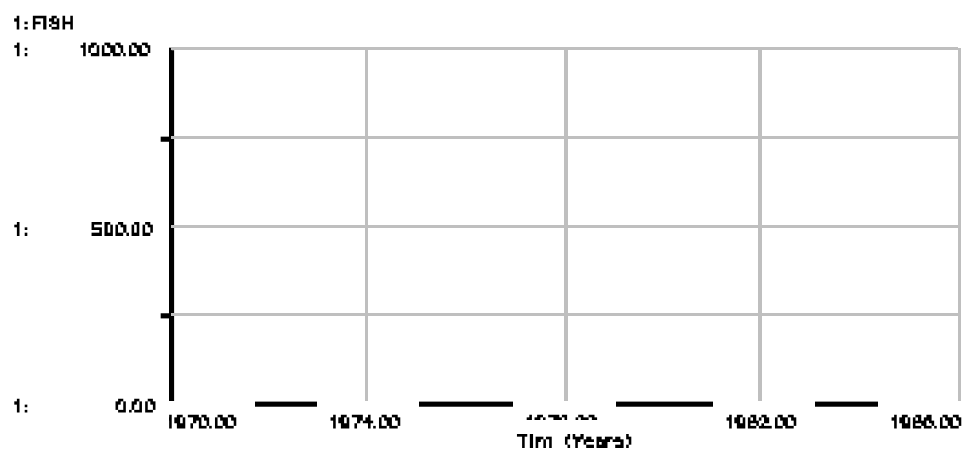
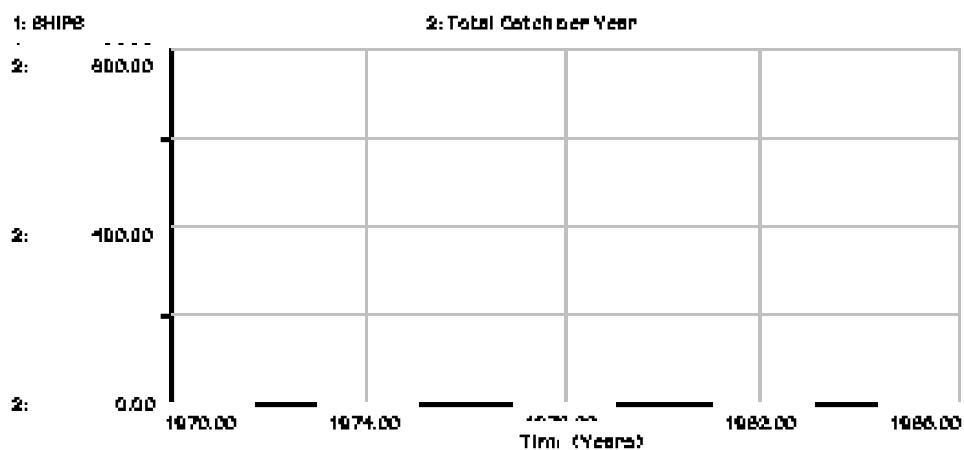


---



---

9. Diseña tu propio plan regulador incorporando algunas o todas las políticas reguladoras analizadas hasta ahora. Aplica tu plan en el modelo y anota los resultados en los gráficos que aparecen a continuación.





¿Qué plan de medidas recomendarías al Servicio de Pesca y Vida Salvaje?. Enumera claramente los objetivos y describe lo que debería conseguir una política efectiva. Justifica tu elección y explica por qué funciona. Aporta tus predicciones acerca de cómo el plan de medidas será aceptado por los pescadores, los políticos y el público en general. Describe cualquier posible dificultad asociada con la puesta en marcha de tu plan.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## 9 APENDICE

