

Máster en Epidemiología  
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública y  
Microbiología  
Universidad Autónoma de Madrid

## **Aplicaciones de la Dinámica de Sistemas a la Epidemiología**

### **Ejercicios de evaluación del módulo**

Enrique ÁLVAREZ GÓMEZ

Juan de Mata DONADO CAMPOS

Sebastián DORMIDO CANTO

Fernando MORILLA GARCÍA

**23 de marzo de 2020**

[http://www.proyectosame.com/ds\\_cursos/DS\\_Doctorado\\_UAM.htm](http://www.proyectosame.com/ds_cursos/DS_Doctorado_UAM.htm)

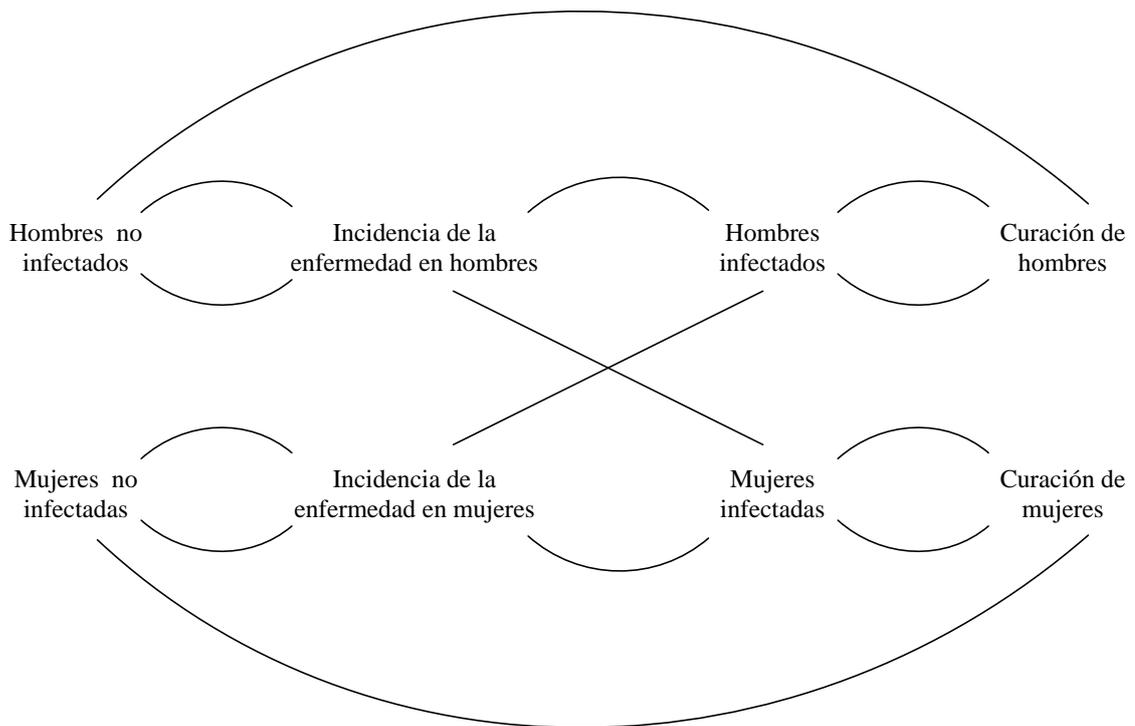
## A) EJERCICIOS TEÓRICOS

### 1. Este ejercicio está basado en los conocimientos adquiridos en el TEMA 1.

#### Ejercicio 1.1

El siguiente diagrama de influencias, donde se han omitido intencionadamente el sentido de las flechas y el signo de la influencia, se ha trazado con el fin de analizar una enfermedad de transmisión sexual, que no produce muertes, en un colectivo heterosexual cerrado.

