

El juego del Mamut II - Condenados por la Densidad

ABSTRACT

Condenados por la Densidad es el segundo capítulo de la serie Mammoth Game. Este modelo sistémico introduce un nuevo ciclo de retroalimentación de balance impulsado por la densidad poblacional. A medida que los mamuts se multiplican, aumentan la competencia, la transmisión de enfermedades y el agotamiento de recursos, lo que provoca un incremento drástico en las muertes. El modelo resalta la paradoja del crecimiento: el éxito de una especie puede detonar su propio colapso. Al simular estas dinámicas, exploramos los límites sistémicos de la expansión y las consecuencias no intencionadas de rebasar umbrales ecológicos.

 Oasis Incubadora de Negocios en Línea.	Autores: Pedro Dagoberto Almaguer Prado pedro@oasis-io.com +52(81)17588310 Ramiro Luis Almaguer Navarro ramiro@oasis-io.com +52(81)43966945 https://oasis-io.com
---	--

Mayo 27, 2025

Palabras clave

dinámica poblacional, nacimientos, muertes, mamuts, sistema dinámico, modelo básico, pensamiento sistémico, simulación en línea, aprendizaje activo.

Tabla de contenidos:

	INTRODUCCIÓN.....	5
	ALTA DEL MODELO	5
	CONFIGURACIÓN DEL MODELO	7
	Diagrama de Ciclos Causales (CLD).....	8
	Estructura del Modelo: De los Ciclos a la Simulación.....	8
	Sector de Políticas: Diseño de Intervenciones y Parámetros de Control.....	9
	Inserción de primitivas en el modelo	9
	Variable: Birth Rate Normal	11
	Variable: Death Rate Normal.....	12
	Sector: Dinámica Poblacional	14
	Primitiva: Stock - Mammoth.....	14
	Primitiva: Variable – Birth Rate Actual	14
	Flujo –Birth Flow	14
	Cómo agregar flujos al modelo	15
	¿Cuándo y cómo definir un biflujo?	16
	Variable: Area.....	16
	Variable: Density Ratio.....	16
	Variable: Density Effect	17
	Variable: Density Switch	18
	Variable: Death Rate Actual	18
	Flujo: Death Flow.....	19
	Variable: Max Pop	19
	Variable: Min Pop	19
	Modelo completo del juego del mamut II	20
	Sección: Resultados del Modelo	21
	Introducción general	21
	Escenario 1: Sin intervención — Estado estable	21
	Escenario 2 – Activación de <i>Birth Policy</i>	22
	Escenario 3 – Activación conjunta de <i>Birth Policy</i> y <i>Density Switch</i>	22
	Escenario 4 – Activación total: <i>Birth Policy</i> , <i>Density Switch</i> y <i>Death Policy</i>	23
	Reflexión general sobre los escenarios	24

 Configuración de Gráfica/Tabla.....	25
 Storytelling del Modelo	26
 Conclusión	27
Referencias.....	27

Tabla de figuras:

Figure 1: Alta del modelo "El juego del Mamut".	5
Figure 2: Configuración de la simulación para el modelo "El juego del Mamut"	7
Figure 3: Diagrama de Ciclos Causales (CLD) del modelo. Se destacan los ciclos de refuerzo y balanceo que intervienen en la dinámica poblacional de los mamuts.	8
Figure 4: Estructura de existencias y flujos del modelo Mammoth Game II, integrando los ciclos de retroalimentación de nacimientos, muertes y densidad poblacional.	9
Figure 5: Menú contextual para insertar primitivas en el canvas.	11
Figure 6: Menú superior del canvas para activar flujos, dibujar ligas y cambiar su dirección.	15
Figure 7: Cómo dibujar flujos desde un stock activando el modo "Flows" y arrastrando desde el círculo central del stock.	15
Figure 8: Efecto no lineal de la densidad poblacional sobre la tasa de mortalidad del mamut. .	17
Figure 9: Vista general del modelo completo con sus componentes, conexiones y personalización visual.	20
Figure 10: Escenario base: dinámica poblacional estable de mamuts sin intervención.	21
Figure 11: Gráfico del Escenario 2: Activación de Birth Policy, que incrementa la tasa de nacimientos en un 40%. Se observa un crecimiento exponencial de la población de mamuts...	22
Figure 12: Gráfico del Escenario 3: Activación conjunta de Birth Policy y Density Switch. El efecto de densidad frena el crecimiento exponencial y estabiliza la población de mamuts.	23
Figure 13: Gráfico del Escenario 4: Activación total de políticas. El crecimiento de la población se frena casi por completo debido a la combinación de efectos de densidad y aumento en la tasa de muertes.	24
Figure 14: : Configuración personalizada de la gráfica que muestra la dinámica poblacional y los efectos de las políticas a lo largo del tiempo.	25
Figure 15:  Paso 1: "Tablero limpio: el punto de partida"	26
Figure 16:  Paso 2: "Dinámica básica: nacimientos, muertes y población"	26
Figure 17:  Paso 3: "Políticas y límites: el poder de intervenir"	26
Figure 18:  Paso 4: "Efecto densidad: la retroalimentación invisible"	26

INTRODUCCIÓN

¿Por qué algunas especies colapsan después de prosperar? En *Condenados por la Densidad*, retomamos la dinámica básica del juego original—ciclos de nacimientos y muertes—y agregamos un nuevo elemento clave: la densidad poblacional. Con más mamuts en el mismo espacio, aumentan los conflictos territoriales, se propagan enfermedades con mayor rapidez y los alimentos escasean. Estas presiones impulsadas por la densidad conforman un ciclo de balance que eleva la mortalidad conforme crece la población. A través de este modelo, revelamos comportamientos sistémicos que transforman la abundancia en amenaza, mostrando cómo la retroalimentación interna—y no los depredadores externos—puede ser el principal motor de la extinción.

ALTA DEL MODELO

En esta sección se definen los metadatos esenciales del modelo, incluyendo el título, una breve descripción y etiquetas (tags) clave. Estos elementos permiten **identificar, clasificar y compartir el modelo** dentro del simulador en línea, facilitando su uso en **entornos educativos, análisis colaborativos y procesos de documentación**. Su correcta definición es crucial para promover el acceso abierto, la reutilización y la comprensión del modelo por parte de otros usuarios.

Edit Insight Information



Insight title

Mammoth game with population density effect

Tags (optional)

Ecology

Population

Environment

Description (optional)

A system dynamics model showing how rising population density in mammoths leads to increased deaths from conflict, disease, and food scarcity—



PUBLIC INSIGHT



PRIVATE INSIGHT

CANCEL

SAVE

Figure 1: Alta del modelo "El juego del Mamut".

✓ Título

El juego del Mamut II - Condenados por la Densidad

✓ Etiquetas sugeridas (*en ambos idiomas*):

#población	#population
#mamuts	#mammoths
#simulación	#simulation
#modeloBásico	#basicModel
#sistemasDinámicos	#dynamicSystems
#nacimientos	#births
#muertes	#deaths
#educación	#education
#introductorio	#introductory
#modelado	#modeling
#pensamiento Sistémico	#systemsThinking
#simulación Online	#onlineSimulation

 Descripción breve del modelo

MAMMOTH GAME II explora cómo la sobrepoblación de mamuts genera su propia autodestrucción a través de nuevos mecanismos de mortalidad como peleas, enfermedades y escasez de recursos, revelando límites naturales al crecimiento.