### 9.1 Apéndice 1: Respuestas Seleccionadas a Preguntas

#### 3.1.3 Modelización del Subsistema Población de Peces

1. Un bucle positivo o de reforzamiento es un bucle en el cual un cambio inicial de un elemento del bucle dará lugar en un cambio en la misma dirección de dicho elemento. Bucles negativos o tendentes al equilibrio tienen el efecto opuesto. Un cambio inicial en el valor de un elemento dará lugar a un cambio en dirección opuesta de dicho elemento.
2. Crecimiento en forma de S o logístico ocurre cuando existe un proceso de crecimiento reforzado que eventualmente es sometido bajo control por algún factor limitante de dicho crecimiento. Una estructura en forma de S contiene un bucle positivo y un bucle negativo. Algunos ejemplos de la vida real incluyen la dispersión de un rumor, la infección de una población y el crecimiento de una economía: en cada caso: cuanto más se expande el efecto, menor es la población susceptible de ser afectada, puesto que ya lo fue anteriormente, y ello limita el crecimiento.
3. El bucle de retroalimentación positivo es dominante durante aproximadamente cuatro años. Durante este periodo el gráfico de la población de peces parece mostrar un crecimiento exponencial puro. Después de cinco años, la dominancia cambia hacia el bucle

de retroalimentación negativo. La dominancia del bucle negativo causa el comportamiento de aproximación a un objetivo o condición de equilibrio mostrado en los últimos años de la simulación.

### 3.2.3 Modelización del Subsistema Barcos

1. Los bucles de retroalimentación se describen en la explicación del sistema.
2. Mientras *Captura por Barco* permanece constante, como ocurre aquí, los gráficos de *Beneficios Anuales* y *BARCOS* tendrán la misma forma. En el modelo final no es así.
3. Cuando *Captura por Barco* es 10, la compañía pierde dinero cada año porque el coste de mantener un barco es mayor que los ingresos que genera. Se necesita una *Captura por Barco* de unos 12.5 peces para equiparar ambas variables (*Beneficios Anuales* = 0)

### 3.3.3 Modelización del Subsistema Barcos

1. El bucle de retroalimentación se describe en la explicación del sistema.
2. Las compañías pesqueras no son conscientes de la difícil situación de la población de peces hasta que se ha reducido severamente. A causa de esto es imposible proteger la población de peces con una estrategia reactiva. Se necesita una estrategia proactiva, previsor. Usted diseñará dicha estrategia en el ejercicio de Reducción de los Recursos Naturales (D-4263).

## **9.2 Apéndice 2: El Juego de la Pesca en STELLA II versión 2.2**

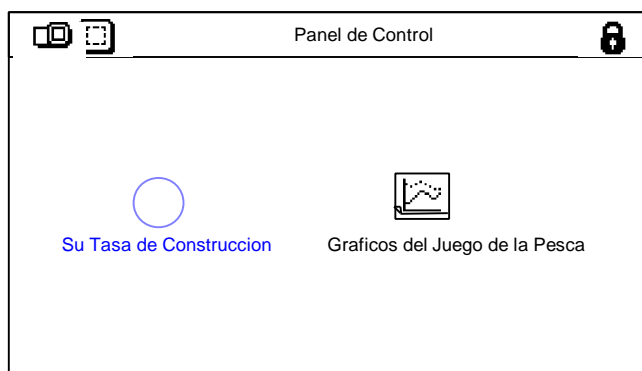
El Juego de la Pesca v2.2.1 parece muy diferente del v3.0.5., pero las ideas básicas son exactamente las mismas.

- ? **Asegúrese de que STELLA II v2.2.1 está instalado en su disco duro.**
- ? **Inserte el disquete "Ejercicios de los Bancos de Peces" en su ordenador.**
- ? **Haga doble click en el disquete "El Juego de la Pesca."**
- ? **En la ventana que aparece, haga doble click en el icono "El Juego de la Pesca v2.2.1"**

Si tiene STELLA II v2.2.1 instalado en su disco duro, el modelo seleccionado aparecerá en su pantalla. Si el modelo no se abre, necesita abrir el programa STELLA primero y entonces abrir el modelo dentro del programa.

Su interfaz para el juego está en un sector separado denominado "Panel de Control". La Figura 3. muestra una figura del panel de control. El sector mostrado en la Figura 3 está localizado en la esquina superior izquierda de su cuaderno de diagramas STELLA. Si no ve

el sector mostrado en la Figura 3, utilice la barra de flechas situada en el margen inferior y en el de la derecha de su ventana STELLA para deslizar la ventana hasta que pueda verlo.



