Teller Vensim

Felipe Buitrago Betancourt

November 27, 2016

1 SIMULACIÓN DE MODELOS POBLACIONALES

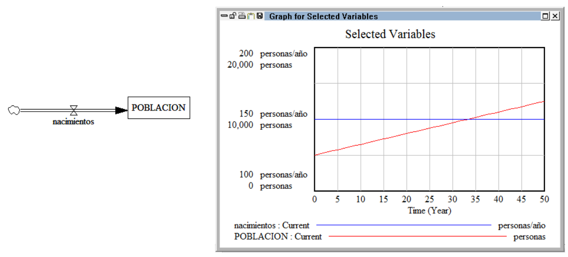
En esta práctica construiremos, simularemos y analizaremos diversos modelos simples que estudian el crecimiento de poblaciones, a través del programa Vensim PLE.

1.1 Flujos constantes

En primer lugar tenemos que crear el nivel llamado POBLACION. El tamaño de la población en cualquier momento es igual al número de personas que han entrado al nivel (a través de los nacimientos, inmigración, o cualquier otro proceso de entrada) hasta ese momento, menos las que han salido del nivel (por mortalidad, emigración, etc.) hasta ese momento.

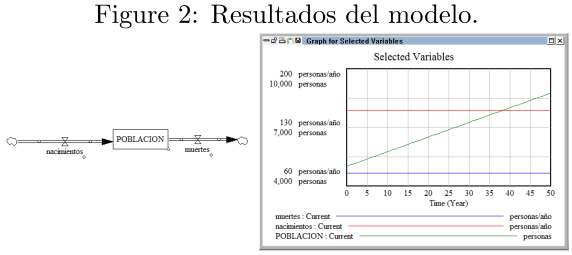
EJEMPLO 1. Un determinado pueblo tiene 5000 habitantes. Cada año, aproximadamente nacen 150 bebés. Nuestro objetivo es el de estimar la población en los próximos años.

Figure 1: Diagrama Causal y Resultados



EJEMPLO 2. Ahora necesitamos algo más de información sobre el pueblo. Nos hemos enterado que nacen 150 personas cada año, pero también mueren 75 personas cada año. Deseamos analizar la evolución de la población en los próximos años.

Figure 2: Resultados del modelo.

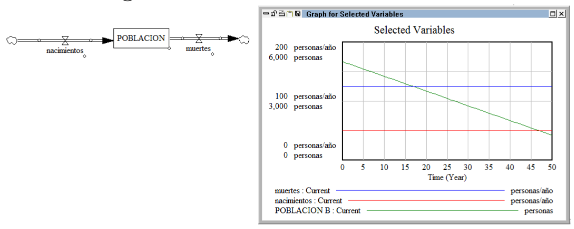


¿Por qué aumenta la población?. En el gráfico podemos ver que la línea correspondiente a los nacimientos está por encima de la línea correspondiente a las muertes. Cada año nacen 150 personas y mueren 75, de este modo la población se incrementa en 75 personas al año. La población se comporta como el agua en una bañera. Si el agua que entra es mayor que la que sale, el nivel del agua en la bañera se incrementa.

EJEMPLO 3.

Tratemos de situarnos en otro escenario: Supongamos otro pueblo B que tiene hoy 5000 habitantes. Una media de 50 bebés nacen por año, y sin embargo una media de 125 personas fallecen al año. ¿Qué sucederá en el pueblo en los próximos años.?

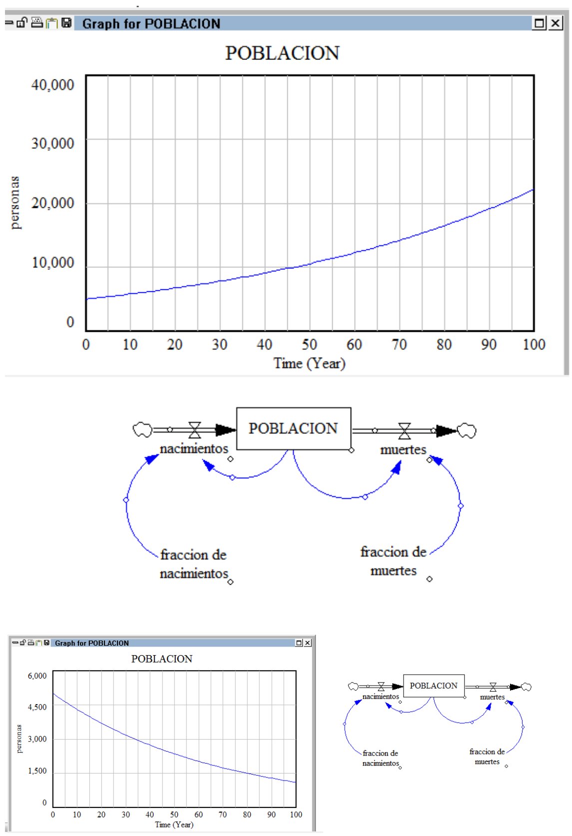
Figure 3: Resultados del modelo.



