

## Taller 7

### *Simulación de modelos de Poblaciones.*

#### Ejemplo 7.3

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?

Procedemos de la misma manera que en el ejemplo anterior introduciendo los nuevos datos. A diferencia del primer pueblo al pueblo B, el pueblo B tiene una tasa de muertes mucho más alta que la de nacimientos, por esta razón la población decrece con el tiempo.

¿Qué es lo que determina la tasa de nacimientos?

Diremos que el número de nacimientos por año es una fracción de la población existente; para cualquier año, el número de nacimientos dependerá del tamaño que la población tiene ese año. Puesto que es una dependencia con un conector se representará con una flecha arqueada.

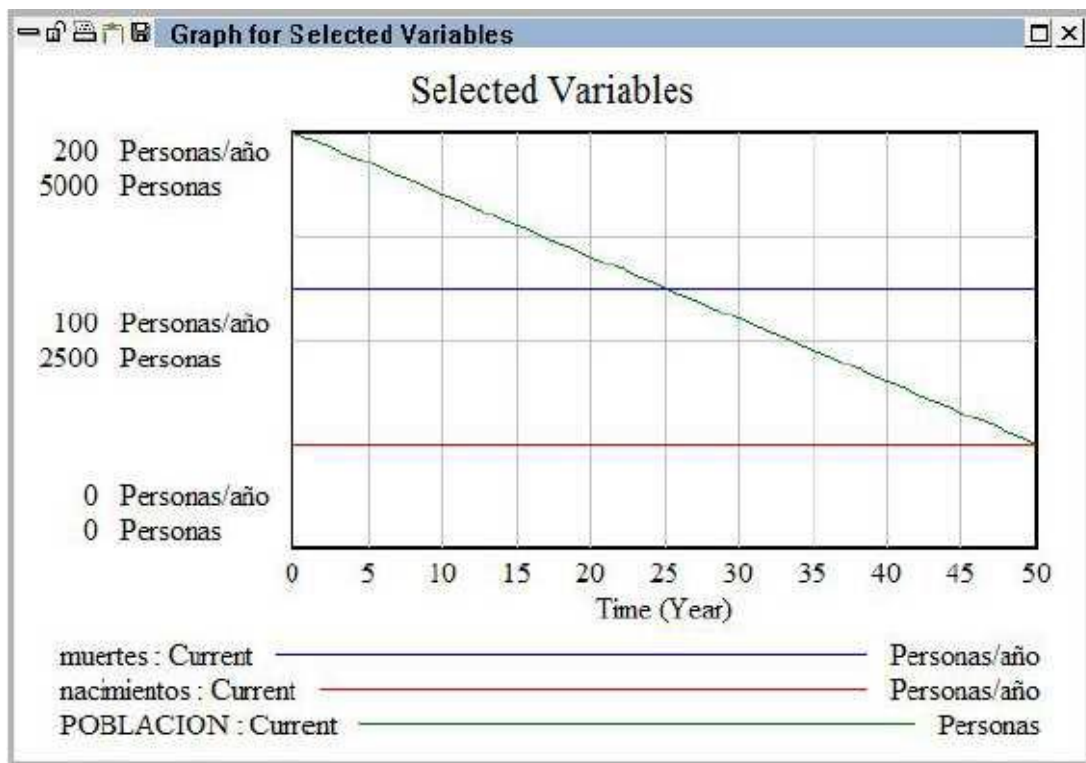


Grafico Comportamiento de Población

Seleccionamos la flecha arqueada que esta entre Box Variable y Rate llamada Arrow.

Nos situamos sobre población, seguidamente oprimimos clic izquierdo y arrastramos hasta nacimientos (Podemos cambiar la curvatura del conector, manteniendo presionado en el círculo y movemos el puntero a donde queramos que se vea la curvatura).