CONFIGURACIÓN DEL MODELO

Esta sección define las reglas básicas que rigen el paso del tiempo y la forma en que se realizan los cálculos en el modelo. Establece parámetros como el punto de inicio, la duración total y la resolución temporal de la simulación. También incluye aspectos computacionales como el método de integración seleccionado y la granularidad de las actualizaciones. Estas configuraciones son clave para asegurar resultados coherentes y adaptar el comportamiento del modelo al contexto educativo o analítico deseado.

Simulation Time Settings

Basic Simulation Settings

Simulation start

1

Simulation length

30

Time Units

☐ Seconds

☐ Minutes

☐ Hours

☐ Days

☐ Weeks

☐ Months

☒ Years

Advanced Simulation Settings

Simulation time step

1

How long between simulation updates. Smaller values lead to more accurate but slower simulations.

Simulation algorithm

Euler's Method

Euler is faster but generally less accurate.

Simulation Interactivity

Pause interval

Optional: Pause the simulation each time interval

CANCEL

APPLY

Figure 2: Configuración de la simulación para el modelo “El juego del Mamut”.

Diagrama de Ciclos Causales (CLD)

En esta sección se presenta el Diagrama de Ciclos Causales (CLD), que revela la estructura de retroalimentación sobre la cual se construye el modelo. A través de ciclos de refuerzo y balanceo, se muestra cómo interactúan las dinámicas poblacionales, las tasas de natalidad y mortalidad, y la densidad poblacional, dando forma al comportamiento del sistema a lo largo del tiempo. El CLD ofrece una visión cualitativa general que permite identificar patrones sistémicos antes de entrar al modelo cuantitativo.

Density feedback loop (B2)

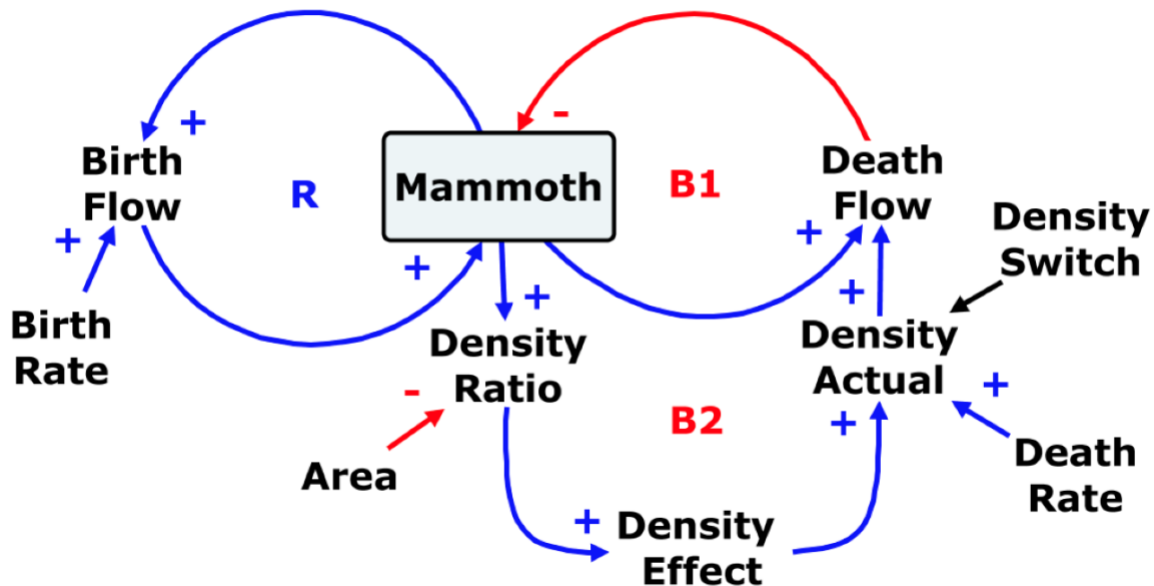


Figure 3: Diagrama de Ciclos Causales (CLD) del modelo. Se destacan los ciclos de refuerzo y balanceo que intervienen en la dinámica poblacional de los mamuts.

Estructura del Modelo: De los Ciclos a la Simulación

En esta sección se presenta la estructura de existencias y flujos que convierte los ciclos de retroalimentación del CLD en un modelo de simulación funcional. Se definen los componentes clave—acumuladores, flujos, variables y conectores—que representan cómo crece y decrece la población de mamuts a lo largo del tiempo. Esta estructura explicita los mecanismos de nacimientos, muertes y restricciones impulsadas por la densidad, permitiendo experimentar y probar políticas en un entorno dinámico.

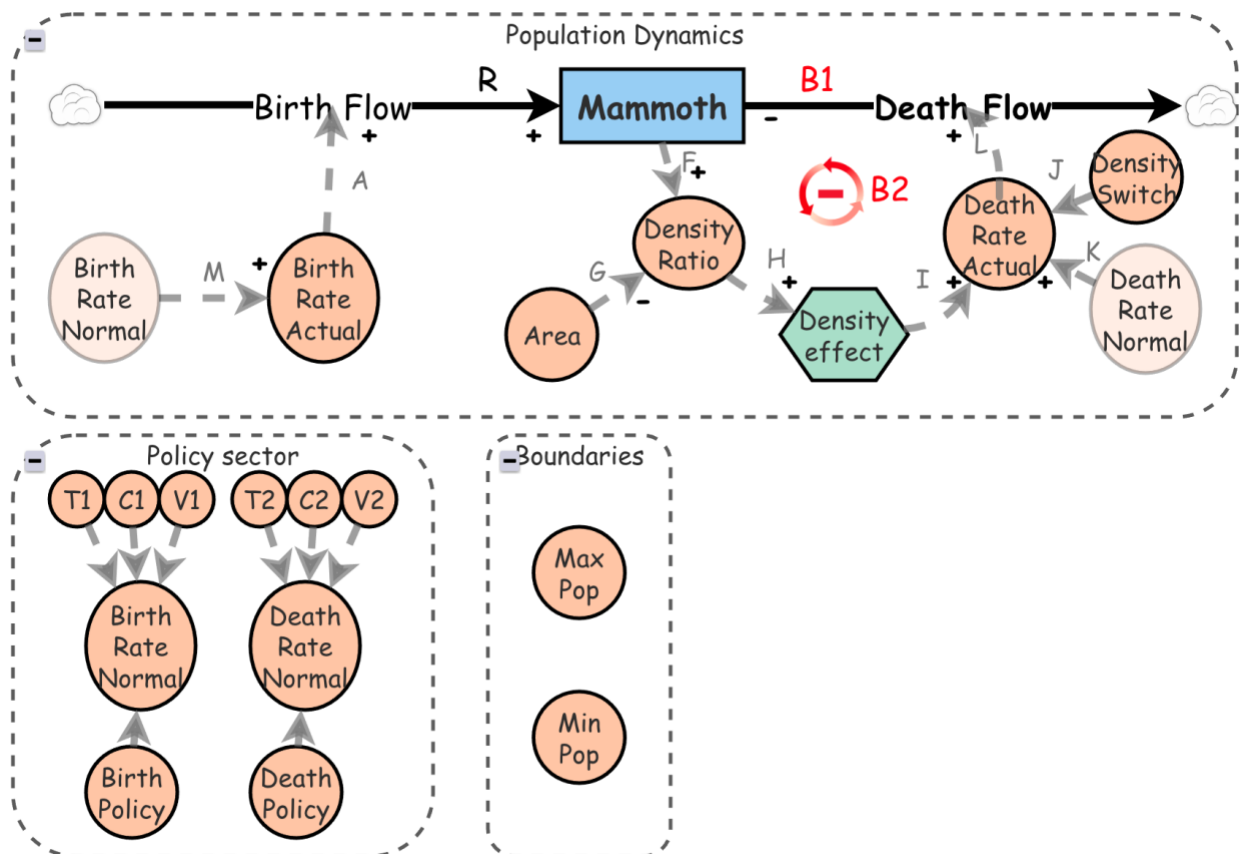


Figure 4: Estructura de existencias y flujos del modelo Mammoth Game II, integrando los ciclos de retroalimentación de nacimientos, muertes y densidad poblacional.

