



Grecia Pérez Mar

Modelo con tres Stocks: Dos depredadores y una presa

Existen dos tipos de depredadores: los especialistas y los generalistas. El depredador especialista es descrito como el que muere exponencialmente rápido cuando su alimento favorito está ausente o hay poco suministro. El segundo tipo de depredador cambia a un alimento alternativo cuando su alimento preferido esta escaso.

La especie presa Z sale de la parcela en búsqueda de un mejor hábitat. El sistema resultante se puede describir mediante las siguientes ecuaciones:

$$\frac{dX}{dt} = a_1X - b_1X^2 - \frac{\omega YX}{X + D}$$
$$\frac{dY}{dt} = -a_2Y + \frac{\omega_1 YX}{X + D_1} - \frac{\omega_2 Y^2 Z}{Y^2 + D_2^2}$$
$$\frac{dZ}{dt} = cZ^2 - \frac{\omega_3 Z^2}{Y + D_3}$$

En donde:

X: Es la población de presas y su valor al $t(0)$ es de 30

Y: Depredador especialista = 20

Z: Depredador generalista = 8

a_1 : corresponde a la tasa de auto reproducción para la presa = 2

a_2 : mide qué tan rápido el depredador Y muere cuando no hay presas para capturar, matar y comer = 1

b_1 : mide la intensidad de la competencia entre los individuos de la presa = 0.05

c : representa la tasa per cápita de auto reproducción. = 0.0257

D: es el valor de la densidad de la población X en el que la tasa de remoción per cápita es la mitad de ω = 10



Grecia Pérez Mar

D_1 : denota la densidad de población de la presa en la que la ganancia per cápita por unidad de tiempo en Y es la mitad de su valor máximo (ω_1) = 10

$D_2 = 10$

D_3 : es la constante de semi-saturación de la presa Z. = 20

ω : es la tasa máxima de remoción per cápita de especies de presa X debido a la depredación de su depredador Y = 1

ω_1 : es su valor máximo de la tasa de ganancia per cápita del depredador Y = 2

Análisis de las Ecuaciones

1. Ecuación de la Población de Presas

$$\frac{dX}{dt} = a_1X - b_1X^2 - \frac{\omega YX}{X + D}$$

a_1X : Tasa de crecimiento de la población de presas. a_1 es la tasa de crecimiento per cápita.

$-b_1X^2$: Término de autoconsumo o competencia intraespecífica. A medida que X aumenta, este término representa la competencia entre las presas por recursos limitados.

$-\frac{\omega YX}{X+D}$: Tasa de depredación por los depredadores Y, incluyendo un término de saturación. Cuando la población de presas X es muy alta, la eficiencia de los depredadores para capturar presas se reduce.

2. Ecuación de la Población de Depredadores

$$\frac{dY}{dt} = -a_2Y + \frac{\omega_1 YX}{X + D_1} - \frac{\omega_2 Y^2 Z}{Y^2 + D_2^2}$$



Grecia Pérez Mar

$-a_2Y$: Tasa de mortalidad natural de los depredadores. a_2 es la tasa de mortalidad per cápita.

$\frac{\omega_1 Y X}{X + D_1}$: Tasa de crecimiento de los depredadores debido a la caza de presas. Este término también incluye saturación.

$-\frac{\omega_2 Y^2 Z}{Y^2 + D_2^2}$: Tasa de depredación por los superdepredadores Z que cazan los depredadores Y . Este término incluye saturación en el caza de depredadores.

3. Ecuación de la Población de Superdepredadores

$$\frac{dZ}{dt} = cZ^2 - \frac{\omega_3 Z^2}{Y + D^3}$$

cZ^2 : Tasa de crecimiento de la población de superdepredadores. Este término podría representar una dinámica más compleja, como una reproducción acelerada a niveles altos de Z .

$-\frac{\omega_3 Z^2}{Y + D^3}$: Tasa de depredación de superdepredadores debida a la caza de depredadores Y . Este término también incluye saturación, indicando que a altas densidades de Y , la tasa de consumo de Z se estabiliza.