Ahora como habíamos dicho que la tasa de nacimientos será una fracción de la población existente. La fracción representará la fertilidad de la población, es decir, con qué frecuencia se reproduce la población. Para calcular

la fracción de nacimientos dividiremos los nacimientos por la población y de esta manera obtendremos la fracción de nacimientos por persona que viven en el pueblo. La fracción de nacimientos será de  $150/5000 = 0.03$  o el 3% anual. De la misma manera, como en el segundo pueblo había inicialmente 5000 personas y la tasa de nacimientos será de 50 personas por año, la fracción de nacimientos será de  $50/5000 = 0.01$ .

Procederemos a agregar la fracción de nacimientos en nuestro modelo.

Presionamos donde dice Variable y la agregamos donde queramos y escribimos fracción de nacimientos. Conectamos esta variable con el flujo de nacimientos con el conector (Arrow).

Ahora agregamos el valor a la fracción de nacimientos:

- Presionamos en ecuaciones y sobre fracción de nacimientos, lo modificamos a 0.03
- Como unidad colocamos (Personas/año) personas.
- En comentario escribimos el número de nacimientos para el pueblo esto se calcula dividiendo la tasa de nacimientos por población. la fracción representa la fertilidad de la población.

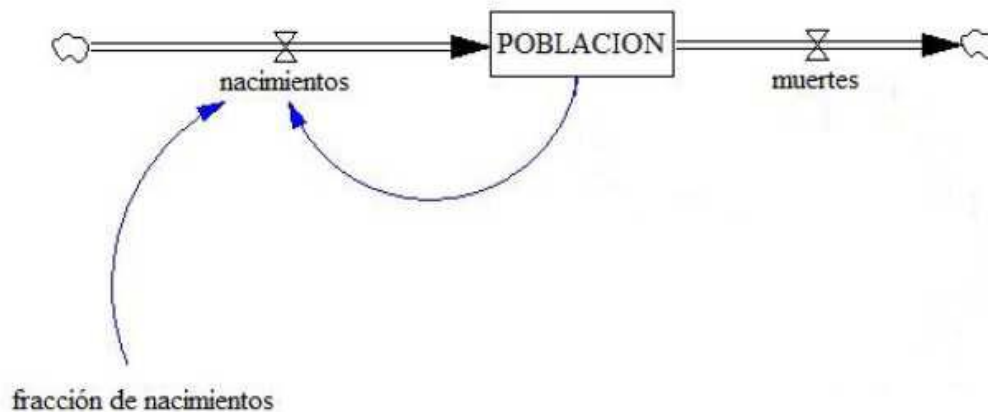
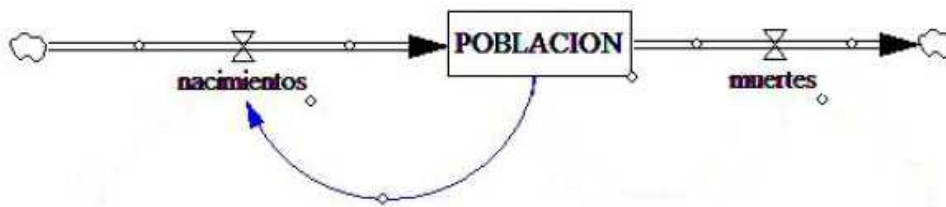


Grafico Ingresando Flujo de población

Edit: fracción de nacimientos

Variable Information		Edit a Different Variable	
Name	fracción de nacimientos	All	FINAL TIME
Type	Constant	Search Model	fracción de muertes
Sub-Type	Normal	New Variable	fracción de nacimientos
Units	(Personas/año)/Personas	Back to Prior Edit	INITIAL TIME
Check Units	<input type="checkbox"/>	Jump to Hilite	muertes
Supplementary	<input type="checkbox"/>		nacimientos
Group	modelo de poblaciones		POBLACION
Min			
Max			
Incr			

Equations: 0.03

=

Functions	Common	Keypad Buttons	Variables	Causes
ABS		7 8 9 + :AND:		
DELAY FIXED		4 5 6 - :OR:		
DELAY1		1 2 3 * :NOT:		
DELAY11		0 E . / :NA:		
DELAY3		( ) , ^ <>		
DELAY31		> >= = < <=		
EXP		[ ] ! { }		
GET 123 CONSTANTS		Undo -> {( ) }		
GET 123 DATA				
GET 123 LOOKUPS				
GET DIRECT CONSTANTS				

Comment: La fracción de nacimientos para el pueblo se ha calculado dividiendo la tasa de nacimientos por la población. La fracción de nacimientos representa la fertilidad de la población.