🔧 Sector de Políticas: Diseño de Intervenciones y Parámetros de Control

En esta sección se documentan las variables clave del **sector de políticas**, diseñado para permitir intervenciones estratégicas dentro del modelo. Estas variables representan mecanismos de control que modifican el comportamiento natural del sistema a lo largo del tiempo, facilitando el análisis de escenarios con o sin intervención. Al activar estas políticas, se pueden modificar parámetros fundamentales —como tasas de nacimiento o muerte— a partir de un momento específico, simulando medidas como programas de conservación, control de especies o restauración de hábitats. Este diseño flexible permite conectar estos efectos con otros sectores del modelo mediante referencias (*ghosts*) que canalizan su impacto hacia las variables dinámicas correspondientes.

⚙️ Inserción de primitivas en el modelo

Para comenzar a construir el modelo, el usuario debe posicionar el cursor en el centro del canvas (área de trabajo) donde se mostrará el diagrama. Al hacer clic derecho con el mouse, se despliega un cuadro de diálogo contextual que permite seleccionar e insertar diferentes

primitivos, es decir, los elementos básicos para componer modelos de simulación. Estos incluyen:

- **Stocks:** Acumuladores que representan cantidades o poblaciones, como los mamuts.
- **Variables auxiliares:** Elementos que calculan valores intermedios a partir de otras variables (por ejemplo, tasas de cambio).
- **Converters:** Componentes que transforman o escalan información (por ejemplo, pasar de porcentaje a valor absoluto).
- **States (Checkboxes):** Interruptores que permiten activar o desactivar condiciones o políticas durante la simulación.
- **Text box:** Cuadros de texto utilizados para anotar, titular o explicar partes del modelo directamente sobre el canvas.
- **Picture:** Imágenes insertadas para mejorar la comprensión visual, contextualizar o decorar el modelo.
- **Interactive buttons:** Botones interactivos que permiten ejecutar acciones específicas, como reiniciar o pausar la simulación.



Add Stock



Add Variable



Add Converter



Add Agent Populatic



Add State



Add Action



Add Text Box



Add Picture



Add Interactive Button

Figure 5: Menú contextual para insertar primitivas en el canvas.

Al hacer clic derecho sobre el área de trabajo, se despliega un cuadro de diálogo que permite insertar distintos elementos fundamentales del modelo, incluyendo acumuladores (stocks), variables auxiliares, convertidores, estados interactivos State (checkboxes), cuadros de texto, imágenes y botones interactivos. Esta herramienta facilita la construcción visual y funcional del modelo.



Variable: Birth Rate Normal

Unidad: 1/Year

Sector: Policies



Descripción:

La variable **Birth Rate Normal** define la tasa base de nacimientos para la especie modelada (por

ejemplo, mamuts o venados). Incorpora una política de intervención que permite modificar esta tasa a partir de un punto específico en el tiempo.

La fórmula utilizada es:

$$[V1] * (1 + \text{ifthenelse}([\text{Birth Policy}], 1, 0) * \text{STEP}([T1], [C1]/100))$$

V1: Tasa base de nacimientos. Valor: 0.2 (1/Year)

Birth Policy: Variable booleana (tipo *State*) que activa o desactiva la política. Valor inicial: false

T1: Tiempo en el cual se activa la política. Valor: 5 Años

C1: Porcentaje de cambio aplicado. Valor: 40 (unitless)

STEP([T1], [C1]/100): Función escalón que activa el cambio a partir del mes 5.

Si la política está activada (Birth Policy = true), a partir del mes 5 la tasa de nacimientos aumenta en un 40%, pasando de 0.2 a 0.28 (1/Year). Esto permite simular intervenciones como restauración de hábitats, mejora genética o reproducción asistida, y su impacto en la dinámica poblacional.



Nota:

Por convención, se utiliza el nombre **Birth Rate Normal** para indicar que esta variable debe ser conectada mediante un *Ghost* (fantasma) en el sector **Population Dynamics**, específicamente con la variable **Birth Rate Actual**. Esto facilita el diseño modular del modelo, permitiendo conectar de forma sencilla los efectos adicionales que influirán en la tasa real de nacimientos, como el impacto del sistema depredador-presa, la disponibilidad de alimento o el estrés poblacional. Por ejemplo, para incorporar el efecto del depredador, basta con multiplicar Birth Rate Normal por un factor adicional que represente dicho efecto. Esta estrategia promueve escalabilidad y flexibilidad para el desarrollo futuro del modelo.



Variable: Death Rate Normal

Unidad: 1/Año

Sector: Políticas



Descripción:

La variable **Death Rate Normal** define la tasa base de muertes para la especie modelada (por ejemplo, mamuts o venados). Incorpora un mecanismo de política que permite ajustar esta tasa a partir de un punto específico en el tiempo.

La fórmula utilizada es:

$$[V2] * (1 + \text{ifthenelse}([\text{Death Policy}], 1, 0) * \text{STEP}([T2], [C2]/100))$$

- **V2:** Tasa base de muertes. Valor: 0.20 (1/Año)
- **Death Policy:** Variable booleana (tipo *State*) que activa o desactiva la política. Valor inicial: false
- **T2:** Tiempo en el cual se activa la política. Valor: 5 Años
- **C2:** Porcentaje de cambio aplicado. Valor: 20 (adimensional)
- **STEP([T2], [C2]/100):** Función escalón que activa el cambio a partir del año 5.

Si la política está activada (**Death Policy = true**), a partir del año 5 la tasa de muertes aumenta en un 20%, pasando de 0.20 a 0.24 (1/Año). Esto permite simular intervenciones como aumento de la caza, enfermedades, degradación del hábitat o medidas de control poblacional, y su impacto en la dinámica de la población.



Nota:

Por convención, se utiliza el nombre **Death Rate Normal** para indicar que esta variable debe ser conectada mediante un *Ghost* (fantasma) en el sector **Population Dynamics**, específicamente con la variable **Death Rate Actual**. Esta última ya incorpora un cálculo preliminar del efecto de densidad poblacional sobre la mortalidad, a partir del valor normal definido aquí. Esto permite que el modelo crezca de forma modular, conectando posteriormente otras influencias como la dinámica depredador-presa, la disponibilidad de alimento (por ejemplo, pastizales) u otros factores ecológicos o humanos. Esta estrategia asegura escalabilidad y flexibilidad para el desarrollo progresivo del modelo.

Sector: Dinámica Poblacional

Este sector representa la estructura central del modelo: el comportamiento dinámico de la población de mamuts a lo largo del tiempo. Incluye los *stocks* de población, los flujos de nacimientos y muertes, y la integración de políticas y efectos ecológicos. Aquí es donde se visualiza el impacto de las decisiones y condiciones externas sobre el crecimiento, estabilización o colapso poblacional.