1.2 Retroalimentación (Feedback)

La razón de que nuestro modelo no se comporte de forma realista es que hemos simplificado enormemente los flujos de nacimientos y muertes. No hay forma de que el flujo de las muertes pueda ser más grande que la población en ese momento. En la vida real, la tasa de muertes de una población depende del tamaño de la población actual. Lo mismo le ocurre, evidentemente, a la tasa de nacimientos.

Figure 4: (Evolución de la población de los dos pueblos) Resultados de los modelos A y B.



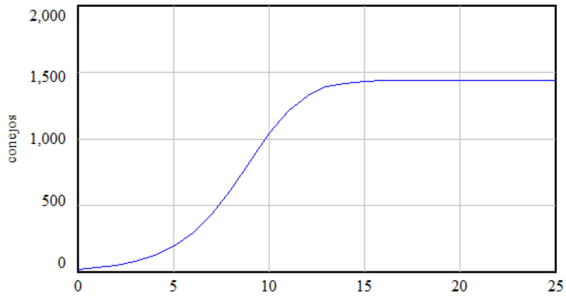
1.3 Modelo logístico

Un crecimiento exponencial sostenido no puede existir en el mundo real. Todo crecimiento exponencial lleva encubierto otro proceso que actúa como freno a ese crecimiento. El cambio de crecimiento exponencial al crecimiento asintótico, o bien de retroalimentación positiva a negativa, recibe el nombre de crecimiento logístico o crecimiento en forma de S.

1.3.1 ESTRUCTURA GENÉRICA.

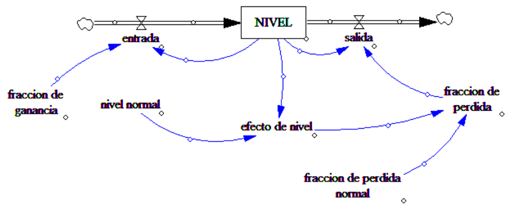
Supongamos una población de conejos situados en un medioambiente con recursos limitados. La variable crítica es el número de conejos que comen por el prado. La población de conejos aumenta

Figure 5: cambio de crecimiento exponencial al crecimiento asintótico



debido a la tasa de nacimientos. Esta tasa de nacimientos refuerza el ciclo de retroalimentación positivo. Sin embargo, un ciclo de retroalimentación negativo está latente. Al aumentar el número de conejos y al ser fija la cantidad de agua, esto hace que el agua que corresponde a cada conejo descienda. Cuando la cantidad de agua no es suficiente algunos conejos empiezan a morir. El ciclo negativo reduce la velocidad de crecimiento hasta que la cantidad de agua es suficiente para soportar a la población de conejos.

Figure 6: estructura genérica que muestra de forma intuitiva ciclos de retroalimentación y la contención de un sistema.



1.3.2 Modelo para estudiar el crecimiento de una población de conejos.

Supongamos una población de conejos situados en un medioambiente con recursos limitados. La variable crítica es el número de conejos que comen por el prado. La población de conejos aumenta debido a la tasa de nacimientos. Esta tasa de nacimientos refuerza el ciclo de retroalimentación positivo. Sin embargo, un ciclo de retroalimentación negativo está latente. Al aumentar el número de conejos y al ser fija la cantidad de agua, esto hace que el agua que corresponde a cada conejo descienda. Cuando la cantidad de agua no es suficiente algunos conejos empiezan a morir. El ciclo negativo reduce la velocidad de crecimiento hasta que la cantidad de agua es suficiente para soportar a la población de conejos.

Figure 7: representa al diagrama causal para un modelo que analiza el crecimiento de una población de conejos en un medioambiente que cuenta con recursos limitados.

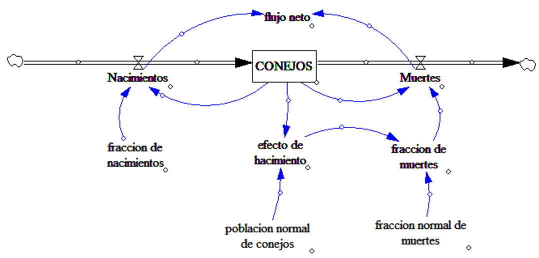
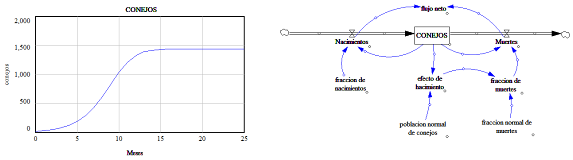
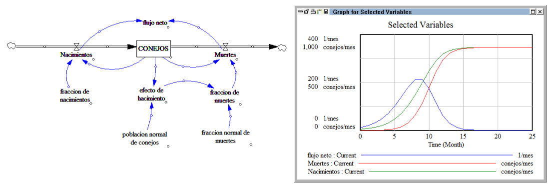


Figure 8: Resultados del modelo.