☐ Expand

Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

Grafico Modificar Parámetros

Ahora debemos re definir las ecuaciones de flujo de nacimientos.

- Presionamos sobre ecuaciones y en nacimientos entre paréntesis encerramos la población más la cantidad de nacimientos y se multiplica por la fracción de nacimientos.
- En comentario escribimos: Los nacimientos dependen de la población actual y la fracción de nacimientos que representa la fertilidad de la población.
- Damos O.K.

Para finalizar repetimos el mismo proceso para el flujo de muertes. La fracción de muertes en el primer pueblo será de  $75/5000 = 0.015$ , y en el segundo pueblo es de  $125/5000 = 0.025$ . El proceso se finaliza volviendo a escribir las ecuaciones para el flujo de muertes y la variable fracción de muertes. En la vista aparece la distribución de los dos grupos, las presas y los depredadores.

Edit: nacimientos

Variable Information		Edit a Different Variable	
Name	nacimientos	All	FINAL TIME
Type	Auxiliary	Search Model	fracción de muertes
Sub-Type	Normal	New Variable	fracción de nacimientos
Units	Personas/año	Back to Prior Edit	INITIAL TIME
Check Units	<input type="checkbox"/>	Jump to Hilite	muertes
Supplementary	<input type="checkbox"/>		nacimientos
Group	modelo de poblaciones		POBLACION
Min			
Max			

Equations: (150+POBLACION)\*fracción de nacimientos

=

Functions	Common	Keypad Buttons	Variables	Causes
ABS		7 8 9 + :AND:	fracción de nacimientos	
DELAY FIXED		4 5 6 - :OR:	POBLACION	
DELAY1		1 2 3 * :NOT:		
DELAY11		0 E . / :NA:		
DELAY3		( ) , ^ <>		
DELAY31		> >= = < <=		
EXP		[ ] ! { }		
GET 123 CONSTANTS		Undo -> {( ) }		
GET 123 DATA				
GET 123 LOOKUPS				
GET DIRECT CONSTANTS				

Comment: Los nacimientos dependen de la población actual y la fracción de nacimientos que representa la fertilidad de la población.

☐ Expand

Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

Grafico Modificar Parámetros

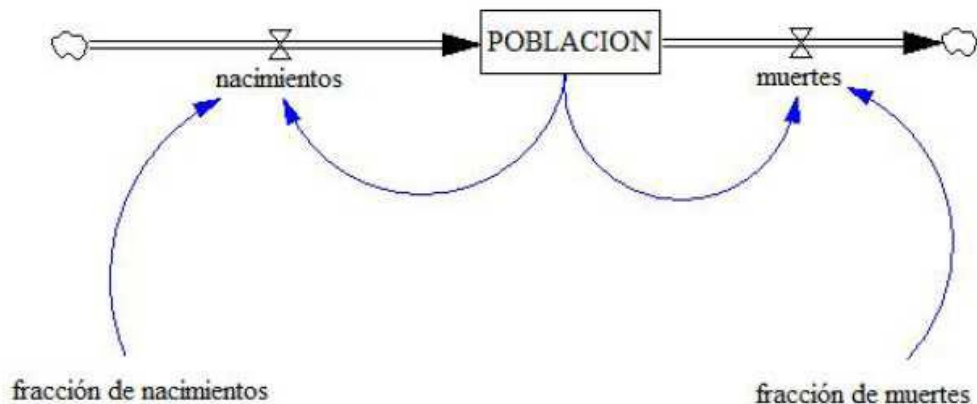


Grafico Modificar Parámetros

Las configuraciones anteriores se muestran en la siguiente imagen.