**Figura 3: El Panel de Control**

Este es el panel de control a través del cual controlará su compañía pesquera in el Juego de la Pesca. Puede alterar *Su Tasa de Construccion* en cada ocasión y observar sus efectos en los *Gráficos del Juego de la Pesca*

? **Haga doble click en el icono "Gráficos del Juego de la Pesca" del Panel de Control.**

Aparecerá una ventana de gráficos en su pantalla. Esta ventana se llama cuaderno de gráficos y contiene cuatro gráficos. En la parte superior de la ventana aparece el título del gráfico. El numero de página está en el borde inferior de la ventana. Puede hacer click en la esquina inferior izquierda del cuaderno de gráficos para ver las diferentes páginas, una cada vez. Estos cuatro gráficos le permitirán trazar su propio progreso así como el de su competidor. Vea la Figura 4 en la página 13 para obtener una lista de los gráficos disponibles y de la información contenida en cada gráfico. Tenga en cuenta que en os gráficos 3 y 4 las escalas de los dos elementos son diferentes.

? **Haga doble click en *Su Tasa de Construccion*.**

El diálogo mostrado en la Figura 5 debería aparecer en su pantalla. El valor para *Su Tasa de Construccion* del año anterior aparece resaltado. Al comienzo del juego, este valor será cero.

**Figura 5: La pantalla de introducción de datos para *Su Tasa de Construcción***

Esta figura muestra el diálogo que aparece cuando hace doble click en *Su Tasa de Construcción* del panel de control. Al comienzo de ronda, introduzca un nuevo valor para *Su Tasa de Construcción* y haga click en OK.

Implemente su estrategia para el juego asignando un valor a *Su Tasa de Construcción*. Antes de comenzar la siguiente ronda del juego, especifique cuantos barcos desea construir. Si desea reducir el tamaño de su flota, puede vender barcos introduciendo un número negativo. Si no asigna un valor al inicio del año, construirá (o venderá) el mismo número de barcos que el año anterior. Puede consultar sus decisiones previas para *Su Tasa de Construcción* mirando la página 4 del cuaderno de gráficos. La Figura 4 contiene una lista de todos los gráficos disponibles y de sus contenidos.

- ? **Desarrolle una estrategia para maximizar sus beneficios y superar a su competidor.** (Quizá desee releer la sección 2.1 que resume el escenario del juego.)
- ? **Introduzca el número de barcos que desea construir el primer año.**
- ? **Haga click en OK.**
- ? **Seleccione "Simular" del menú Simulación o presione Comando-R.** El modelo simulará durante 1 año.
- ? **Haga doble click en el icono Gráficos del Juego de la Pesca.**

? **Mire las cuatro páginas de gráficos y observe el comportamiento del modelo.**

?

\*\*\*Nota: Después del primer año, el menú Simular no volverá a contener la opción “Simular”. En su lugar, deberá seleccionar “Reanudar”

? **Continúe introduciendo valores para *Su Tasa de Construcción* y simulando el modelo hasta el final de la simulación en 1990.**

? **Juegue algunas veces más, revisando cada vez su estrategia para aumentar sus beneficios.**

El juego se reajustará automáticamente al final del periodo de simulación de 10 años.  
No necesita reajustar nada.

? **Cuando termine de utilizar el juego seleccione “Cerrar” del menú Archivo.**

? **Haga click en “No Guardar.”**

Por favor, pase ahora a la Sección 3.

### 9.3 Apéndice 3: El Juego de la Pesca en STELLA II versión 1

El Juego de la Pesca en STELLA II versión 1 es muy similar al de la versión 2 porque el modelo es el mismo, pero el modo de utilizar el juego es ligeramente diferente. La principal diferencia es que STELLA II versión 1 no permite al usuario introducir un intervalo de pausa como sí ocurre con la versión 2. A causa de esto tendrá que introducir su estrategia completa para el juego desde el inicio y simular de una vez todo el periodo de 10 años.

- **Inserte el disquete Ejercicios de los Bancos de Peces en su ordenador.**
- **Haga doble click en el icono del disco El Juego de la Pesca.**
- **Abra el modelo del Juego de la Pesca v1.02 haciendo doble click.**

Si tiene STELLA II versión 1 instalado en su ordenador el modelo se abrirá. Si no se abre tendrá que abrir primero el programa STELLA II y abrir el modelo dentro del programa.

Un pequeño icono circular con el nombre “Su Flujo de Construcción” debería aparecer en su ventana STELLA. Este icono se localiza en la esquina superior izquierda del cuaderno de diagramas STELLA. Si no lo ve, utilice las barras deslizantes de los márgenes inferior y derecho de la ventana STELLA y deslícelas hasta que lo vea.