Primitiva: Stock - Mammoth

- ◆ **Nombre del stock:** Mammoth
- ◆ **Unidad de medida:** Mamuts
- ◆ **Valor inicial:** 80000
- ◆ **Control deslizante (slider):**
 - Mostrar slider: ☒ Desactivado
- ◆ **Descripción breve:**

Representa la población acumulada de mamuts en el ecosistema. Este valor se puede modificar para explorar distintos escenarios iniciales y analizar su impacto en la dinámica del sistema.

Primitiva: Variable – Birth Rate Actual

Variable: Birth Rate Actual

Unidad: 1/Año

Fórmula: [Birth Rate Normal]

Sector: Dinámica Poblacional

 Descripción:

La variable Birth Rate Actual representa la tasa de nacimientos efectiva en el modelo. Su valor inicial es igual a Birth Rate Normal, pero está diseñada como punto de integración para todos los efectos adicionales que influirán en los nacimientos a futuro. Entre estos se incluyen la dinámica depredador-presa, la disponibilidad de alimento (gestión de pastos), estrés poblacional y cualquier otra política o factor ambiental que se desarrolle.

 Nota:

Birth Rate Actual actúa como un nodo de acoplamiento modular. Todas las afectaciones que alteren el crecimiento poblacional deben concentrarse aquí, modificando este valor mediante factores multiplicativos o aditivos. Esto permite mantener un diseño ordenado, escalable y fácilmente modificable a medida que el modelo evoluciona.

Flujo –Birth Flow

- ◆ **Nombre del flujo:** Birth Flow
- ◆ **Tipo:** Flujo (Flow) – entrada al stock *Mammoth*
- ◆ **Fórmula:** [Mammoth]*[Birth Rate Actual]

◆ **Unidad de medida:** Mamuts/Año (*Mammoths/Year*)

◆ **Descripción breve:**

Este flujo representa la cantidad de mamuts que nacen cada año, calculada como el producto entre la población actual de mamuts y su tasa de natalidad. Alimenta directamente al stock *Mammoth* y modela el crecimiento poblacional natural.

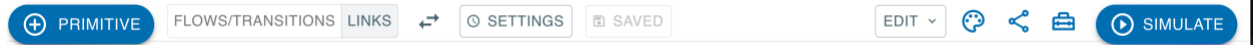


Figure 6: Menú superior del canvas para activar flujos, dibujar ligas y cambiar su dirección.

🕒 Cómo agregar flujos al modelo

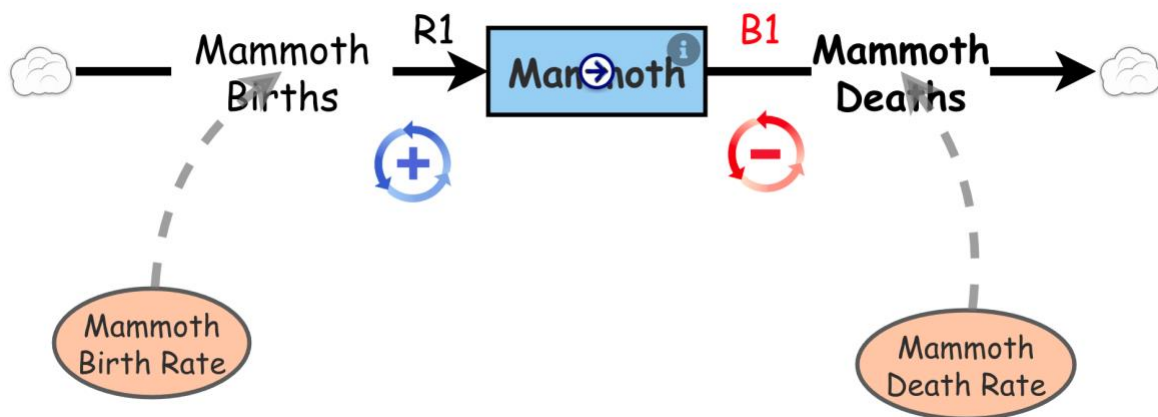


Figure 7: Cómo dibujar flujos desde un stock activando el modo "Flows" y arrastrando desde el círculo central del stock.

Es importante aclarar que los **flujos** (*flows*) no son un tipo de primitiva independiente como lo son los *stocks*, *variables* o *converters*. En cambio, los flujos se integran directamente al diagrama utilizando herramientas del menú.

Para agregar un flujo al modelo:

1. Dirígete a la parte superior del *canvas* y selecciona la opción **Flows**.
2. Verás que aparece un pequeño **círculo blanco dentro del rectángulo** que representa un *stock*.
3. Coloca el cursor sobre ese círculo, **haz clic y arrastra con el mouse** hacia cualquier dirección desde el borde del *stock*.
4. Al soltar, se añadirá un flujo al modelo.

Si deseas **cambiar la dirección** del flujo (por ejemplo, de entrada a salida o viceversa), simplemente selecciona el ícono de **flechas** ubicado en la parte derecha del menú superior.

Este proceso permite construir dinámicas poblacionales claras, como los nacimientos y muertes de mamuts, que modifican directamente el stock de la población.

¿Cuándo y cómo definir un biflujo?

En algunos casos, un flujo puede representar tanto entradas como salidas dependiendo de las condiciones del modelo. A estos se les llama **biflujos** (*bidirectional flows*).

Para permitir que un flujo tome valores negativos (es decir, que también pueda restar del stock), es necesario **deseleccionar** la opción “**Only positive rate**”, ubicada en la parte derecha del canvas.

Esto habilita que la dirección del flujo pueda cambiar durante la simulación, haciendo que el modelo represente con mayor precisión fenómenos reversibles o compensatorios.

Variable: Area

Valor: 600000 (Acres)

Unidad: Acres

Sector: Dinámica Poblacional

Descripción:

La variable **Area** representa la extensión territorial disponible donde habita la población modelada (por ejemplo, mamuts). Este valor define los límites espaciales del ecosistema y puede influir en cálculos futuros relacionados con densidad poblacional, capacidad de carga, disponibilidad de alimento o territorio defendido.

Nota:

Aunque actualmente se utiliza como un valor constante, **Area** está preparada para ser modificada o conectada con políticas de conservación, cambios en el hábitat, o incluso eventos de fragmentación territorial. Esto permite expandir el modelo con nuevas dinámicas espaciales.

Variable: Density Ratio

Unidad: adimensional (sin unidades)

Sector: Dinámica Poblacional

Descripción:

La variable **Density Ratio** representa la densidad relativa actual de la población respecto a su densidad inicial al comienzo de la simulación. Se calcula mediante una fórmula normalizada que permite detectar variaciones proporcionales en la densidad del hábitat a lo largo del tiempo. Su expresión es:

$$([Mammoth] / [Area]) / (Fix([Mammoth]) / Fix([Area]))$$

- [Mammoth]: stock actual de mamuts.
- [Area]: superficie disponible (en acres).
- Fix(): función que extrae el valor inicial de una variable al comenzar la simulación.

Esta fórmula garantiza que, al inicio (cuando no hay políticas activas ni alteraciones en el ecosistema), el valor de **Density Ratio** sea exactamente **1**, ya que compara el valor actual con su estado base. De esta forma, cualquier desviación del valor 1 refleja un aumento o disminución relativa en la densidad del sistema.