Modelo con tres Stocks: Dos depredadores y una presa en Vensim

Paso 1: Stocks.

Para este modelo, como se puede apreciar en el sistema de ecuaciones, existen tres Stocks (X , Y y Z), por lo tanto, se harán estos Stocks especificando que representa cada uno para facilitar la elaboración, ya que este modelo cuenta con más componentes.

Grecia Pérez Mar

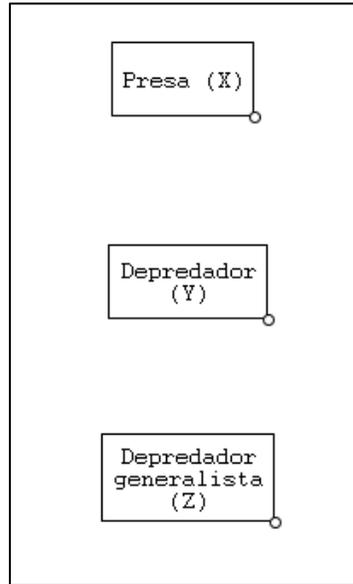
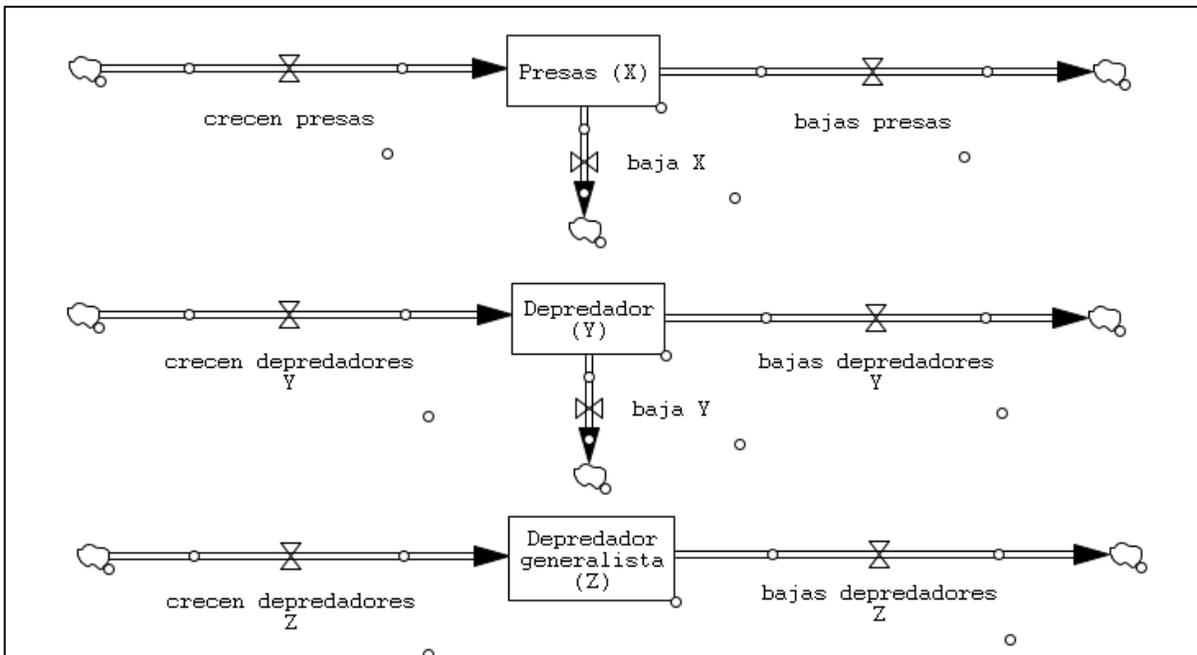


Figura 1. Stocks de Presa (X), Depredador (Y) y Depredador generalista (Z).

Paso 2. Flujos

El Stock de Presa (X) cuenta con un flujo de entrada y dos flujos de salida, lo mismo sucede con el Stock de Depredador (Y), mientras que el Stock de Depredador generalista (Z) cuenta con un flujo de entrada y un flujo de salida.