- **Haga doble click en *Su Tasa de Construcción*.**

El diálogo mostrado en la Figura 14 debería aparecer en su pantalla. Este diálogo le permite introducir su estrategia para toda la simulación antes de hacer correr el modelo. Antes de ejecutar la simulación, asigne un valor para *Su Tasa de Construcción* para cada año del juego. Puede hacer esto directamente en el gráfico con el ratón, o haciendo click en los números de la columna de la derecha e introduciendo nuevos valores con el teclado. El valor por defecto es cero para cada año.

Input	Output
1980	0.00
1981	0.00
1982	0.00
1983	0.00
1983	0.00
1984	0.00
1985	0.00
1986	0.00
1987	0.00
1988	0.00
1988	0.00
1989	0.00
1990	0.00

Data Points: 13

Edit Output:

To equation   Delete graph   Cancel   OK

**Figura14: Diálogo de Su Tasa de Construcción**

Este diálogo le permite introducir su estrategia para cada año antes de ejecutar la simulación. Ahora está ajustada a construir cero barcos cada año desde 1980 a 1990.

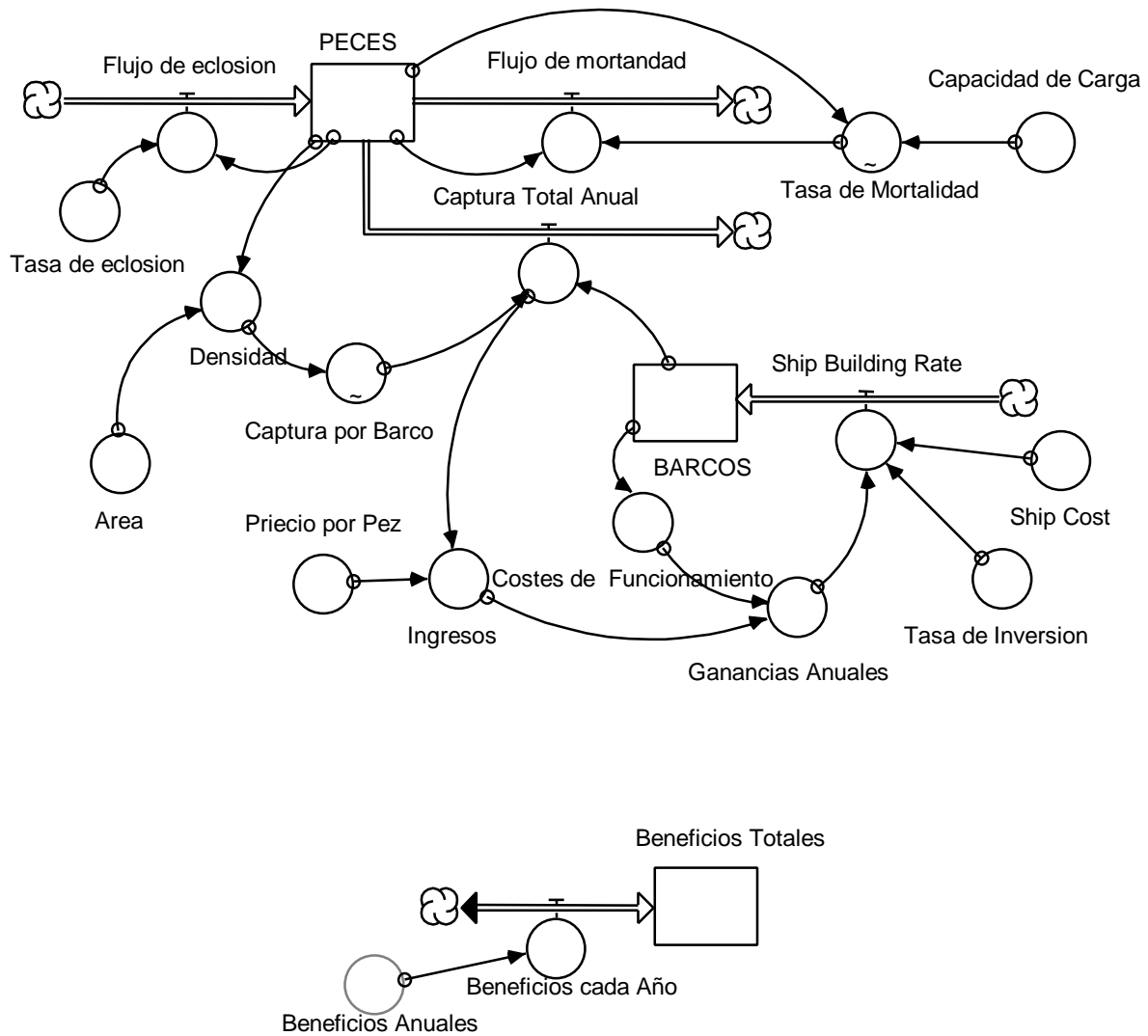
- ? **Ajuste el valor de *Su Tasa de Construcción* para cada año.**
- ? **Haga click en OK**
- ? **Haga correr el modelo seleccionando “Simular” del menú Simulación o presionando Comando-R.**

