

## **Modelos del Area Ambiental**



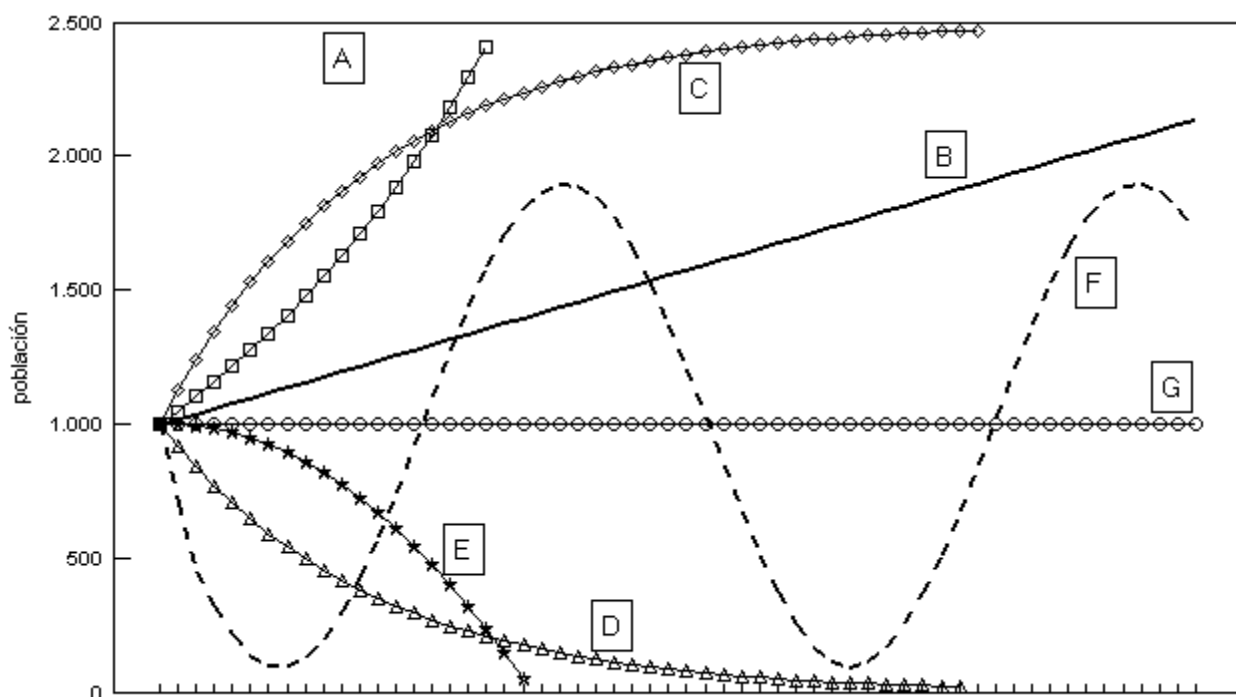
## 5.1. DINAMICA POBLACIONAL

Una población se halla formada inicialmente por 1000 individuos, su tasa de natalidad es del 5% semanal, y su esperanza media de vida es de 100 semanas. No hay migraciones y la distribución de edades de la población es uniforme. Si se mantienen constantes la tasa de natalidad y la esperanza de vida obtendremos una determinada evolución temporal del número de individuos. ¿Puedes hacer una estimación sin ayuda del ordenador de qué sucederá con el número de individuos en estas circunstancias al cabo de pocas semanas?

Si se escogen otros valores, igualmente constantes, de la tasa de natalidad y la esperanza de vida, se obtendrán diferentes evoluciones temporales (trayectorias) del número de individuos. ¿Es posible decir antes de simular en el ordenador, cuales de las trayectorias siguientes son posibles y cuales son imposibles?