Edit: fracción de muertes

Variable Information		Edit a Different Variable	
Name	fracción de muertes	All	FINAL TIME
Type	Constant Sub-Type Normal	Search Model	fracción de muertes
Units	(Personas/año)/Personas Check Units <input type="checkbox"/> Supplementary	New Variable	fracción de nacimientos
Group	modelo de poblaciones Min Max Incr	Back to Prior Edit	muertes
		Jump to Hilite	nacimientos
			POBLACION

Equations: 0.015

=

Functions	Keypad Buttons	Variables	Causes
ABS	7 8 9 + :AND:		
DELAY FIXED	4 5 6 - :OR:		
DELAY1	1 2 3 * :NOT:		
DELAY1I	0 E . / :NA:		
DELAY3	( ) , - < >		
DELAY3I	> >= = < <=		
EXP	{ } ! { }		
GET 123 CONSTANTS	Undo -> {( )}		
GET 123 DATA			
GET 123 LOOKUPS			
GET DIRECT CONSTANTS			

Comment: La fracción de muertes para el pueblo se ha calculado dividiendo la tasa de muertes por la población. de muertes represente la decadencia de la población.

☐ Expand

Errors: Equation OK

OK Check Syntax Check Model Delete Variable Cancel Help

Grafico Modificar Parámetros

Si simulamos el modelo durante los próximos 100 años obtenemos, al finalizar obtendremos los siguientes resultados para el pueblo.

Para la población B obtendremos:

El primer pueblo se caracterizaba por una elevada tasa de nacimientos, mientras que el segundo tiene una elevada tasa de muertes. La población de la primera de las ciudades estaba conducida por una retroalimentación positiva, al contrario de la segunda de las ciudades la cual posee una retroalimentación negativa. Entre mayor sea el nivel población mayor será la fracción de muertes, lo cual reduce el tamaño de la población.