La versión STELLA II versión 1 no utiliza el icono gráfico. En su lugar existe algo denominado “Cuaderno Gráfico”. Se incluyen los mismos gráficos en ambas versiones del juego de la pesca.

#### TAJO

- ? **Seleccione “Cuaderno de Gráficos” del menú Ventanas para abrir el Cuaderno de Gráficos.**
- ? **Haga click en las cajas numeradas de la esquina superior derecha de la ventana del Cuaderno de Gráficos para ver otros gráficos.**
- ? **Para una descripción de los gráficos disponibles vea la Figura 4 en la pagina 8.**
- ? **Seleccione “Diagrama” del menú Ventanas para volver al modelo.**

#### 9.4 Apéndice 4: El Modelo de los Bancos de Peces



**Figura 15: modelo STELLA del sistema de los Bancos de Peces**

Este es el modelo final creado por el lector. El modelo simula el comportamiento de una población de peces que está siendo reducida por una industria pesquera.

#### Ecuaciones del Modelo de los Bancos de Peces:

$$\boxed{\text{PECES}} \text{ PECES}(t) = \text{PECES}(t-dt) + (\text{Flujo de Eclosión} - \text{Flujo de Mortandad} - \text{Captura Total Anual}) * dt$$

$$\text{PECES INICIALES} = 1000$$



DOCUMENTACION: Peces es el número de peces vivos dentro del banco de pesca que está siendo modelizado. Al principio de la simulación hay inicialmente 1000 peces vivos en el banco.

UNIDADES: Peces

ENTRADAS:



**Flujo de Eclosión** = PECES\*Tasa de Eclosión

DOCUMENTACION: El Flujo de Eclosión es el número de peces que eclosionan cada año. Se calcula multiplicando la población total de peces por la tasa de eclosión. La tasa de eclosión es el número medio de descendientes por pez y año.

UNIDADES: Peces/año

SALIDAS:



**Flujo de Mortandad** = PECES\*Tasa de Mortalidad

DOCUMENTACION: El Flujo de Mortandad es el número de peces anuales que mueren por causas distintas a la pesca.

UNIDADES: Peces/Año



**Captura Total Anual** = BARCOS\*Captura por Barco

DOCUMENTACION: Captura Total Anual es el número total de peces que son extraídos cada año. Se calcula multiplicando el número de barcos por la captura por barco.

UNIDADES: Peces/Año

**STOCK**



**BARCOS(t)** = BARCOS(t - dt) + (Flujo de Construcción de Barcos) \* dt

**BARCOS INICIALES = 10**

DOCUMENTACION: Hay inicialmente 10 barcos al inicio de la simulación.

UNIDADES: Barcos

ENTRADAS:



**Flujo de Construcción de Barcos** =

Beneficios Anuales\*Tasa de Inversión/Coste por Barco

DOCUMENTACION: El Flujo de construcción de barcos es el número de barcos nuevos construidos cada año. Se determina por la cantidad de dinero invertida cada año en nuevos barcos (beneficios anuales\*tasa de inversión) dividida por el coste de cada barco. Las UNIDADES son (\$/año)/(\$/barco)=(barco/año).

UNIDADES: barco/año

**STOCK**



**Beneficios Totales(t)** = Beneficios Totales(t - dt) + (Beneficios cada Año) \* dt

**Beneficios Totales INICIALES = 0**

ENTRADA:



**Beneficios cada Año** = Beneficios Anuales

Convertir

○ **Área** = 100

DOCUMENTACION: Área es el tamaño de la zona de pesca en millas cuadradas.