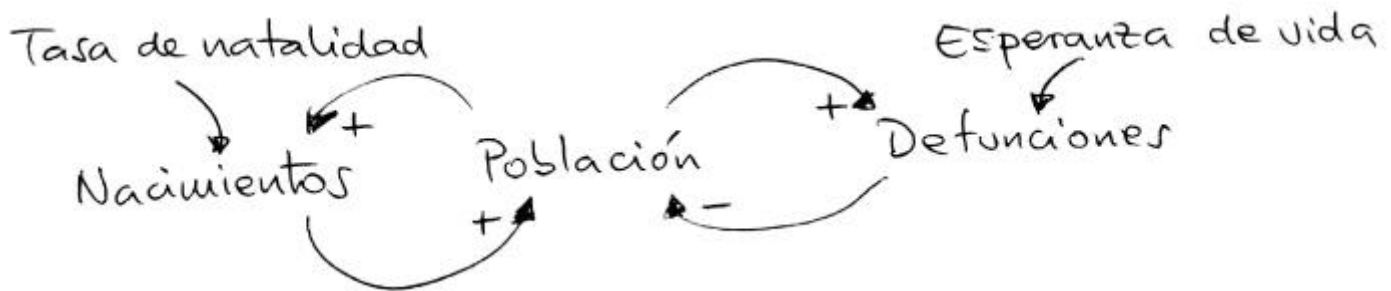
(Respuesta en la página siguiente. Se puede utilizar un Diagrama causal o uno de flujos).



Vamos a utilizar un Diagrama Causal y vamos a representar los elementos del sistema, que en este caso son: Población, Tasa de Natalidad, Nacimientos, Esperanza de Vida y Defunciones

Las relaciones que existen entre ellos son:

- A más población más nacimientos (positivo)
- A más nacimientos más población (positivo)
- A más población más defunciones (positivo)
- A más defunciones menos población (negativo)



Podemos observar que hay un bucle positivo (nacimientos – población) y otro bucle este negativo (población – defunciones). Por lo tanto cuando domine el bucle positivo podremos tener las típicas trayectorias de crecimiento o colapso (la A o la E) y cuando domine el bucle negativo podremos tener las usuales trayectorias estabilizadoras (la C o la D). Por lo tanto ya podemos excluir las trayectorias B y F entre las opciones posibles. Si nos fijamos no podemos excluir la G ya que en realidad es cualquiera de las trayectorias citadas como posibles, pero con una pendiente nula.



El diagrama de flujos nos puede ayudar a confirmar la viabilidad de las trayectorias que hemos visto que son posibles en base al diagrama causal. Así de las dos trayectorias creadas por el bucle positivo solo la que ofrece un comportamiento creciente es posible (la A), ya que se trata de un bucle en un flujo de entrada. De las dos trayectorias posibles provocadas por el bucle negativo solo la decreciente (la D) es posible ya que se trata de un bucle en flujo de salida.

Por lo tanto sólo son posibles las trayectorias A y D, además de la G.

Los modelos de simulación no son han de convertirse en una caja negra en la que el usuario no pueda verificar que es lo que está sucediendo. En los casos más sencillos como este podemos comprobar lo que el modelo está haciendo utilizando una hoja de cálculo.

Para ello calcularemos los Nacimientos de un periodo como el producto de la Población inicial del periodo por la Tasa de Natalidad, y calcularemos las Defunciones como la Población inicial dividida por la Esperanza de Vida. La Población final será igual a la Población inicial más los Nacimientos menos las Defunciones.

Tomaremos la Población inicial de cada periodo igual que la Población final del periodo anterior.

Periodo	Población inicial	Nacimientos	Defunciones	Población final
1	1000,000	50,000	10,000	1040,000
2	1040,000	52,000	10,400	1081,600
3	1081,600	54,080	10,816	1124,864
4	1124,864	56,243	11,249	1169,859
5	1169,859	58,493	11,699	1216,653
6	1216,653	60,833	12,167	1265,319
7	1265,319	63,266	12,653	1315,932
8	1315,932	65,797	13,159	1368,569
9	1368,569	68,428	13,686	1423,312
10	1423,312	71,166	14,233	1480,244
11	1480,244	74,012	14,802	1539,454
12	1539,454	76,973	15,395	1601,032
13	1601,032	80,052	16,010	1665,074
14	1665,074	83,254	16,651	1731,676
15	1731,676	86,584	17,317	1800,944
16	1800,944	90,047	18,009	1872,981
17	1872,981	93,649	18,730	1947,900
18	1947,900	97,395	19,479	2025,817
19	2025,817	101,291	20,258	2106,849
20	2106,849	105,342	21,068	2191,123

Así pues podemos ver con la ayuda de la hoja de cálculo como con los valores iniciales que hemos tomado la población se duplica en 20 periodos (semanas en este caso). El motivo es que existe una diferencia positiva entre Nacimientos y Defunciones, y que además esta diferencia es creciente en un periodo en relación al anterior.