Grafico Resultado Simulación Poblacional

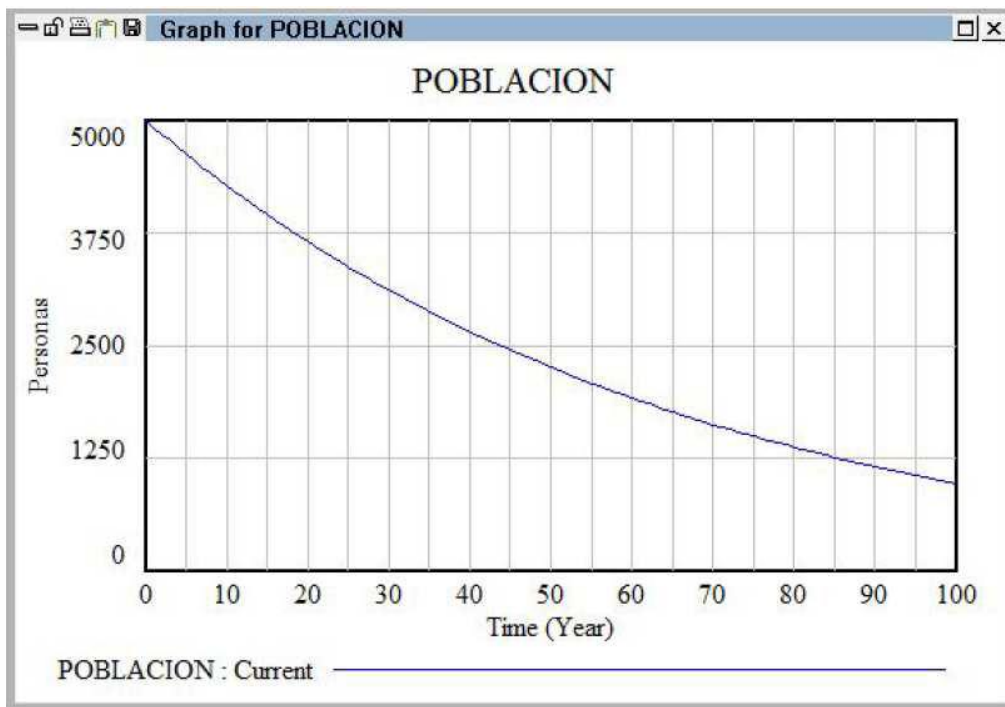
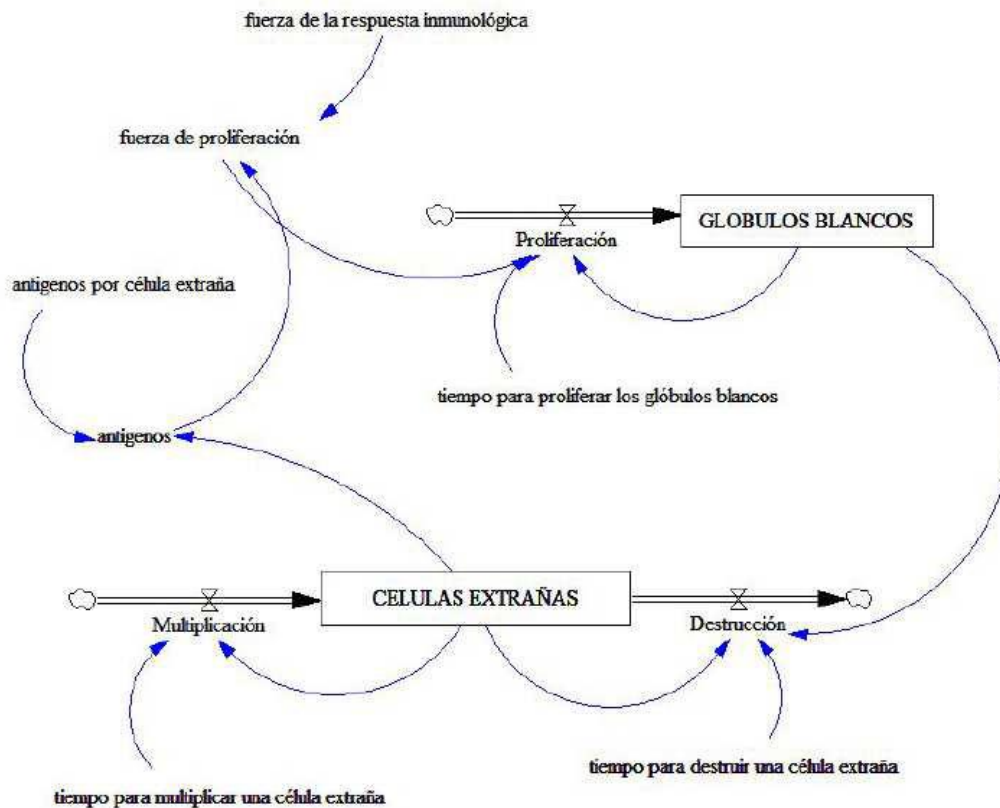


Grafico Población B

### Modelo de Sistema Inmunológico

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 al mismo tipo de invasores). Cuando una célula extraña entra en el cuerpo humano, el intruso comienza a multiplicarse y se distribuye a través del flujo sanguíneo. Cada célula extraña tiene su propio antígeno específico. Un antígeno es una larga molécula con una configuración distinta que activa una respuesta inmunológica. Las células ayudantes T, son un tipo específico de glóbulos blancos, que circulan por el cuerpo humano, buscando antígenos extraños.

Una vez que una célula auxiliar T reconoce un antígeno extraño, se activan las células B, que son otro tipo de glóbulos blancos, y comienza a reproducirse rápidamente. La mayoría de las células B producen células en el plasma que segregan anticuerpos en el caudal sanguíneo. Los anticuerpos se unen a los antígenos y causan su destrucción. Otras células B se reservan como células de memoria. Cuando un antígeno similar invade el nuevo cuerpo, entonces las células B están listas para atacarlos. Una respuesta inmunológica que crea anticuerpos, se llama una respuesta inmunológica “mediante - anticuerpo”.