Nota:

Este ratio normalizado sirve como entrada ideal para modelar efectos como presión ambiental, estrés por sobrepoblación, competencia por recursos o activadores de políticas adaptativas. Su diseño modular facilita escalar el modelo sin alterar su lógica base.

Variable: Density Effect

Unidad: adimensional

Sector: Population Dynamics

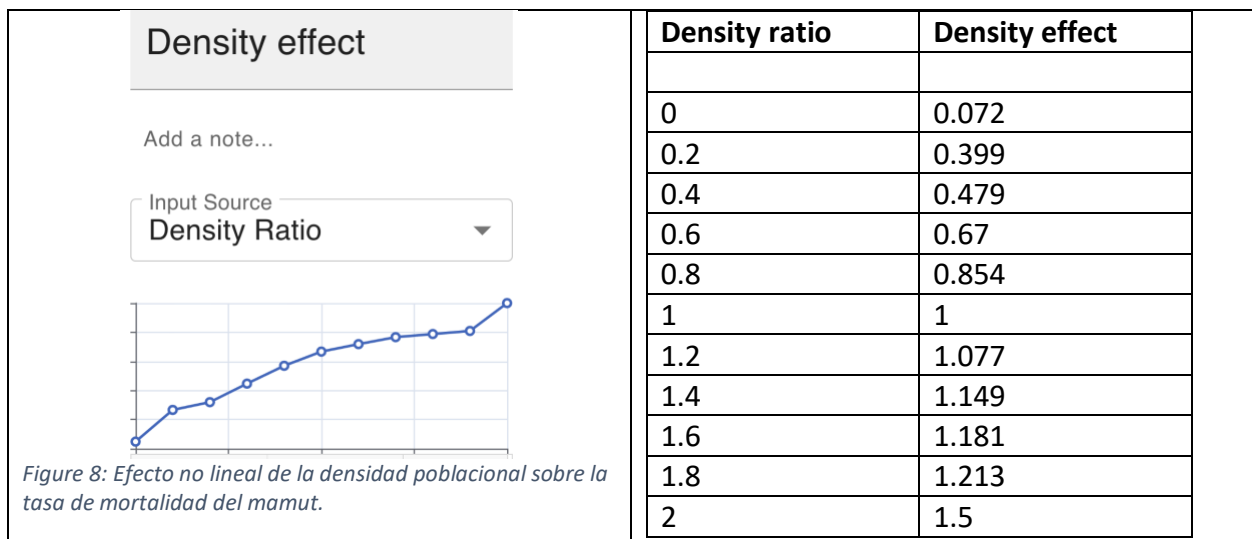
Tipo: Convertidor no lineal (gráfico)

Descripción:

La variable Density Effect representa el impacto relativo de la densidad poblacional sobre la tasa de mortalidad del mamut. Este efecto se calcula como una función no lineal del Density Ratio, permitiendo que el modelo exprese dinámicamente cómo cambios en la densidad afectan el estrés poblacional, competencia por recursos o vulnerabilidad ante amenazas externas.

La función se define mediante un gráfico que traduce el Density Ratio en un factor multiplicativo que ajusta la Death Rate Actual. Un valor de Density Effect superior a 1 indica que una mayor densidad incrementa la mortalidad, mientras que un valor inferior a 1 sugiere condiciones más favorables para la supervivencia.

Gráfico:



Nota:

Este enfoque modular permite una fácil integración de otras variables o efectos densodependientes en el futuro, como la capacidad de carga, la gestión territorial o cambios en el ecosistema.

Variable: Density Switch

Tipo: *State*

Unidad: *Boolean (true/false)*

Sector: Population Dynamics

 Descripción:

La variable *Density Switch* es un primitivo del tipo *State* que actúa como un interruptor para decidir si se considera o no el efecto de la densidad poblacional en el cálculo de la tasa real de mortalidad del mamut (*Death Rate Actual*). Su valor inicial es *false*, lo que implica que, por defecto, el efecto de densidad no se aplica y la mortalidad se calcula únicamente a partir de la tasa base o normal.

Cuando su valor se establece en *true*, se activa el impacto del *Density Effect*, una función no lineal que modula la mortalidad en función de la relación entre el número de mamuts y el área disponible. Esta lógica permite representar dinámicas de autorregulación ecológica como la sobrepoblación, el estrés ambiental o la escasez de recursos, afectando directamente la probabilidad de muerte.

La inclusión de esta política permite comparar escenarios con y sin regulación poblacional natural, fortaleciendo la capacidad del modelo para simular dinámicas más realistas y apoyar el análisis de intervenciones de manejo del hábitat.

Enables or disables the density effect on death rate. Default is false.

Variable: Death Rate Actual

Unidad: 1/Año

Sector: Dinámica Poblacional

 Descripción:

La variable *Death Rate Actual* representa la tasa de mortalidad efectiva de la población modelada. Su valor base es *Death Rate Normal*, pero esta fórmula incluye un mecanismo condicional que permite activar o desactivar el efecto de la densidad poblacional mediante el interruptor booleano *Density Switch*.

La fórmula es:

$\text{ifThenElse}([\text{Density Switch}], [\text{Death Rate Normal}] * [\text{Density effect}], [\text{Death Rate Normal}])$

- Si *Density Switch* es **true**, se aplica un factor correctivo (*Density effect*) basado en la densidad de la población, ajustando la tasa de mortalidad.
- Si es **false**, la tasa de mortalidad se mantiene constante como el valor normal.

Esta estructura permite modelar escenarios ecológicos más realistas, donde la densidad influye en la supervivencia (por ejemplo, debido a la competencia por recursos o estrés ambiental). Además, esta variable está diseñada para conectar en el futuro con otros efectos como depredación o escasez de recursos.

Flujo: Death Flow

Unidad: Mamuts/Año

Sector: Dinámica Poblacional

Descripción:

Death Flow representa el número de mamuts que mueren por año. Este flujo se calcula multiplicando el tamaño actual de la población (*Mammoth*) por la tasa efectiva de mortalidad (*Death Rate Actual*), la cual puede verse afectada por factores como la densidad de población o políticas activadas en el modelo.

Fórmula:

$[Mammoth] * [Death Rate Actual]$

Este flujo descarga mamuts del stock poblacional y permite observar cómo las condiciones del entorno afectan la supervivencia de la especie.

Variable: Max Pop

Unidad: Mamuts

Valor: 165,000 mamuts

Sector: Dinámica Poblacional

Descripción:

Max Pop define un valor de referencia fijo para representar el límite superior de la población de mamuts en las gráficas del modelo. Su único propósito es visual: ayuda a comparar visualmente el tamaño actual de la población con un umbral teórico máximo, facilitando el análisis de la capacidad de carga o el crecimiento potencial.

Variable: Min Pop

Unidad: Mamuts

Sector: Dinámica Poblacional

Valor: 75,000 mamuts

Descripción:

Min Pop representa un valor de referencia mínimo para mostrar en las gráficas del modelo. Sirve como límite inferior visual en los gráficos de población de mamuts, ayudando a identificar caídas significativas en la población respecto a un umbral crítico teórico o deseado.