En la Figura 8., podemos observar un crecimiento del tipo exponencial en los primeros meses, como consecuencia del ciclo de retroalimentación positivo. Aproximadamente a los 12 meses, la curva cambia la concavidad. Los conejos están empezando a sentir la contención debido a un medio ambiente con recursos limitados. El crecimiento exponencial se convierte en un crecimiento asintótico. El punto de la curva en el cual cambia la concavidad es el punto de inflexión y está situado en aquel valor donde la población llega a ser la mitad de la capacidad de carga (300 conejos).

Figure 9: Flujos.



El comportamiento obtenido de la población de conejos nos sirve para ilustrar las características que determinan el crecimiento. Los cambios en el flujo neto del nivel hace cambiar la forma del crecimiento. Cuando el flujo neto tiene pendiente positiva (derivada) el ciclo de retroalimentacón positivo es el que domina y entonces el crecimiento es del tipo exponencial. Cuando el ciclo que domina es el negativo, la pendiente a la curva del flujo neto es negativa y entonces el nivel tiene un crecimiento del tipo asintótico. El cambio de uno al otro ocurre cuando la pendiente del flujo neto es cero. Esto significa que el flujo neto alcanza el valor máximo. El nivel cesa de crecer cuando el flujo neto es cero.

2 SIMULACIÓN DE MODELOS DINÁMICOS BIOLÓGICOS

Construir, simular y analizar a través del programa Vensim PLE sistemas dinámicos más complejos que los vistos en la práctica anterior, como son el modelo neuronal de Fitzhugh - Nagumo, un modelo que describe la evolución del virus del sida, y el modelo presa - depredador de Lotka - Volterra.

2.1 Modelo neuronal de Fitzhugh - Nagumo

El modelo de Fitzhugh - Nagumo describe el comportamiento de células nerviosas en condiciones ideales de laboratorio, de tal manera que todas las dendritas receptoras retienen el mismo potencial. Se ignora, por ejemplo, el cambio de potencial a lo largo del axon y a través de la célula. Por tanto, lo único que causa la reacción de la célula es que exista un potencial externo lo suficientemente grande que permita establecer una señal de entrada a través de la dendrita de conexión.

Si tomamos como valores iniciales del potencial 0, recuperación 0, y como valor de E = 0, entonces al simular el modelo utilizando el método de Euler con un paso h = 0.1 no obtenemos respuesta de la célula, ya que el potencial es nulo.

caso en el que todos los valores se mantienen iguales excepto E = 0 y el valor inicial del potencial = 0.4. Ahora, la célula responde cuando el potencial inicial de la membrana es positivo. El potencial de la membrana tiende asintóticamente hacia cero desde el valor inicial, después de subir y atravesar el valor nulo.

Figure 10: Para valores de corriente eléctrica E = 0.23.

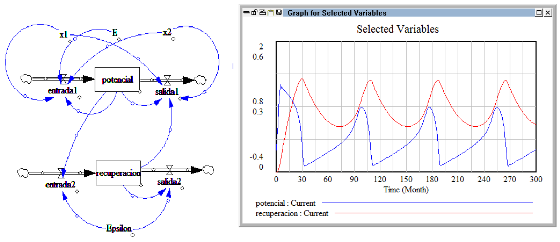
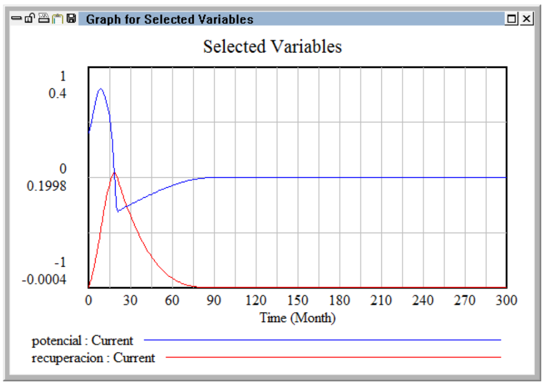