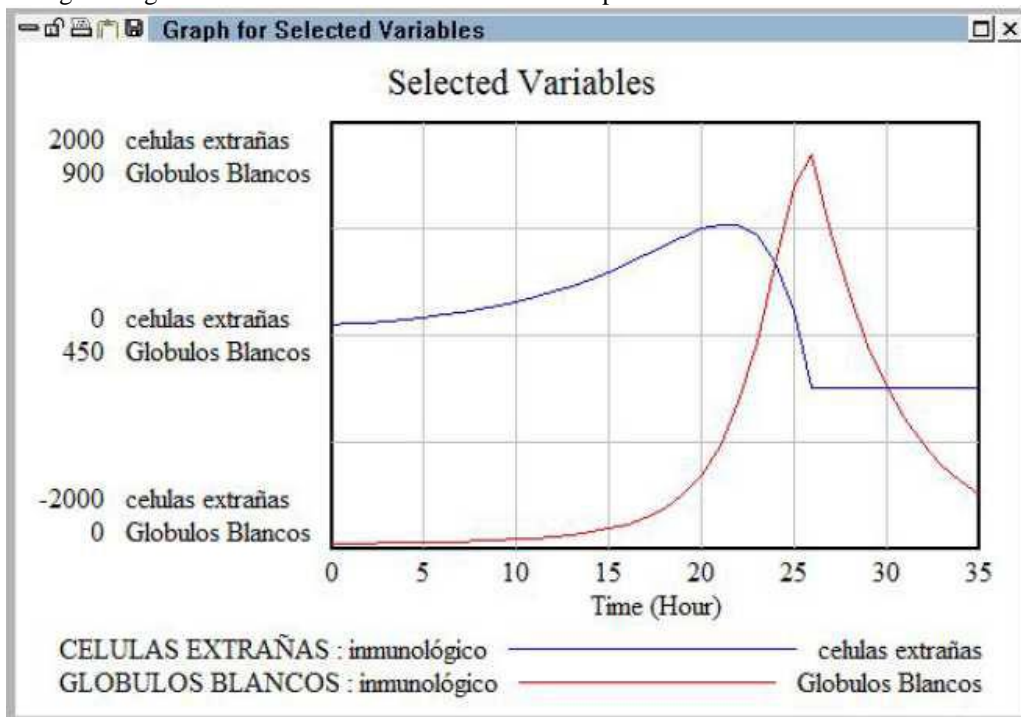


Modelo Sistema Inmunológico

Se modifican los siguientes parámetros para así modificar el comportamiento de la simulación.