Modelo completo del juego del mamut II

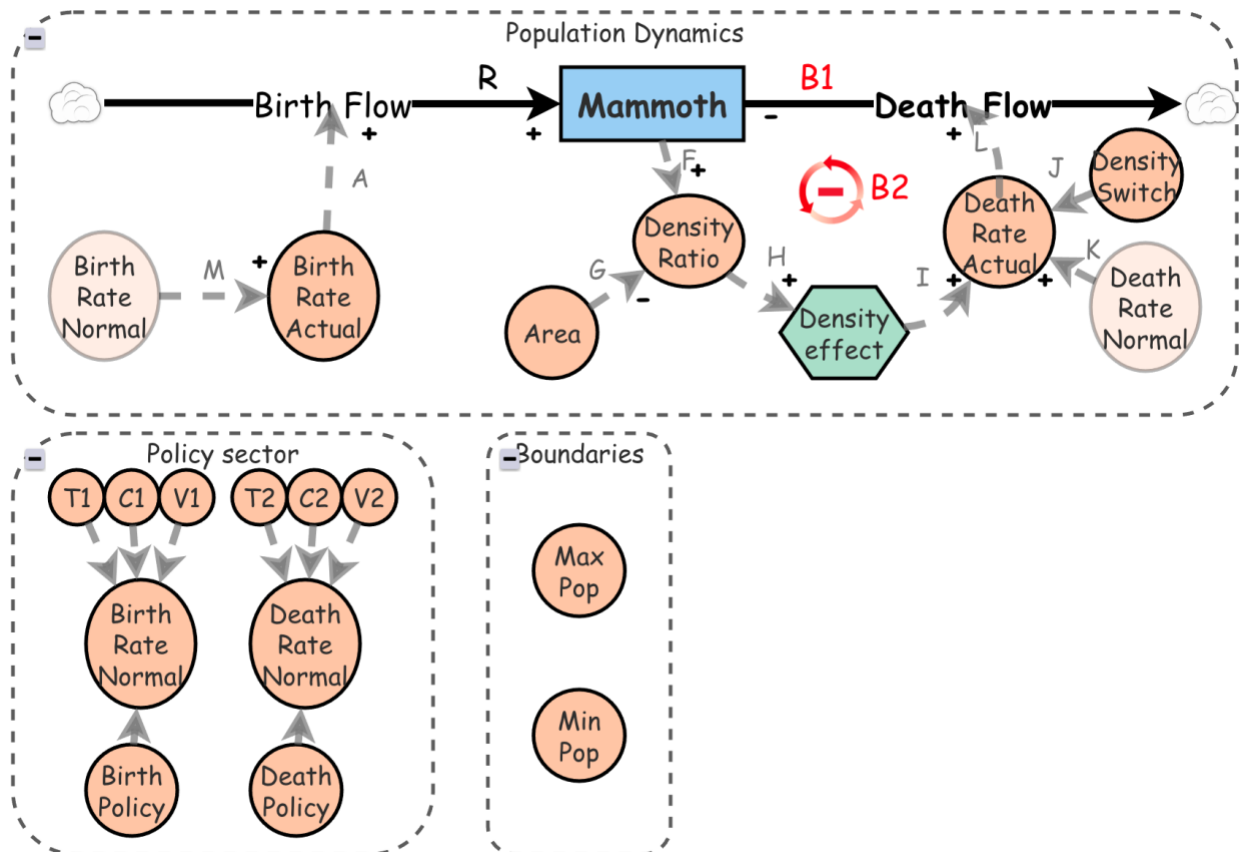


Figure 9: Vista general del modelo completo con sus componentes, conexiones y personalización visual.

Sección: Resultados del Modelo

Introducción general

Este modelo incluye tres políticas que pueden activarse para analizar diferentes escenarios de intervención sobre la población de mamuts:

- **Birth Policy:** permite incrementar la tasa de nacimientos a partir de un tiempo determinado.
- **Death Policy:** permite modificar la tasa de muertes (aumentándola o disminuyéndola) desde un punto específico en el tiempo.
- **Density Switch:** activa un mecanismo que ajusta la tasa de mortalidad según la densidad poblacional.

Cada política puede activarse o desactivarse de forma independiente, lo que permite explorar su impacto individual y combinado en la dinámica del sistema. A continuación se presentan distintos escenarios con combinaciones específicas de estas políticas.

Escenario 1: Sin intervención — Estado estable

Descripción:

En este escenario no se activa ninguna de las políticas disponibles. Es decir, se simula un entorno sin intervención humana, donde las tasas normales de nacimiento y muerte gobiernan la dinámica poblacional.

El resultado es un estado estable: la población de mamuts se mantiene constante a lo largo del tiempo, lo que sirve como referencia base para comparar los efectos de las políticas en los escenarios posteriores.



Figure 10: Escenario base: dinámica poblacional estable de mamuts sin intervención.

Escenario 2 – Activación de *Birth Policy*

En este escenario se activa únicamente la política denominada *Birth Policy*. Esta intervención tiene como objetivo aumentar la tasa normal de nacimientos en un 40%, a partir del año 5 de la simulación. Dado que no se modifica la tasa de muertes ni se aplica ningún efecto de densidad poblacional, el resultado es un crecimiento exponencial de la población de mamuts.

Este escenario ilustra cómo una intervención favorable —como un programa de reproducción asistida, mejora de hábitats o protección activa— puede detonar una dinámica de crecimiento rápido si no se equilibran otras variables del sistema.

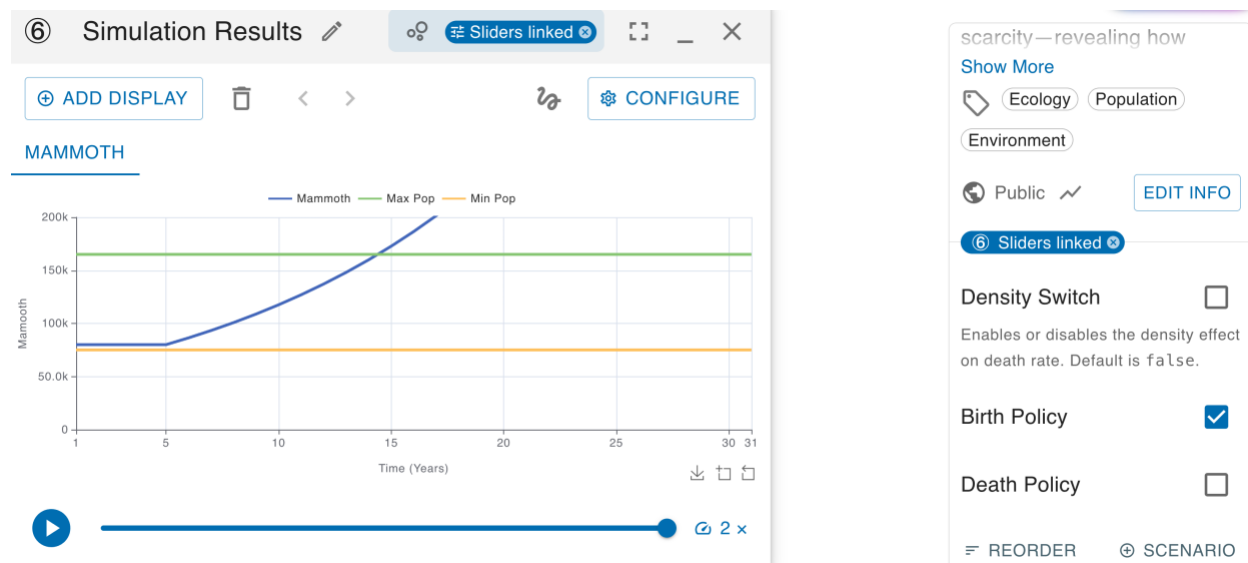


Figure 11: Gráfico del Escenario 2: Activación de *Birth Policy*, que incrementa la tasa de nacimientos en un 40%. Se observa un crecimiento exponencial de la población de mamuts.