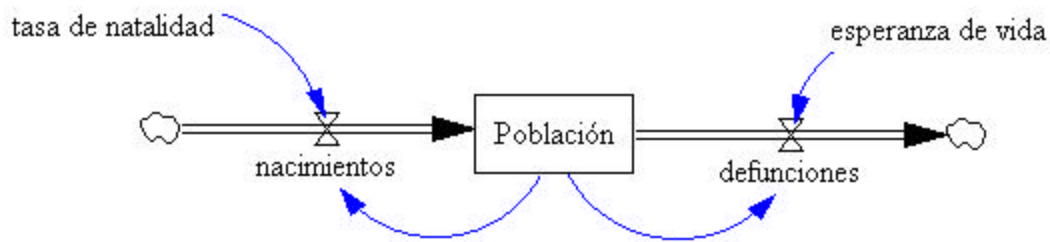
Ahora vamos a reproducir este mismo comportamiento con ayuda del software de simulación Vensim.

El propósito de este ejercicio es ver como se instala el software y tener un primer contacto con él, que persigue ver la forma en la que se crean los diagramas de flujos en el ordenador, como se entran las ecuaciones, como se simula y como se obtienen los resultados.

### Instalación del software

1. Colocar el CD en el lector. Desde la pantalla inicial de Windows pulsar en el icono de "Mi PC" ... (esperar unos segundos).. Unidad D: ... Carpeta Vensim ... y pulsar en Icono Venple32. Aceptar el "agreement" leyéndolo hasta el final. Escoger la versión de "Install Vensim for learning and personal use only". Esta versión no tiene fecha de caducidad. Se crea un icono con el nombre Vensim PLE en una carpeta nueva. Tarda unos pocos minutos. También se puede descargar desde <http://www.vensim.com>
2. Pulsar en el icono de Vensim PLE para empezar a trabajar.

### Introducción del modelo Población en el ordenador



1. En la pantalla inicial teclear File>New Model
2. Aceptar los valores por defecto de Initial time, Final time, etc. Pulsar OK
3. Dibujar el Nivel de Población, así:



Pulsar el icono . Llevar el cursor al área de dibujo (hacia el centro) y pulsar una vez. Escribir el nombre de "Población" dentro del recuadro y pulsar Intro.

4. Dibujar los Flujos, así:




Pulsar el icono . Llevar el cursor al área de dibujo (a la izquierda) y pulsar una vez. Moverlo hasta **dentro** del recuadro de población y pulsar. Aparece un recuadro donde hemos de teclear "nacimientos" e Intro. Repetimos estos pasos para crear el flujo "defunciones" así: Colocar el cursor **dentro** del rectángulo que dice "población", pulsar 1 vez, desplazar el cursor a la derecha y pulsar otra vez. Escribir "defunciones" dentro del rectángulo, e Intro.

5. Dibujar las Variables auxiliares



Pulsar el icono . Llevar el cursor al área de dibujo (debajo de nacimientos) y pulsar una vez.. Escribir "tasa de natalidad" dentro del rectángulo e Intro. Repetirlo con "esperanza de vida" debajo de defunciones.

## 6. Dibujar las Relaciones (flechas)


Pulsar el icono . Llevar el cursor al área de dibujo. Situarlo con la punta de la flecha sobre el literal "tasa de natalidad" y pulsar. Desplazarlo hasta "nacimientos" y volver a pulsar. Repetirlo con "esperanza de vida" y "defunciones". Repetirlo con "Población" y "nacimientos", y repetirlo con "Población" y defunciones.

Pinchar en el círculo que se halla en cada flecha y desplazarlo un poco para dar forma curvada a la flecha.

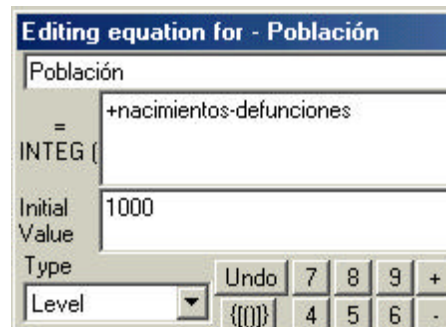
Ha de quedar como se muestra en la figura de la página de la página anterior.