Grecia Pérez Mar

Figura 2. Flujos de entrada y salida con sus respectivos Stocks.

Paso 3. Componentes del modelo.

Colocar los componentes con la opción de “Variables” lo más próximo al flujo con el que se encuentre relacionado. Los componentes de este modelo son: “tasa de auto-reproducción (a1)”, “tasa máxima de remoción per cápita (w)”, “intensidad de la competencia (b1)”, “densidad de la población (D)”, “valor máximo de tasa de ganancia (w1)”, “densidad de media ganancia (D1)”, “w2”, “D2”, “tasa de hambruna (a2)”, “tasa per cápita de auto-reproducción (c)”, “constante de semi-saturación (D3)” y “w3”.

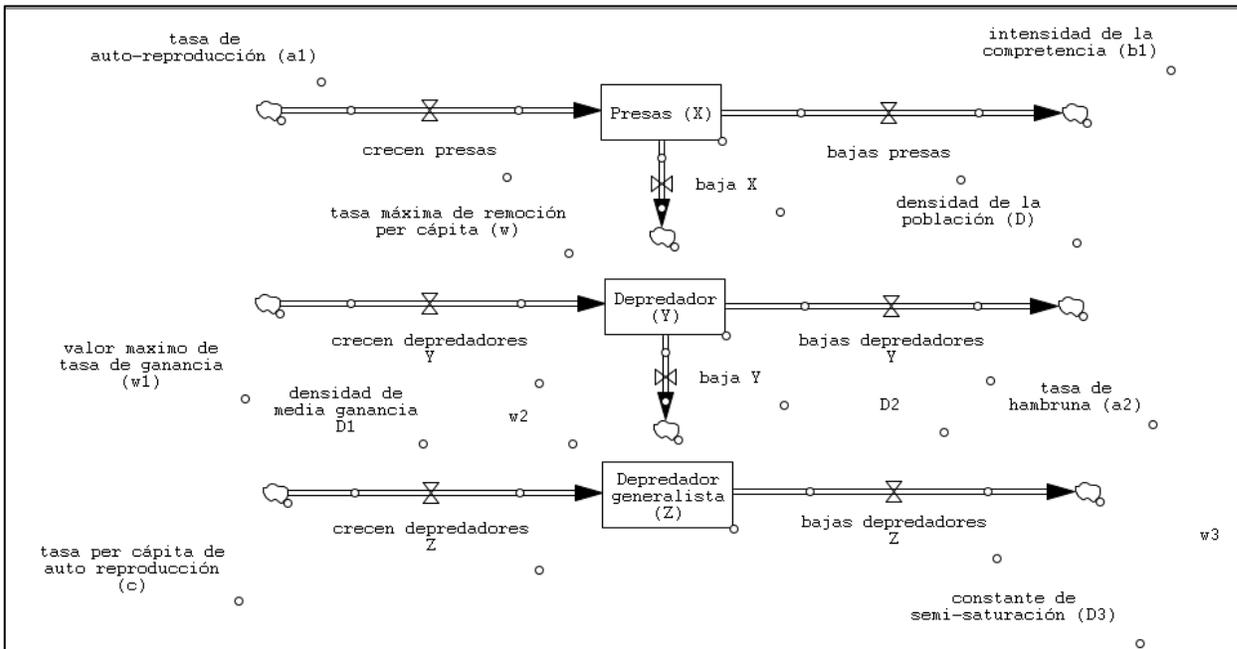


Figura 3. Modelo con componentes incluidos.

Paso 4. Flechas.

Con la función de “Flechas” establecer las conexiones de los parámetros de acuerdo con la relación establecida en cada una de las ecuaciones del modelo.