- Complete de forma justificada el sentido y el signo de todas las influencias. Recuerde que puede hacerlo en el entorno de Vensim. También en PowerPoint.
- Enumere todos los bucles de realimentación que haya detectado después de complementar el diagrama. ¿Este modelo serviría para explicar una situación endémica de la enfermedad, es decir que siempre habrá hombres y mujeres infectados?



**No olvide justificar todas sus respuestas.**

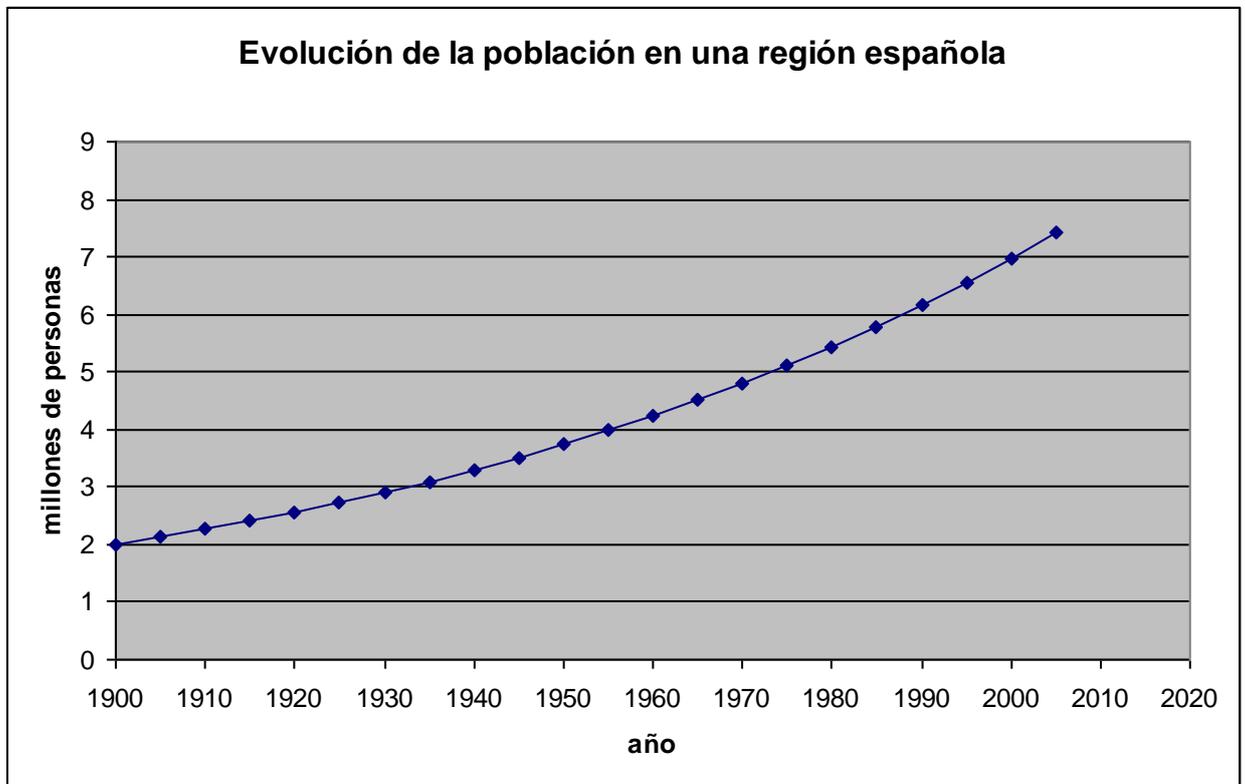
## 2. Estos ejercicios están basados en los conocimientos adquiridos en el TEMA 2.

### Ejercicio 2.1.

La siguiente gráfica muestra la evolución de la población en una región española (es una recreación a partir de datos del padrón publicados por el Instituto Nacional de Estadística).

- ¿A qué tipo de arquetipo cree que responde esta evolución?
- ¿Qué función matemática y/o modelo dinámico emplearía para predecir los valores de esa población en los próximos años?