Escenario 3 – Activación conjunta de *Birth Policy* y *Density Switch*

En este escenario se activan simultáneamente dos políticas: *Birth Policy* y *Density Switch*. La primera incrementa la tasa de nacimientos en un 40% a partir del año 5, mientras que la segunda habilita el efecto de la densidad poblacional sobre la tasa de muertes.

Inicialmente, la población de mamuts comienza a crecer de forma acelerada, tal como se observó en el escenario anterior. Sin embargo, conforme la densidad poblacional aumenta, entra en acción un **ciclo de balanceo**: el efecto de densidad comienza a elevar la tasa de muertes, frenando progresivamente el crecimiento exponencial. Eventualmente, la población alcanza un nuevo equilibrio, estabilizándose en una meseta sin necesidad de intervención adicional.

Este comportamiento emergente es clave para comprender dinámicas en otros sistemas complejos, como los negocios o los ecosistemas. ¿Qué pasaría si un emprendimiento creciera aceleradamente, pero factores como la saturación del mercado, el agotamiento de recursos o la

sobrecarga operativa activaran un efecto similar? Modelos como este permiten anticipar y planear con mayor inteligencia.

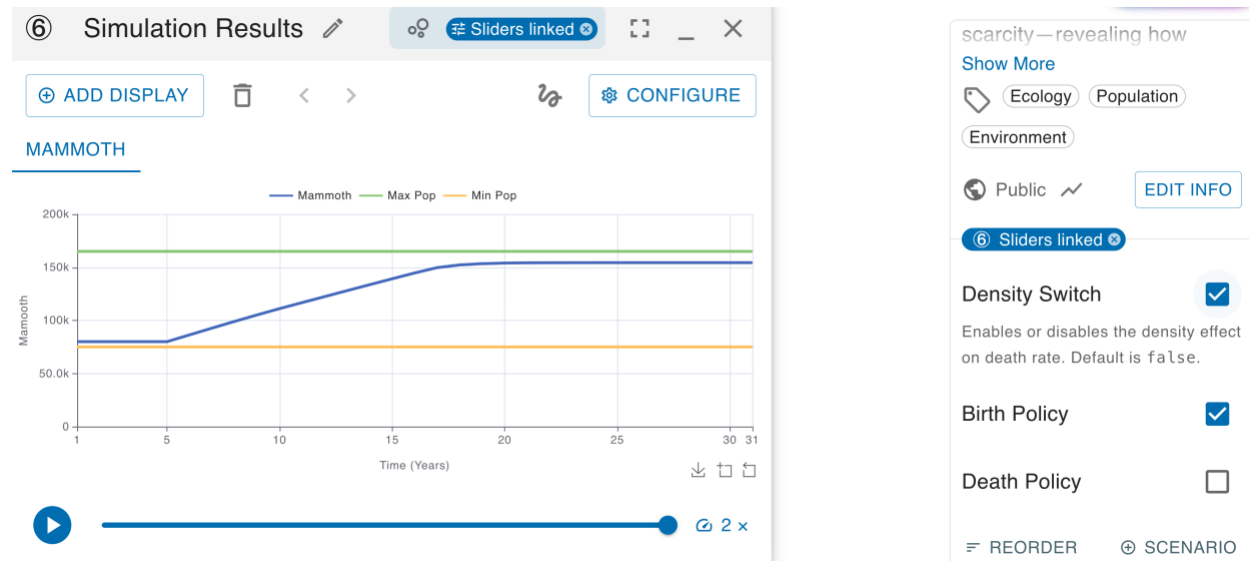


Figure 12: Gráfico del Escenario 3: Activación conjunta de Birth Policy y Density Switch. El efecto de densidad frena el crecimiento exponencial y estabiliza la población de mamuts.

Escenario 4 – Activación total: Birth Policy, Density Switch y Death Policy

En este último escenario se activan las tres políticas simultáneamente:

- **Birth Policy** incrementa la tasa de nacimientos en un 40% a partir del año 5.
- **Density Switch** activa el efecto de densidad, aumentando la tasa de muertes conforme la población crece.
- **Death Policy** introduce un incremento adicional 20% en la tasa de muertes, también a partir del año 5.

El resultado es un **freno casi total del crecimiento poblacional**. Aunque la política de nacimientos impulsa el crecimiento, los efectos combinados de la densidad y la política de muertes contrarrestan fuertemente este impulso. La población apenas logra aumentar y pronto se estabiliza en un nuevo equilibrio mucho más moderado.

Este escenario ilustra cómo **múltiples intervenciones simultáneas pueden generar efectos no lineales**. En el contexto de negocios o políticas públicas, aplicar muchas acciones correctivas al mismo tiempo puede llevar a resultados muy distintos a los esperados. Aquí, la sobrecompensación evita el crecimiento, aunque originalmente se buscaba aumentarlo.



Figure 13: Gráfico del Escenario 4: Activación total de políticas. El crecimiento de la población se frena casi por completo debido a la combinación de efectos de densidad y aumento en la tasa de muertes.

Reflexión general sobre los escenarios

Los cuatro escenarios presentados muestran cómo las **políticas públicas o de manejo** pueden generar efectos profundamente distintos según su diseño, momento de implementación y combinaciones.

- En el **Escenario 1**, sin ninguna intervención, el sistema se comporta de forma **estable**, alcanzando un equilibrio natural.
- En el **Escenario 2**, al activar solo la política de nacimientos, el sistema se desborda con un crecimiento **exponencial** que ignora límites y sostenibilidad.
- En el **Escenario 3**, el crecimiento inicial impulsado por los nacimientos es contenido por el efecto de la **densidad poblacional**, que introduce un **ciclo de balanceo** que estabiliza el sistema de forma más realista.
- Finalmente, en el **Escenario 4**, la combinación total de políticas muestra cómo el sistema puede volverse **excesivamente restrictivo**, eliminando casi todo crecimiento.

Este análisis ilustra una lección clave del pensamiento sistémico:

El comportamiento emergente de un sistema depende de las estructuras, ciclos y políticas que lo componen.

Diseñar intervenciones aisladas sin considerar sus interacciones puede ser tan riesgoso como no intervenir. En cambio, al entender los **ciclos de retroalimentación**, podemos construir políticas más efectivas y sostenibles.

Este tipo de simulación ofrece un laboratorio virtual donde explorar consecuencias de decisiones antes de implementarlas en el mundo real. En entornos como los negocios, la ecología o la salud pública, entender la dinámica del sistema puede ser la diferencia entre el éxito sostenido y el colapso inesperado.

📌 ¿Qué pasaría si aplicáramos estas lecciones a nuestras organizaciones o gobiernos? ¿Cómo cambia nuestra forma de intervenir si vemos los sistemas como redes vivas y no como máquinas lineales?

⚙ Configuración de Gráfica/Tabla

Las gráficas en el entorno de simulación pueden configurarse completamente. Es posible definir escalas en los ejes izquierdo y derecho, etiquetarlos, establecer límites mínimo y máximo, elegir los elementos a graficar e incluso cambiar el tipo de gráfica —por ejemplo, series de tiempo, dispersión (scatter plot), entre otros— según el tipo de análisis. Esta flexibilidad permite una interpretación más clara de la dinámica del modelo bajo distintos escenarios de política.