Grecia Pérez Mar

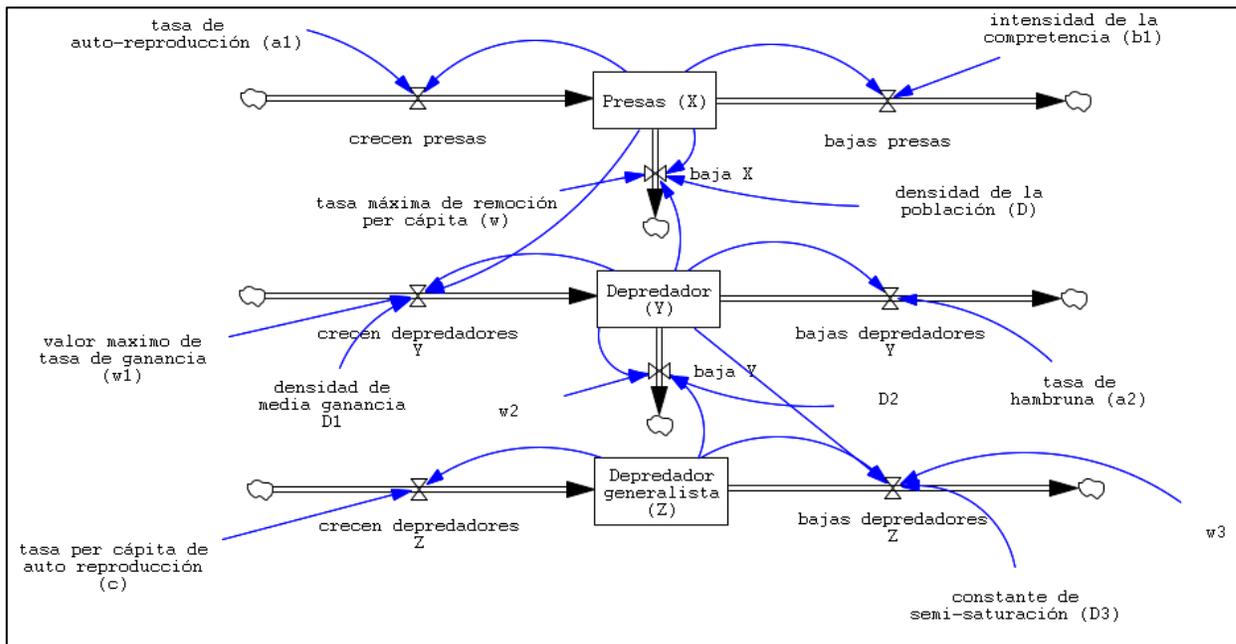


Figura 4. Modelo con las conexiones establecidas de acuerdo con las ecuaciones

Paso 5. Ecuaciones.

Con la función de "Ecuaciones" establecer los valores y las ecuaciones correspondientes.

- Stocks
 - **Presas (X)** = Valor inicial: 30
 - **Depredador (Y)** = Valor inicial: 20
 - **Depredador generalista (Z)** = Valor inicial: 8
- Flujos
 - ❖ Presas (X):
 - **crecen presas** = "Presas (X)"* "tasa de auto-reproducción (a1)"

$$a_1 X$$
 - **bajas presas** = "intensidad de la competencia (b1)"* ("Presas (X)"^2)

$$b_1 X^2$$



Grecia Pérez Mar

- **baja X** = ("tasa máxima de remoción per cápita (w)"*"Depredador (Y)"*"Presas (X)"/("Presas (X)"+"densidad de la población (D)")

$$\frac{\omega Y X}{X + D}$$

❖ Depredador (Y):

- **crecen depredadores Y** = ("valor máximo de tasa de ganancia (w1)"*"Depredador (Y)"*"Presas (X)"/("Presas (X)"+"densidad de media ganancia D1)

$$\frac{\omega_1 Y X}{X + D_1}$$

- **bajas depredadores Y** = "Depredador (Y)"*"tasa de hambruna (a2)"

$$a_2 Y$$

- **baja Y** = (w2*("Depredador (Y)"^2)*"Depredador generalista (Z)"/(("Depredador (Y)"^2)+(D2^2))

$$\frac{\omega_2 Y^2 Z}{Y^2 + D_2^2}$$

❖ Depredador (Z):