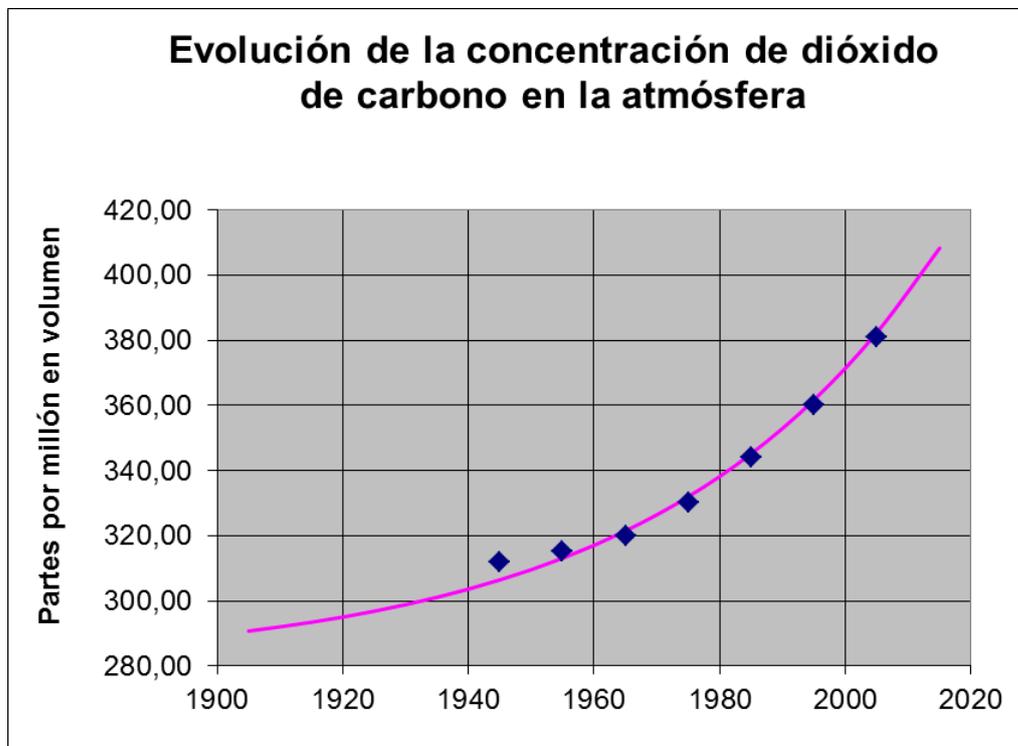
**No olvide justificar todas sus respuestas.**



## Ejercicio 2.2.

La siguiente figura muestra datos de la concentración media de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, tomados cada 10 años entre 1945 y 2005. Estos datos están basados en las medidas realizadas por el profesor R. Revelle en el Mauna Loa (la montaña más alta de la Isla Grande de Hawai), que aparecen comentadas en el libro "La verdad incómoda" de A. Gore. Junto a los datos se ha representado (en trazo continuo) la siguiente función, que parece ajustar bien estos datos:

$$c(t) = 280 + e^{\frac{0.7(t-1800)}{31}}$$



a) ¿A qué tipo de arquetipo cree que responde esta evolución?

b) El valor 280 representa la concentración de CO<sub>2</sub> que se suele asignar a la era preindustrial y sirve de base al resto de las medidas, ¿qué interpretación le merece el dato 31 en la expresión  $c(t)$ ?

c) ¿Qué modelo dinámico, en lugar de la función anterior, emplearía para predecir los valores de la concentración en los próximos años?

**Comente y clasifique cada una de las variables del modelo.**

## B) DESARROLLO DE MODELOS

### 3. Modelo de POBLACIÓN

Desarrolle el modelo de POBLACIÓN que se describe paso a paso en el documento de aprendizaje de Vensim.

Describa algunos escenarios de evolución de la población.

