

5.19. DESARROLLO DE UNA EPIDEMIA

Supongamos una población inicialmente sana, en la cuál aparece un cierto número de infectados por una enfermedad contagiosa. Un individuo podrá transmitir o contagiarse la enfermedad de otros individuos. La transmisión de la enfermedad se produce debido a la proximidad física. Durante el proceso infeccioso, los individuos pueden pasar por todos o algunos de los siguientes estados:

- Susceptibles (S), estado en el cual el individuo puede ser contagiado por otra persona que esté infectada;
- Infectado (I), estado durante el cual el individuo se halla infectado y puede además infectar a otros;
- Recuperado (R), o curado, estado durante el cuál el individuo no puede ni ser infectado por haber adquirido inmunidad (temporal o permanente) ni infectar (por haber recuperado o haber pasado la etapa contagiosa de la enfermedad).

Entre las enfermedades infectocontagiosas encontramos dos grupos principales:

- Las que confieren inmunidad al infectado (temporal o permanente) una vez recuperado, la mayoría de origen viral (sarampión, varicela, poliomielitis); y
- Las que, una vez recuperado, el individuo vuelve a ser susceptible inmediatamente, entre las que encontramos las causadas por agentes bacterianos (enfermedades venéreas, peste, algunas meningitis) o protozoos (malaria).



Teniendo en cuenta los distintos estadios relacionados con un proceso infeccioso, los modelos epidemiológicos se dividen en tres grandes grupos:

SIR: El modelo susceptible-infectado-recuperado, relacionado con las enfermedades que confieren inmunidad permanente y un ciclo típico incluye los tres estados. Esto no quiere decir que todos los individuos de una población deban pasar por estos, algunos no serán infectados y permanecerán sanos, o sea siempre en estado S, otros serán inmunizados artificialmente por vacunación, o algún otro método y pasarán a ser R sin haber estado infectados.

SIRS: El modelo susceptible-infectado-recuperado-susceptible, idéntico al anterior, pero aplicable a casos en que la inmunidad no es permanente y el individuo vuelve a ser susceptible después de un cierto periodo, tal como la gripe.

SIS: El modelo susceptible-infectado-susceptible; se usan en casos en que la enfermedad no confiere inmunidad y el individuo pasa de estar infectado a susceptible nuevamente, saltando la etapa R.

Un modelo puede tener en cuenta la dinámica vital de la población (nacimientos, muertes, movimientos migratorios) dependiendo del horizonte temporal analizado, y de las características de la enfermedad y de la población estudiada.

EL MODELO

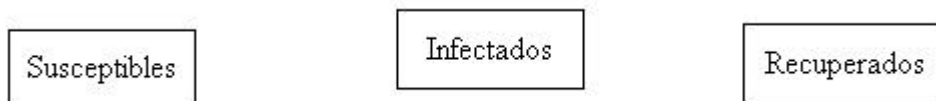
Vamos a utilizar como referencia de nuestro modelo a uno de los modelos epidemiológicos más conocidos de la literatura biológica. Es el modelo de Kermack y Mc Kendrick, que se expresa como:

$$\begin{cases} S' = -bSI \\ I' = bSI - gI \\ R' = gI \end{cases}$$

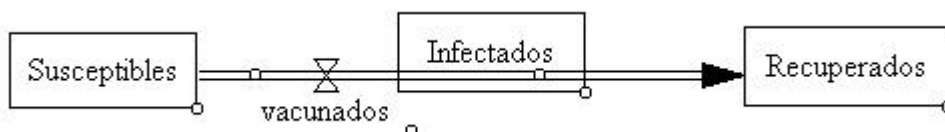
siendo S la población susceptible de enfermar, I la población infectada, y R la población que ha pasado la enfermedad y se halla recuperada. Existen dos constantes que son la tasa de infección y la tasa de curación o recuperación.

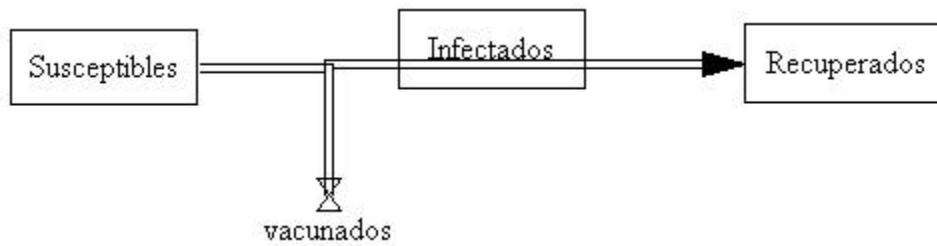
Para dibujar el diagrama de flujos seguimos los siguientes pasos.