- **crecen depredadores Z** = "tasa per cápita de auto reproducción (c)"*("Depredador generalista (Z)"^2)

$$c Z^2$$

- **bajas depredadores Z** = (w3*("Depredador generalista (Z)"^2)/("Depredador (Y)"+"constante de semi-saturación (D3)")

$$\frac{\omega_3 Z^2}{Y + D^3}$$

• Componentes

- **constante de semi-saturación (D3)** = 20

- **D2** = 10

Grecia Pérez Mar

- *densidad de la población (D)* = 10
- *densidad de media ganancia D1* = 10
- *intensidad de la competencia (b1)* = 0.05
- *tasa de auto-reproducción (a1)* = 2
- *tasa de hambruna (a2)* = 1
- *tasa máxima de remoción per cápita (w)* = 1
- *tasa per cápita de auto reproducción (c)* = 0.0257
- *valor máximo de tasa de ganancia (w1)* = 2
- *w2* = 1.45
- *w3* = 1

Paso 6. Simulación

Simular el modelo para poder observar el comportamiento de las poblaciones.

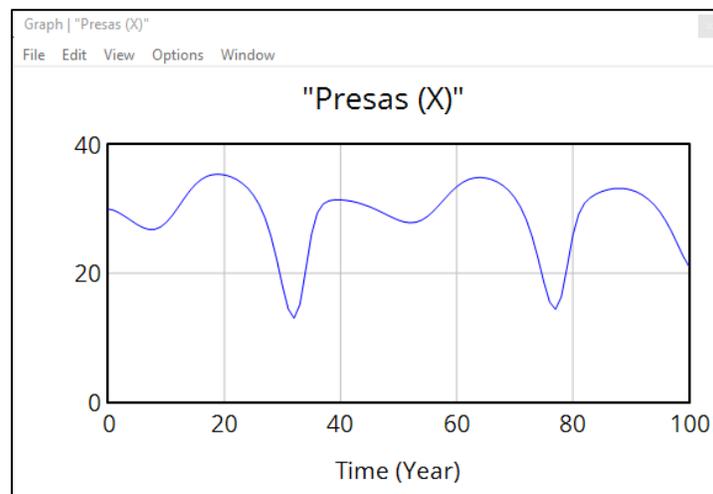


Figura 5. Comportamiento de las Presas (X)

La gráfica muestra que la población de Presas (X) en presencia de un depredador especialista y un generalista experimenta oscilaciones complejas y no perfectamente periódicas. La saturación de presas y la competencia intraespecífica juegan un papel crucial en la estabilización de la población. La interacción entre los dos tipos de depredadores añade una capa adicional de complejidad, suavizando

Grecia Pérez Mar

las oscilaciones extremas y contribuyendo a la estabilidad a largo plazo de la población de presas.

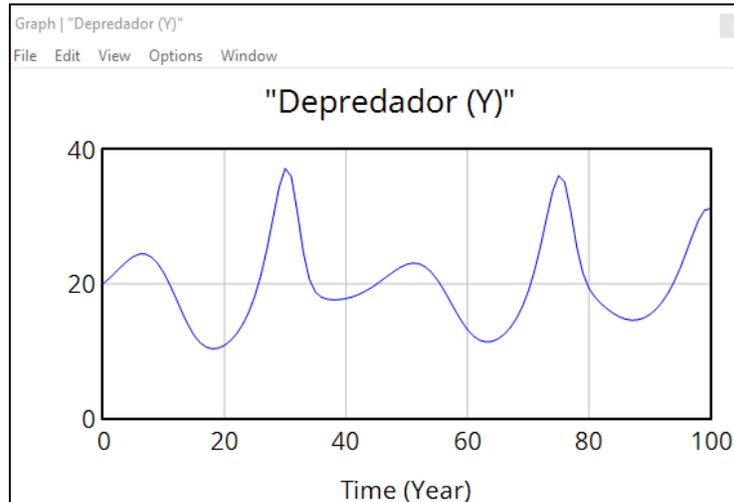


Figura 6. Comportamiento de la población de Depredador (Y).

La gráfica muestra que la población del Depredador (Y) experimenta oscilaciones cíclicas que están influenciadas por la disponibilidad de presas. La saturación de presas juega un papel crucial en la estabilización de la población de depredadores al limitar su capacidad de crecimiento cuando las presas son abundantes.