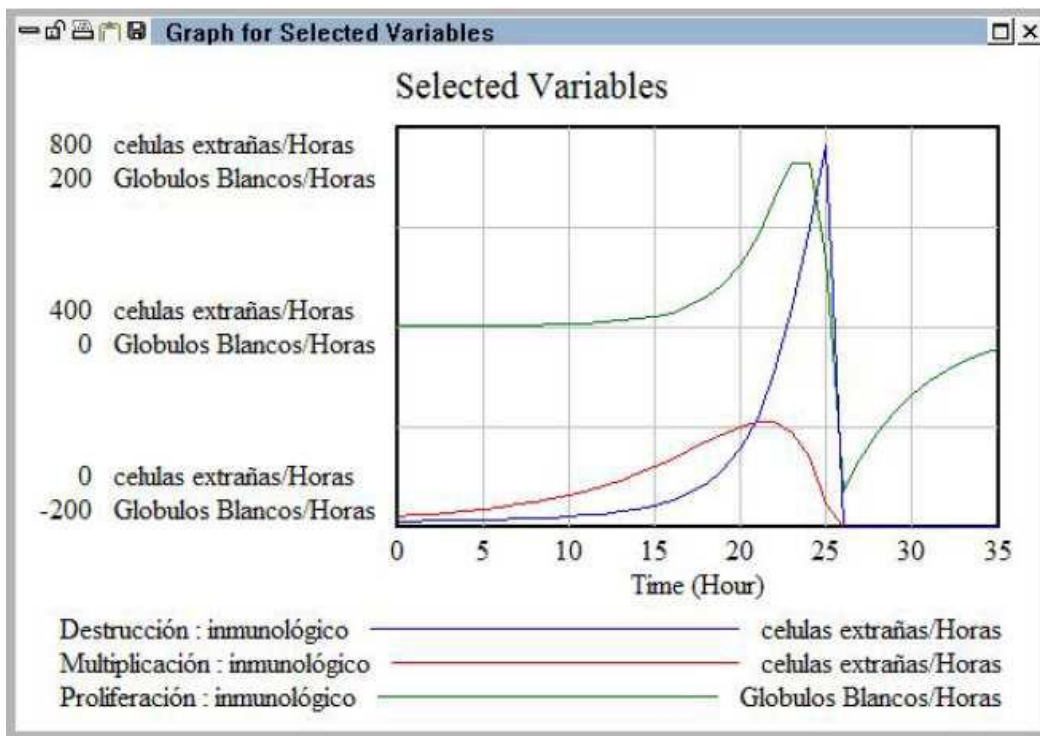
- Fuerza de la respuesta inmunologica = 1/1000
- Unidades= Dmnl.
- Proliferación = fuerza de proliferación\* GLOBULOSBLANCOS/tiempo para proliferar los globulos blancos
- Unidades = globulos blancos / horas
- Fuerza de proliferacion=antigenos\*fuerza de la respuesta inmunologica
- Unidades = Dmnl
- Antígenos = CELULAS EXTRAÑAS\*antigenos por celula extraña,
- Unidades = Dmnl
- Antigenos por celulas extraña = 2
- Unidades = antigenos7/celulas extrañas
- CELULAS EXTRAÑAS = Multiplicacion – Destruccion
- Valor inicial = 100
- Unidades = celulas extrañas
- Destruccion = IF THEN ELSE (CELULAS EXTRAÑAS < 0, 0, GLOBULOS BLANCOS / tiempo para destruir una celula extraña)
- Unidades = celulas extrañas / Hour
- GLOBULOS BLANCOS = Proliferacion
- Valor inicial = 10
- Unidades = globulos blancos
- Multiplicacion = IF THEN ELSE (CELULAS EXTRAÑAS < 0, 0, CELULAS EXTRAÑAS / tiempo para multiplicar una celula extraña)
- Unidades = celulas extrañas / Hour
- Tiempo para destruir una celula extraña = 1
- Unidades = Hour \* globulos blancos/celulas extrañas
- Tiempo para multiplicar una celula extraña = 5
- Unidades = Hour

La siguiente grafica muestra los resultados al correr la aplicación.