Creamos los 3 niveles

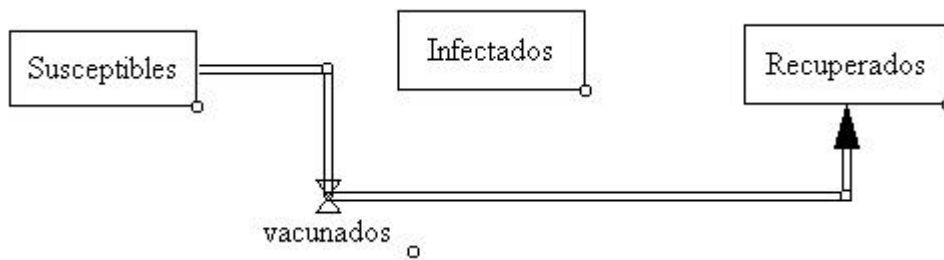


Añadimos el flujo de vacunados

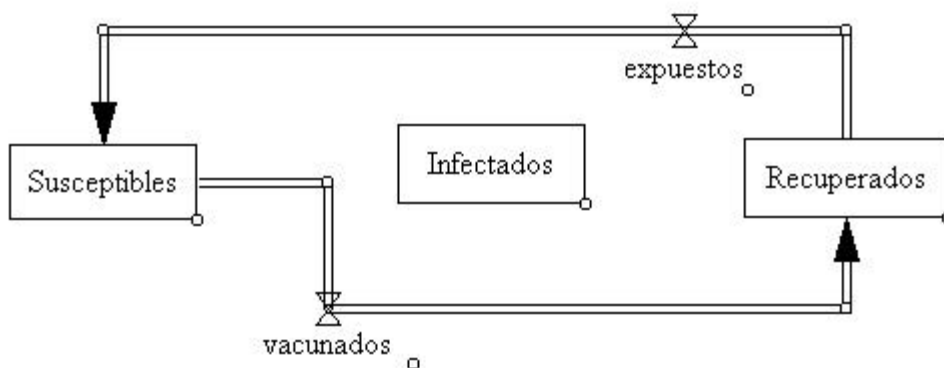




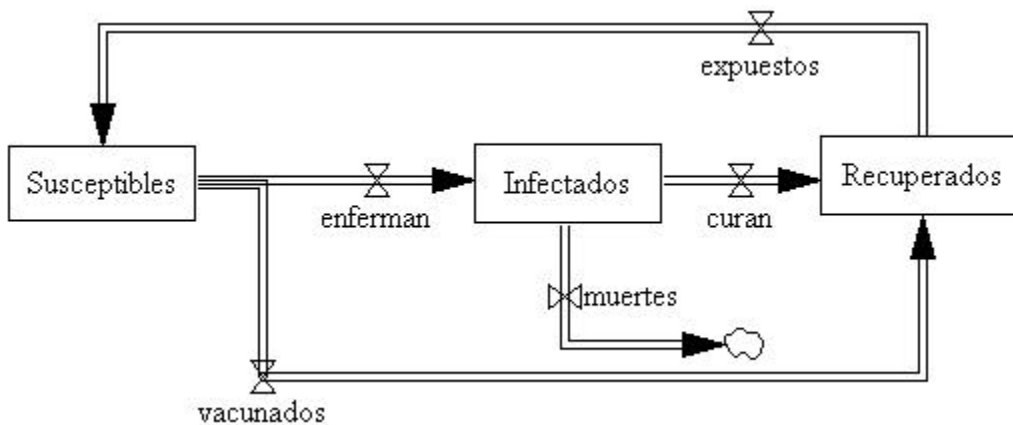
Pulsamos en el círculo situado sobre el canal del flujo y lo desplazamos abajo a la derecha para dibujar la entrada en recuperados.