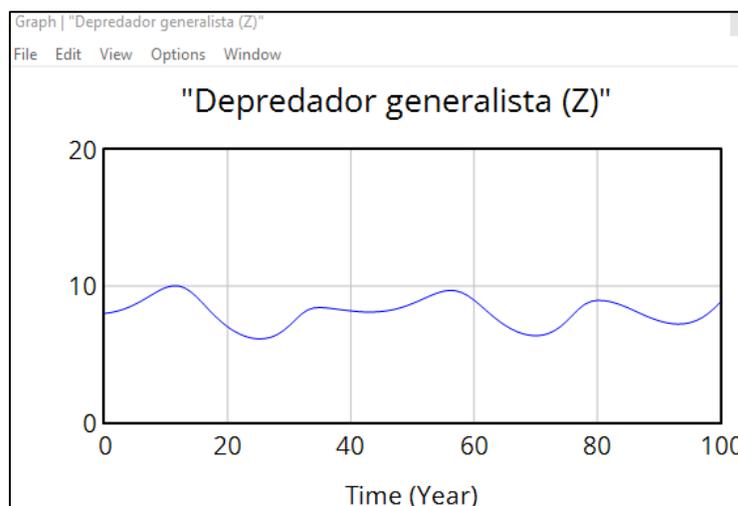


Figura 7. Comportamiento de población del Depredador generalista (Z).

Grecia Pérez Mar

La gráfica del depredador generalista (Z), muestra una población que oscila suavemente alrededor de un valor medio estable. Esto refleja la menor dependencia de este depredador de la población de presas (X), ya que puede adaptarse a otras fuentes de alimento. La estabilidad en la población del depredador generalista contrasta con las oscilaciones más pronunciadas observadas en la población del depredador (Y) y las presas (X), destacando las ventajas adaptativas de una dieta diversificada en mantener la estabilidad poblacional a largo plazo.

Para poder comparar el comportamiento de las tres poblaciones en una misma gráfica, dar clic en la herramienta “Mostrar la ventana del panel de control”, seleccionar “Gráficos personalizados” y después dar clic en “Nuevo”. Se abrirá una ventana y en la parte de abajo, en el apartado de “Variables” seleccionar los tres Stocks a comparar.