Envíe el modelo en formato de Vensim **Población.mdl** y los escenarios desarrollados

### 4. Modelo básico de DIFUSIÓN DE UNA EPIDEMIA

Vamos a considerar un proceso básico de la difusión de una epidemia en un población total (PT) de 500 personas, a partir de una persona que está enferma (PE(0)=1). El modelo empleado viene descrito por las siguientes ecuaciones:

$$(1) \quad \frac{d PE(t)}{dt} = FC(t)$$

$$(2) \quad PS(t) = PT - PE(t)$$

$$(3) \quad FC(t) = CPE \cdot PCD \cdot PS(t) \cdot PE(t)$$

Siendo,

PT:	población total
PE:	población enferma
PS:	población sana
FC:	flujo de contagio. Número nuevos de casos que aparecen por unidad de tiempo. La representación gráfica de este flujo es la curva epidémica
CPE:	contactos que propagan la enfermedad.
PCD:	porcentaje de contactos diarios

El producto PS(t)·PE(t) nos da el número total de posibles contactos entre personas sanas y personas enfermas. De estos contactos sólo se produce un porcentaje de contactos diarios (PCD). Del número de contactos reales (PCD· PS(t)·PE(t)) sólo una fracción dará lugar a la propagación de la enfermedad (CPE).

Asunciones del modelo:

1. No existe período de incubación. Asumimos que cualquier contacto produce enfermedad en el acto.

2. No existen fallecimientos a causa de la enfermedad
3. No existen curaciones. Una vez que la persona está enferma, permanece en este estado.

Considerando que:

- La unidad del tiempo es el día.
- El porcentaje de contactos diarios (PCD = 0.02) es del 2%
- Un 5% de los contactos producen contagio por día (CPR = 0.05)

**Responda a las siguientes cuestiones:**

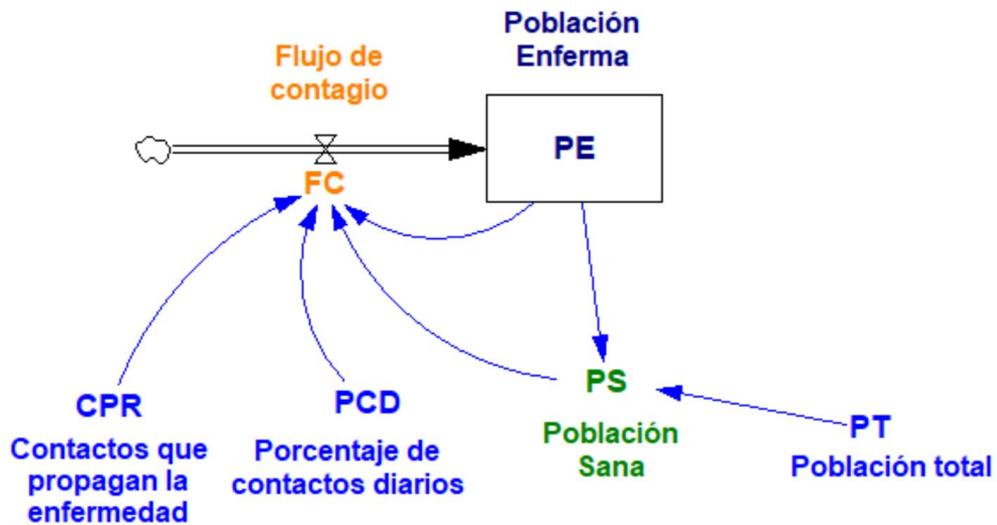
- a) Complete el diccionario de variables, especificando tipo (nivel, flujo, auxiliar, constantes) y las unidades (personas, persona/día, adimensional, etc.) de cada una de ellas.