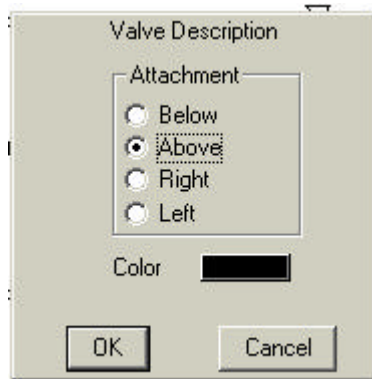


obteniendo un conjunto de flujos que se



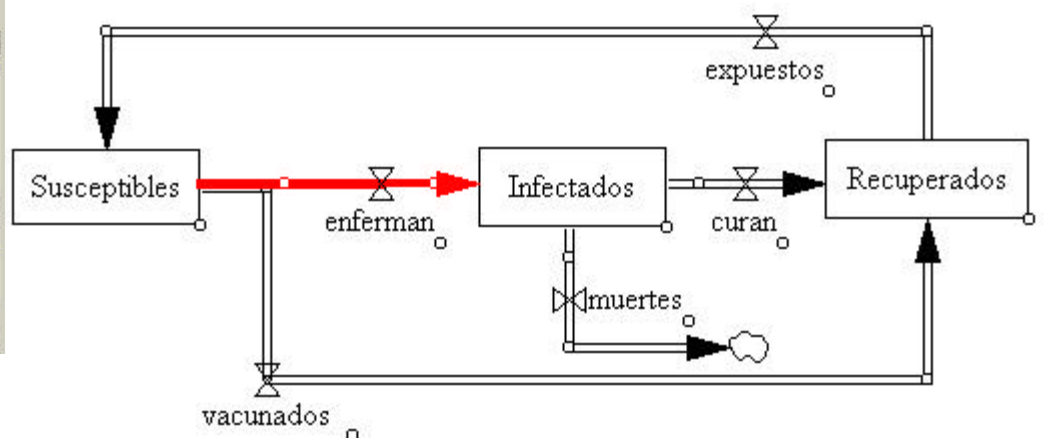
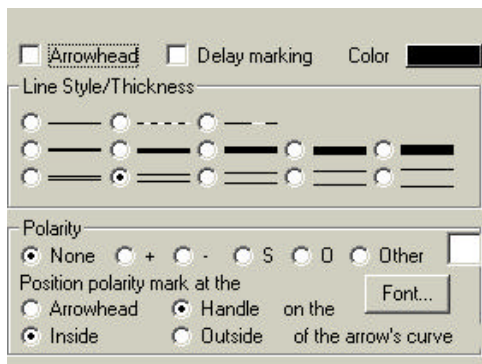
Completamos el modelo con los flujos de enferman, curan y mueren.