Resultados Modelo Inmunológico





Resultados Modelo Inmunológico

### 8.3.2 Un sistema inmunológico infectado con VIH

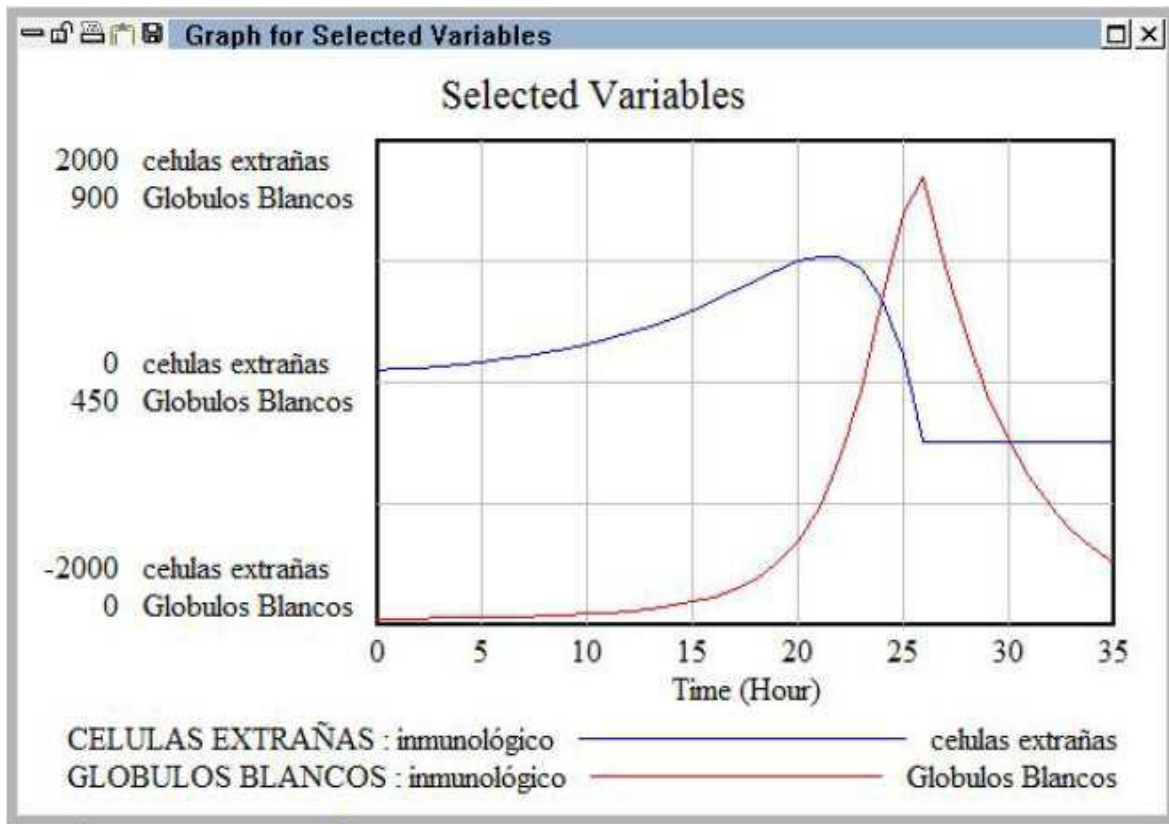
Un efecto del VIH en el sistema inmunológico humano puede ser modelado cambiando la constante fuerza de respuesta inmunológica de nuestro modelo. El VIH lesiona al sistema inmunológico sabotando el material genético de las células T. En un cuerpo sano, las células T circulan y reconocen, por cada 1 de 1000 antígenos presentes en cada litro de sangre. Cuando el sistema está dañado este nivel desciende. Con pocas células T patrullando, los antígenos no se detectan fácilmente. Las células extrañas pueden multiplicarse antes de que responda el sistema inmunológico.

Supongamos que la constante fuerza de la respuesta inmunológica sea  $1/10000$ .

El crecimiento de los GLOBULOS BLANCOS y las CELULAS EXTRANAS ~ en un individuo con VIH positivo. Un sistema inmunológico destruye a las células invasoras en 24 horas aproximadamente. El cuerpo es capaz de soportar 900 CELULAS EXTRANAS ~ por mililitro de sangre. Cuando el número de células T se divide por un factor de 10, las mismas 100 CELULAS EXTRANAS ~ se multiplican en un ejército de 25.000 y a los GLOBULOS BLANCOS le lleva ahora 36 horas para destruirlas.

El VIH se replica muy rápidamente. Fluye por la sangre hasta llevar al sistema inmunológico a un punto donde el cuerpo sucumbe ante cualquier pequeño ataque exterior. Es en este momento cuando al paciente se le diagnostica como que tiene SIDA. Si la constante fuerza de la respuesta inmunológica es  $1/1500$  o  $1/2000$ , el cuerpo todavía es capaz de soportar a las invasiones. Sin embargo, si la constante fuerza de la respuesta inmunológica es cada vez más y más pequeña, los efectos llegan a ser desastrosos. El cuerpo solo puede soportar la presencia de un número finito de CELULAS EXTRANAS ~ antes de sucumbir.





Resultados Modelo Infección VIH

## CONCLUSIONES

- La retroalimentación positiva genera un crecimiento exponencial, que es lo que ocurre en el primero de los pueblos. Si repetimos el mismo proceso en el segundo de los pueblos. La población experimenta un decaimiento exponencial.
- La clave para comprender el comportamiento de las poblaciones está en entender la retroalimentación. La fracción de nacimientos determina la población, al mismo tiempo la población determina los nacimientos, cuanto mayor es la población más nacimientos se producen.