Figure 11: Para E = 0 y potencial(0) = 0.4



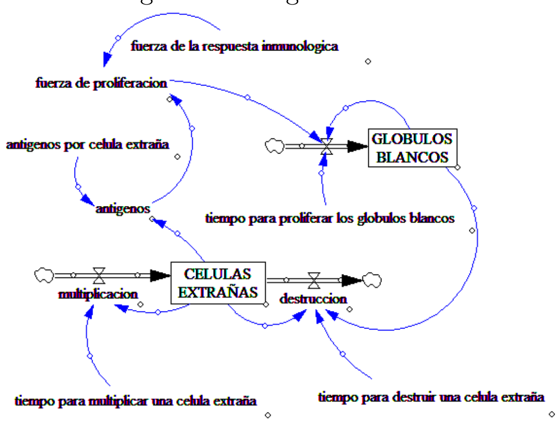
2.2 Modelo que estudia la respuesta inmunológica

Para el año 2010 aproximadamente 40 millones de personas de todo el mundo llegarán a estar infectadas con el VIH (virus de inmunodeficiencia humana), el cual causa el SIDA (Acquired Inmune Deficience Syndrome). Comenzaremos haciendo una breve introducción del sistema inmunológico humano.

2.2.1 Sistema inmunológico sano

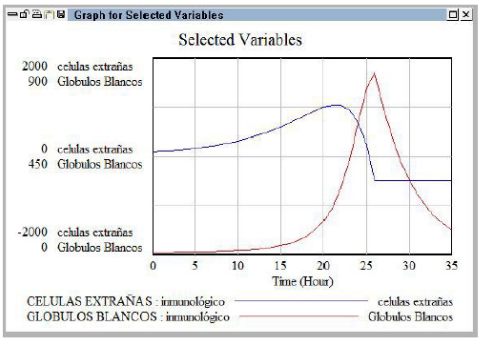
El sistema inmunológico es poderoso por ser muy específico (células que atacan a los invasores) y su memoria (células preparadas para lanzar un rápido ataque si regresan el mismo tipo de invasores).

Figure 12: Diagrama Causal



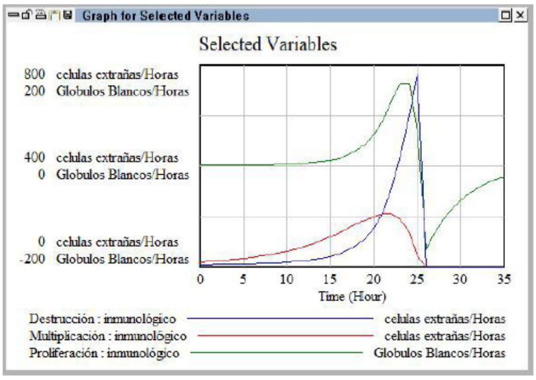
La siguiente figura describe el crecimiento de los GLOBULOS BLANCOS y de las CÉLULAS EXTRAÑAS en el sistema inmunológico de un individuo. La velocidad de crecimiento de los dos niveles no son proporcionales, ya que la multiplicación de las células extrañas depende del número de antígenos que hay en el sistema.

Figure 13: Diagrama Causal



La siguiente figura representa conjuntamente los tres flujos Multiplicación, Proliferación y Destrucción. Son curvas no "suaves", ya que por ejemplo la Destrucción de las células extrañas depende solo de forma indirecta del número de CELULAS EXTRAÑAS que aún permanecen. La Destrucción no tiene un crecimiento exponencial suave, se está continuamente destruyendo hasta que no quedan CELULAS EXTRAÑAS.

Figure 14: Resultados del modelo



2.2.2 Un sistema inmunológico infectado con VIH

El efecto del VIH en el sistema inmunológico humano puede ser modelado cambiando la constante fuerza de la respuesta inmunológica de nuestro modelo. EL VIH lesiona al sistema inmunológico saboteando el material genético de las células T.

2.3 El modelo de Lotka-Volterra

Sabemos que existe una competición constante por la supervivencia entre las diferentes especies animales que habitan un mismo entorno, un tipo de animales (depredadores) sobreviven alimentándose de otros (presas). El modelo con ecuación diferencial más simple recibe el nombre de sus creadores: Lotka - Volterra (1926).

Figure 15: Resultados del modelo

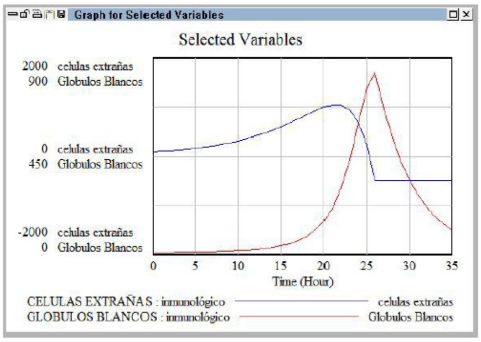


Figure 16: Diagrama Causal