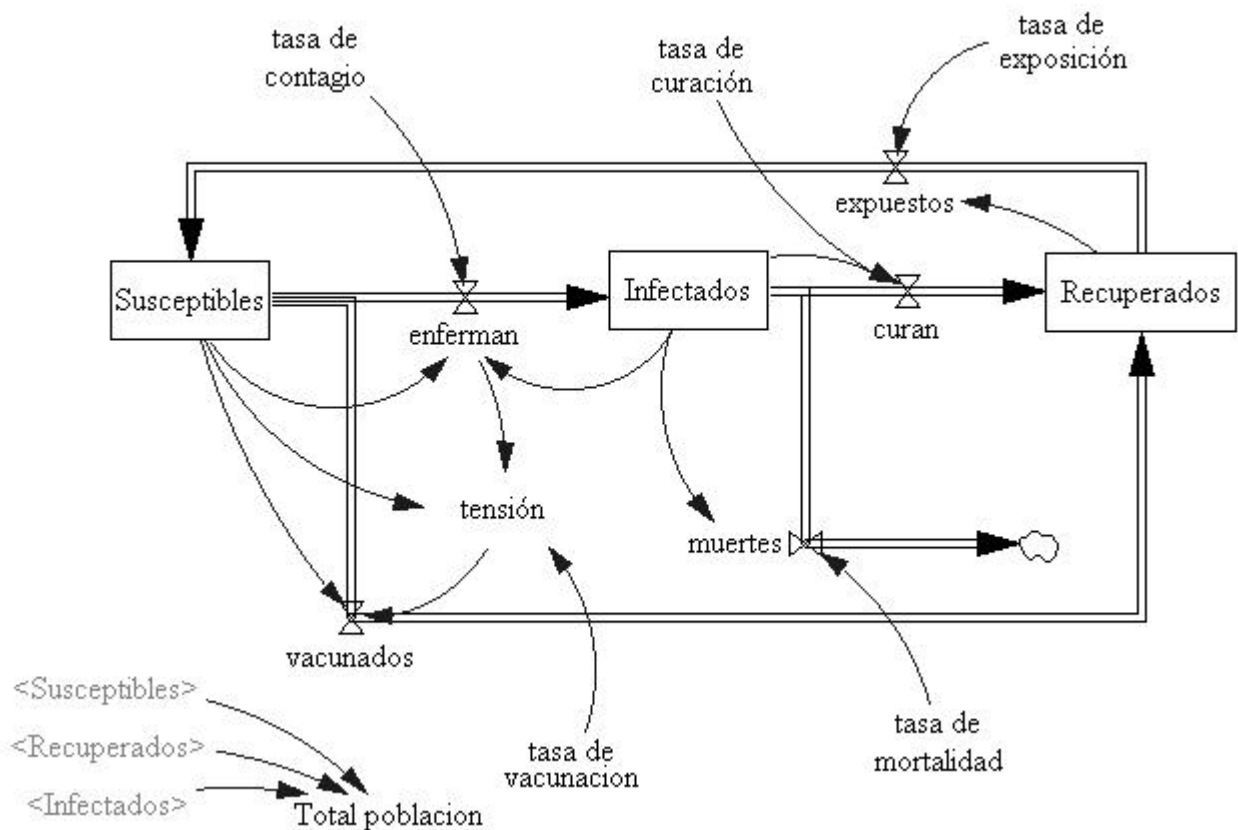



Pulsando con el ratón derecho sobre el símbolo del flujo de muertes podemos modificar la situación del texto, y su color.

los flujos es posible modificar los colores de los mismos para resaltar determinadas

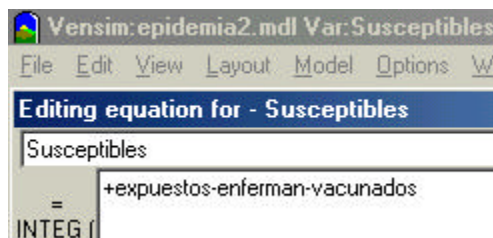


Podemos añadir los elementos restantes del sistema, introducir las ecuaciones y simular.



Podemos añadir variables-copia (o shadow variables). Pulsando  se nos abre un menú donde podemos escoger la variable que deseamos copiar. La utilidad de estas copias es evitar que se produzcan excesivos cruces de flechas en el modelo. En nuestro caso crearemos la variable Total Población como suma de los tres posibles estados.

El software ya nos pre-escribe las ecuaciones de los Niveles en base a como hayamos dibujado los flujos.



Las ecuaciones son sencillas ya que los Niveles varían en función de las entradas y salidas que les hemos asignado, con su signo correspondiente, y los flujos son en general el producto del valor de un nivel por el de una tasa.

No obstante hay algunas formulas un poco más complejas, son las de:

“enferman”

Aplicamos en la ecuación la fórmula del modelo de Kermack y Mc Kendrick, según la que el número de personas que enferman se puede calcular como el producto del número de personas susceptibles, por el de personas infectadas por la tasa de contagio.

“tensión”

Creamos el concepto de tensión para recoger el hecho de que en función al número de personas que enferman en relación a las que son susceptibles de enfermar se produce una mayor cantidad de vacunaciones.