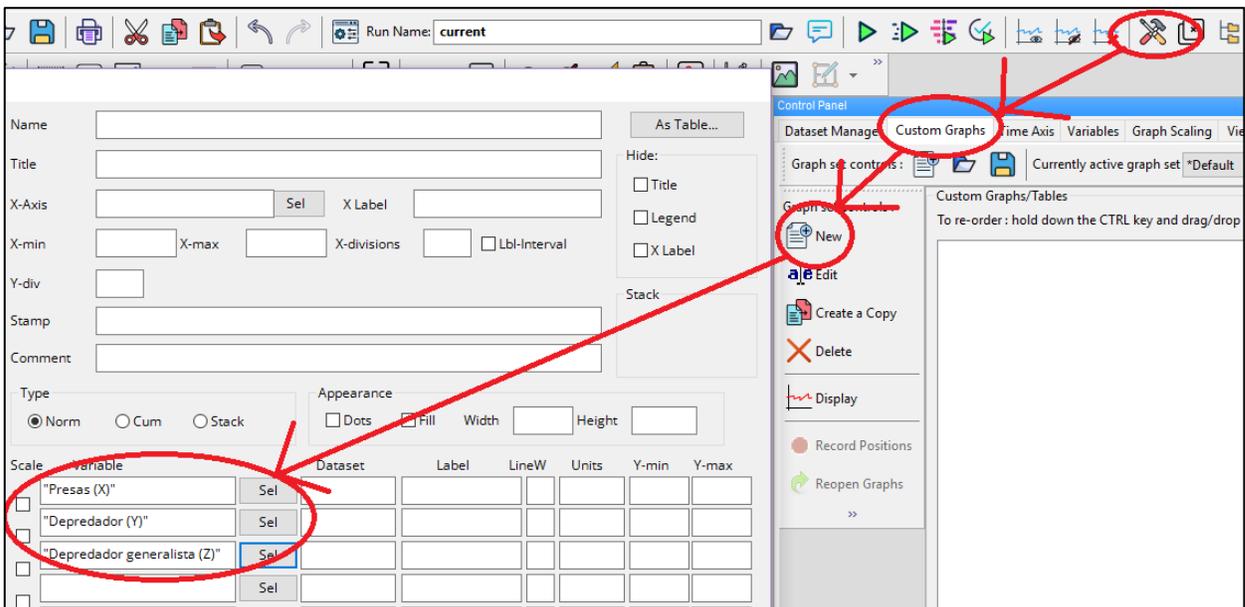


Figura 8. Ventanas de gráficos personalizados.

Grecia Pérez Mar

Una vez realizado lo anterior, aparecerá una opción “GRAPH”, dar clic derecho en esta opción y seleccionar la opción de “Mostrar”. Aparecerá la gráfica personalizada con las tres poblaciones a comparar.

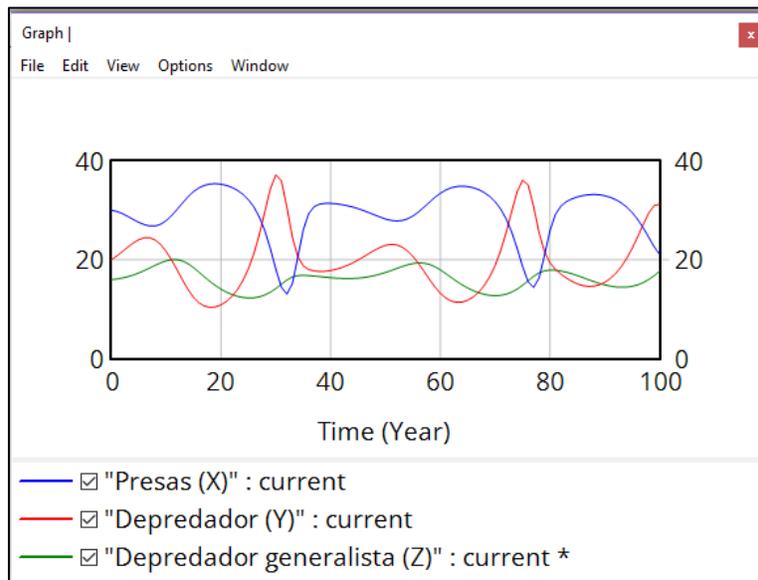
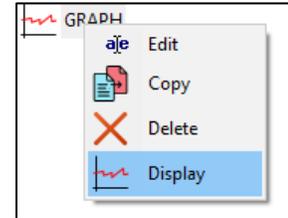


Figura 9. Gráfica comparativa.

La gráfica comparativa muestra cómo las poblaciones de presas, depredadores especialistas y depredadores generalistas interactúan en un ecosistema. La población de presas y el depredador especialista exhiben oscilaciones significativas y están estrechamente interrelacionadas, mientras que la población del depredador generalista se mantiene más estable gracias a su dieta diversificada. Esta estabilidad del depredador generalista puede contribuir a la estabilidad general del ecosistema, amortiguando las fluctuaciones extremas en las otras poblaciones.

Preguntas:

- ¿Qué ocurre con la población de los depredadores cuando la población de presas disminuye? ¿Cómo se refleja esto en la gráfica?



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA
CARRERA DE BIOLOGÍA

Grecia Pérez Mar

- ¿Cómo afectaría aumentar o disminuir la "tasa de hambruna (a_2)" en la población de los depredadores? ¿Qué esperarías que ocurriera si se ajusta este parámetro?
- ¿Qué cambios en los parámetros del modelo podrían estabilizar las fluctuaciones de la población de presas?
- ¿Cómo podrías ajustar el modelo para minimizar la hambruna en los depredadores Y sin afectar negativamente a la población de presas?

(Carrasco-Gutiérrez, L. (2021) Implementación de modelos presa-depredador en enjambres de robots móviles. [Tesis grado maestría] Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.)