Chart/Table Configuration ×

TIME SERIES SCATTER PLOT TABLE AGENT MAP

Display title
Mammoth

Mammoth Max Pop Min Pop Primitives

☐ Add newly created primitives to the data

Chart Settings

☐ Show points ☒ Show lines ☐ Use areas

X-Axis ?

Label
Time (%u)

Min

Max

Y-Axis

Label
Mammoth

Min

0

×

Max

200

×

Secondary Y-Axis (optional)

Primitives

Label

Min

Max

CANCEL

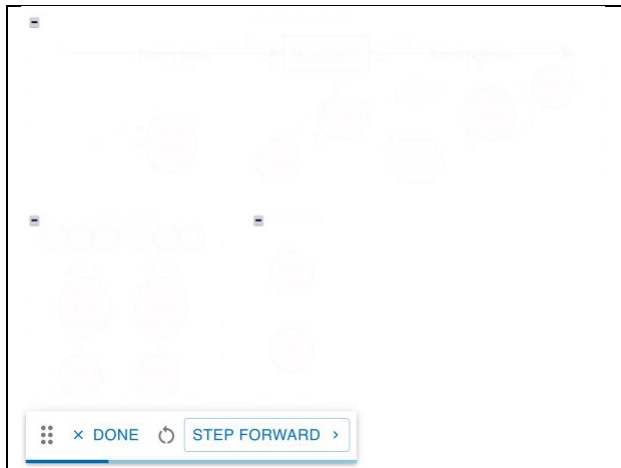
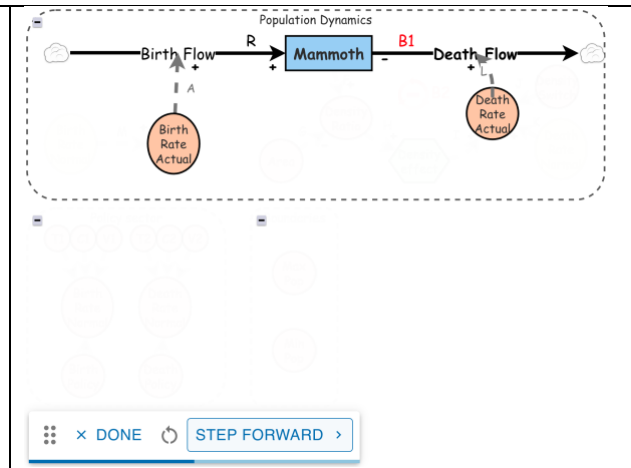
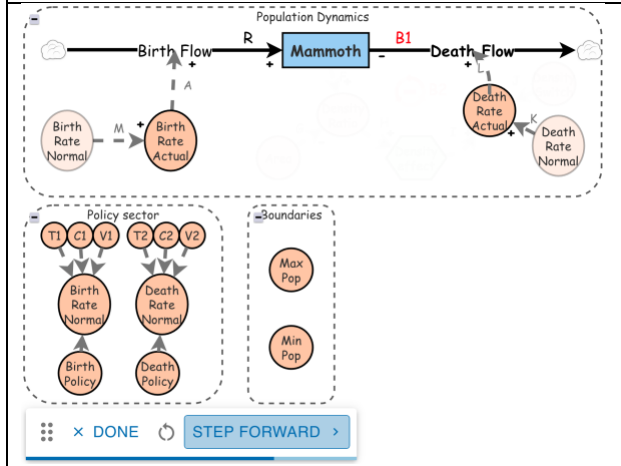
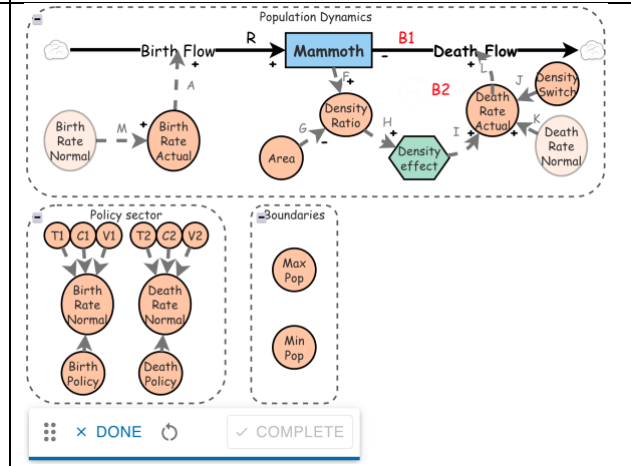
APPLY

Figure 14: : Configuración personalizada de la gráfica que muestra la dinámica poblacional y los efectos de las políticas a lo largo del tiempo.

Storytelling del Modelo

Este recorrido muestra cómo las políticas —como fomentar nacimientos o reducir muertes— interactúan con estructuras invisibles como la densidad poblacional para definir el destino de una especie. El renacimiento ficticio del mamut nos recuerda que actuar no es suficiente: hay que entender la estructura. Una lección aplicable a nuestras organizaciones, comunidades y gobiernos.

Tabla 1: "Del vacío a la comprensión: un viaje sistémico"

 Figure 15:  Paso 1: "Tablero limpio: el punto de partida"	 Figure 16:  Paso 2: "Dinámica básica: nacimientos, muertes y población"
Comenzamos con un lienzo en blanco, listos para construir una historia de evolución poblacional desde cero.	Modelamos los flujos esenciales que determinan el cambio: el nacimiento y la muerte dan forma al crecimiento.
 Figure 17:  Paso 3: "Políticas y límites: el poder de intervenir"	 Figure 18:  Paso 4: "Efecto densidad: la retroalimentación invisible"
Incorporamos decisiones de política y restricciones para observar su impacto en la dinámica poblacional.	Integramos cómo la densidad poblacional regula el sistema, revelando el papel de los ciclos de balanceo.

Conclusión

El modelo presentado muestra cómo la dinámica poblacional de una especie —en este caso, el mamut— puede cambiar drásticamente según las políticas aplicadas y su interacción con estructuras del sistema, como la densidad o los límites del entorno. Desde un crecimiento exponencial hasta un equilibrio autosostenido o incluso un estancamiento total, los distintos escenarios nos permiten visualizar las consecuencias de nuestras decisiones sobre sistemas complejos.

 **Reflexión integrada:** En la vida real —ya sea en ecosistemas, negocios, comunidades o países— las decisiones de política no operan en el vacío. Es su interacción con la estructura del sistema lo que determina su verdadero impacto. Este modelo no solo explica **qué** pasa, sino también **por qué** pasa y **cómo** podríamos intervenir de manera más efectiva.

Al integrar pensamiento sistémico y simulación dinámica, aprendemos a ver más allá de los síntomas para actuar sobre las causas profundas. Este enfoque no solo es útil en la ecología: también ilumina caminos para transformar organizaciones, prevenir crisis o diseñar estrategias sostenibles. En un mundo interdependiente, **la comprensión de los sistemas no es una opción, sino una necesidad estratégica.**

Referencias

The Mammoth Game:
The Shape of Change
The text of
Lesson 3: The Mammoth Game
From the books
The Shape of Change
and
The Shape of Change: Stocks and Flows
By Rob Quaden and Alan Ticotsky
With Debra Lyneis
Illustrated by Nathan Walker
Published by the Creative Learning Exchange
©May 2004 -2006
Prepared with the Support of
The Gordon Stanley Brown Fund
Based on work supported by
The Waters Foundation