ECUACIONES DEL MODELO

NIVELES

Susceptibles=+expuestos-enferman-vacunados
Initial Value =900

Infectados= +enferman-curan-muertes
Initial Value =100

Recuperados=curan+vacunados-expuestos
Initial Value =0

FLUJOS

curan= Infectados*tasa de curación

enferman= Susceptibles*tasa de contagio*Infectados

expuestos= Recuperados*tasa de exposición

muertes=Infectados*tasa de mortalidad

vacunados= Susceptibles*tensión

VARIABLES AUXILIARES

tasa de contagio= 0.001

tasa de curación= 0.4

tasa de exposición= 0.05

tasa de mortalidad= 0.1

tasa de vacunacion= 0.5

tensión=(enferman/Susceptibles)*tasa de vacunacion

Total poblacion=Infectados+Recuperados+Susceptibles

CONTROLES

FINAL TIME = 20

INITIAL TIME = 0

TIME STEP = 1

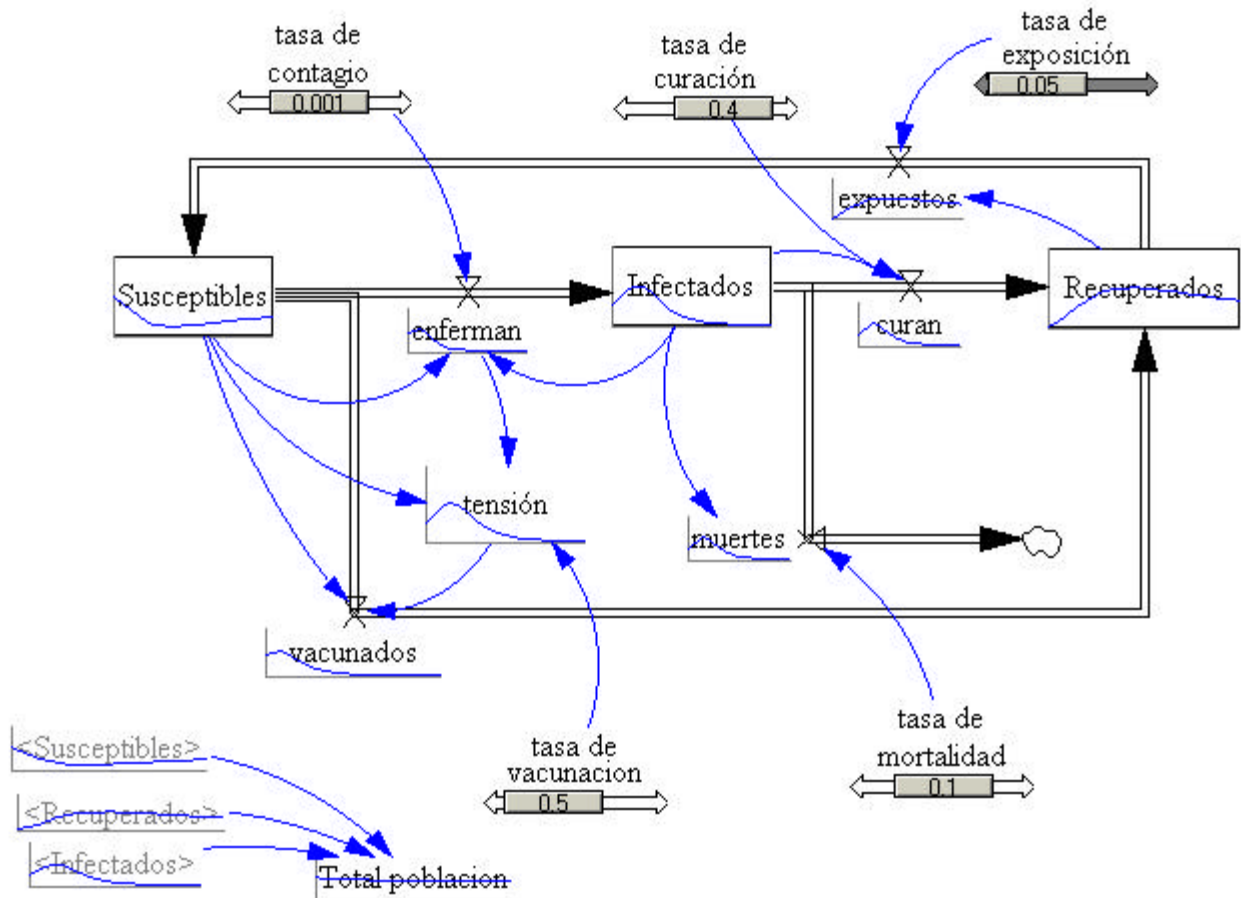
SIMULACIONES

Pulsando en el icono de simulación automática



podemos observar

simular el efecto en las variables de cambios en las tasas que son constantes desplazando los



Pulsando en los iconos de la izquierda de la pantalla

detalle el comportamiento de alguna variable