DICCIONARIO DE VARIABLES (Clasificación y unidades):

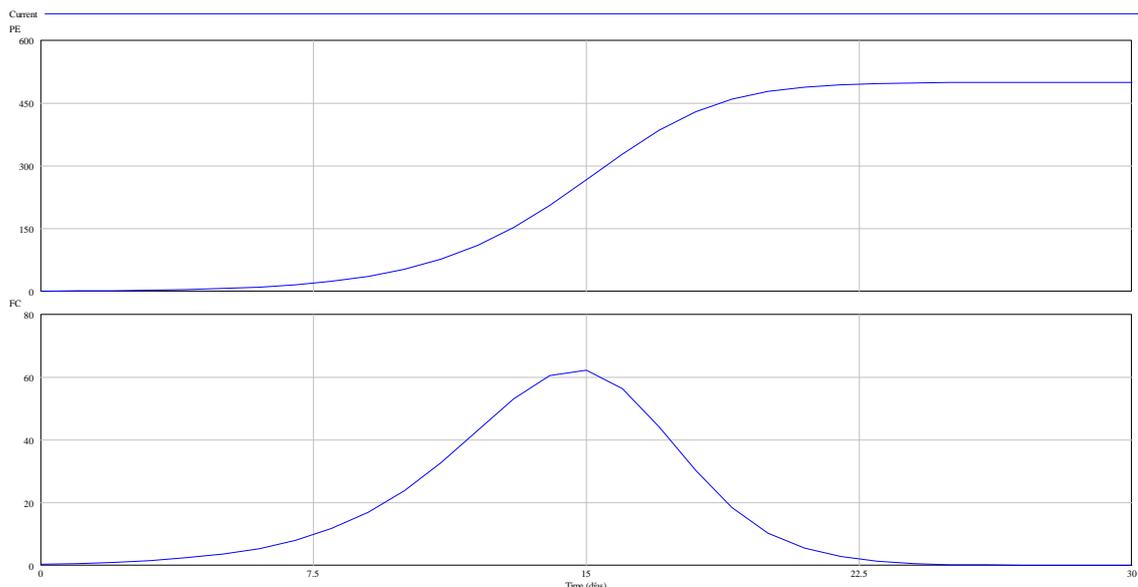
<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>TIPO-UNIDADES</b>
PE	Población enferma	
FC	Flujo de contagio	
PS	Población sana	
PT	Población total	
PCD	Porcentaje de contactos diarios	
CPE	Contactos que propagan la enfermedad	

- b) Dibujar y enviar (en formato *nombre.mdl*) el siguiente diagrama de Forrester (no le ponga la etiqueta con los nombres a las variables)

### Modelo básico de la propagación de una epidemia



- c) Simular al menos 30 días (utilizando la aproximación de EULER) y dibujar en una misma gráfica las variables PE (casos acumulados) y FC (curva epidémica) frente al tiempo. Si lo ha realizado correctamente, con los valores iniciales indicados, el resultado será:



Describe los resultados obtenidos (día pico, casos diarios y acumulados en el día pico, día de inicio y finalización de la epidemia, etc.)

Fíjese que no toda la población desarrolla la enfermedad, ¿cuál sería la razón? ¿qué explicación podría tener desde el punto de vista de la historia natural de la enfermedad?

- d) Los valores y las gráficas del apartado anterior se han obtenido considerando que el flujo de contagio por día es un número real. ¿Qué ocurre si en este modelo se añade como hipótesis adicional que el número de personas que pasan a estar enfermas tiene que ser un número entero? ¿Se obtienen resultados realistas?

- La ecuación de la variable PE es FC y el valor inicial es 1. Para que solo se simulen numero enteros debería ser INTEGER(FC). En este caso, ¿aparece la epidemia con solo 1 caso inicial?, ¿cuál sería el número mínimo de casos para que se iniciara la epidemia?

- e) Plantee varios escenarios modificando los valores de las variables constantes. Describa los resultados que obtenga y compárelos con el resultado original (apartado c)

**Envíe el modelo en formato de Vensim y un pequeño informe con las respuestas a las cuestiones**