UNIDADES: millas cuadradas

Convertir

○ **Tasa de eclosión** = 6

DOCUMENTACION: Tasa de eclosión es el número medio de descendientes por año y pez. Es la fracción de incremento anual de la población. Una tasa de eclosión de 6 significa que cada hembra (la mitad de la población de peces) tendrá una media de 12 descendientes al año.

UNIDADES: 1/año

Convertir

○ **Capacidad de Carga** = 1200

DOCUMENTACION: La capacidad de carga es el número total de peces que el ambiente marino puede sustentar.

UNIDADES: Peces

Convertir

○ **Costes de Funcionamiento** = BARCOS\*250

DOCUMENTACION: El coste de funcionamiento es producto del número de barcos por el coste de funcionamiento anual de cada barco. El coste de funcionamiento por barco y año es 250 dólares.

UNIDADES: \$/año

Convertir

○ **Densidad** = PECES/Área

DOCUMENTACION: Densidad es el número de peces existentes por milla cuadrada dentro de la zona de pesca.

UNIDADES: peces/milla cuadrada

Convertir

○ **Precio por Pez** = 20

DOCUMENTACION: Precio por Pez es la cantidad de dinero a la que un pescador vende un pez tan pronto como es cogido.

UNIDADES: \$/peces

Convertir

○ **Tasa de inversión** = .2

DOCUMENTACION: La Tasa de inversión es la fracción de los beneficios anuales que es invertida en la construcción de nuevos barcos.

UNIDADES: (sin dimensiones)

Documentar

☐ **Ingresos** = Captura Total Anual\*Precio por Pez

DOCUMENTACION: Es el dinero obtenido cada año por la venta del pecado. Los ingresos se calculan como el producto del pescado vendido anualmente y del precio por pez.

UNIDADES: \$/año

Documentar

☐ **Coste por Barco** = 300

DOCUMENTACION: El Coste por Barco es la cantidad de dinero necesaria para construir un nuevo barco de pesca.

UNIDADES: \$/barco

Documentar

☐ **Beneficios Anuales** = Ingresos-Costes

DOCUMENTACION: Beneficios Anuales es la diferencia entre los ingresos y los costes.

UNIDADES: \$/año

Documentar

☐ **Captura por Barco** = GRAPH(Densidad)

(0.00, 0.00), (1.00, 5.00), (2.00, 10.4), (3.00, 15.9), (4.00, 20.2), (5.00, 22.1), (6.00, 23.2), (7.00, 23.8), (8.00, 24.2), (9.00, 24.6), (10.0, 25.0), (11.0, 25.3), (12.0, 25.5)

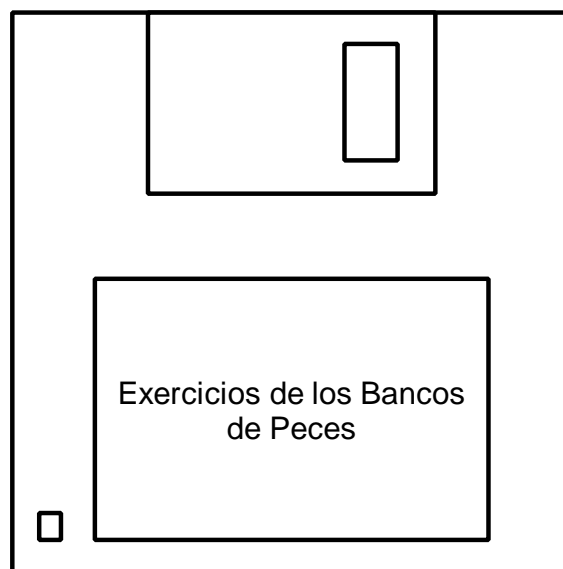
UNIDADES: peces/barco

Documentar

☐ **Tasa de Mortalidad** = GRAPH(PECES/Capacidad de Carga)

(0.00, 5.22), (0.1, 5.22), (0.2, 5.23), (0.3, 5.24), (0.4, 5.26), (0.5, 5.29), (0.6, 5.34), (0.7, 5.45), (0.8, 5.66), (0.9, 5.94), (1.00, 6.00)

UNIDADES: 1/año



Adjunte el Disco Aquí