## 7. Ecuaciones

El software ya escribe las ecuaciones de acuerdo con el Diagrama de Flujos que le hemos dibujado. Falta completar el valor inicial en el Nivel, y las relaciones aritméticas en los flujos. A las Variables auxiliares, que tomaremos constantes, hay que darles un valor.

Pinchar el icono . Se ponen en negro todos los literales.

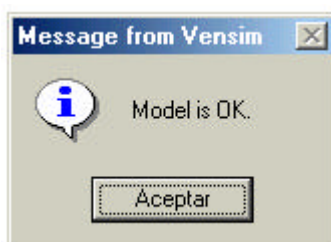
Pinchar el literal de "Población". En la pantalla que se abre donde pone "Initial value" indicar 1000, luego hacer OK.



Pinchar el literal de "defunciones", en la nueva pantalla seleccionar en el Área de variables la de "Población", luego señalar dividir (/) y luego seleccionar "esperanza de vida". Dar OK.


Hacer lo mismo para nacimientos indicando que son la "Población" multiplicado por la "tasa de natalidad".

A la "tasa de natalidad" asignarle un valor de 0.05 (cero-punto-cero-cinco) y a la "esperanza de vida" de 100.

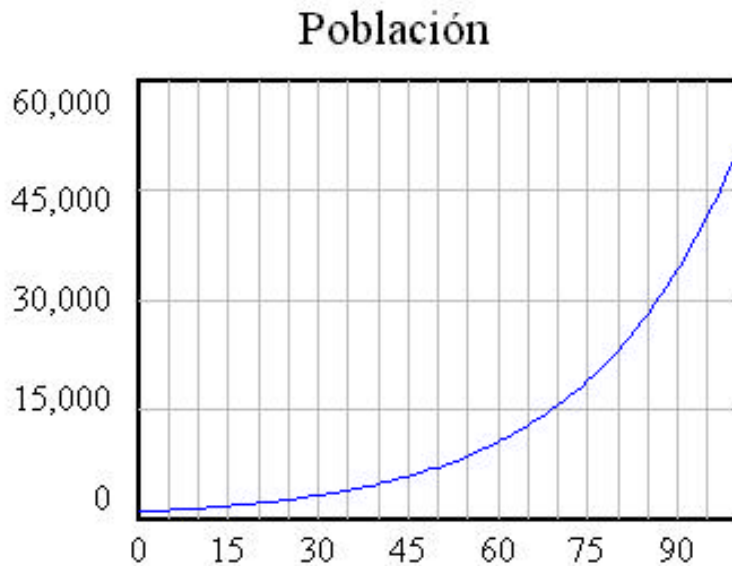


En el menú de la barra superior escoger Model > Check Model ha de aparecer Model is OK.



### Ejecutar el modelo (Simular)


Pulsar en el icono . Si sale cualquier mensaje decir "sí" o dar un nuevo nombre a la simulación.

### Resultados




Hay varias formas de visualizar el resultado de la simulación. A la izquierda de la pantalla hay iconos para ver la evolución temporal de un elemento y sus causas: .

La evolución temporal de un elemento sólo:  .

La tabla de los valores del elemento: .


Para ver la evolución temporal de un elemento hay que pulsar rápido 2 veces sobre el nombre del elemento en la pantalla (doble click), y a continuación escoger aquella de las tres formas anteriores de visualización que nos interese (en los iconos de la izquierda).


Otra forma de ver el resultado en forma de gráfico de la simulación es ir al menú: Windows - Control Panel - Graphs - New - Sel.


Se puede imprimir, seleccionando el icono  que se halla en el marco de la gráfica.

### Otros

Para guardar el modelo teclear File - Save o el icono .

Para listar las ecuaciones e imprimirlas, usar el icono: .

Para ver las relaciones entre las variables, usar el icono: .

Para añadir comentarios a la ecuación de un variable, usar el icono: .

Y por último, si se producen errores en el dibujo del Diagrama de Flujos, usar el icono:

