

## 5.6. PROBLEMÁTICA GANADERA

En España periódicamente aparecen en la prensa los ganaderos del porcino, clamando contra los bajos precios, y pidiendo ayudas de intervención en el mercado. Cuando los precios se recuperan - sin intervención pública - los ganaderos vuelven al anonimato. La evolución del número de cerdos sacrificados en matadero presenta ciclos de alta y baja producción. Deseamos conocer las causas de estas oscilaciones y que estrategias se deben de seguir para conseguir estabilizar el mercado.

En la producción y consumo de embutidos intervienen tres clases de actores: ganaderos, tocineros, y consumidores. Los tocineros compran cerdos a los ganaderos y manufacturan los cerdos para obtener embutidos, y los venden a los consumidores.

Para comprender mejor los ciclos que aparecen en la producción y consumo de embutidos, será de ayuda construir dos modelos: uno enfocado en el proceso de crianza y engorde de cerdos en la granja, y el otro en la venta de embutidos. Luego combinaremos ambos modelos para obtener uno más global que permita analizar la aparición de comportamientos cíclicos. Es más fácil empezar con el modelo de la venta de embutidos, y luego tomar el tema de la crianza de cerdos, para finalmente combinar ambos modelos.

### Parte 1: La venta y consumo de embutidos.

El elemento principal en el modelo de la venta de embutidos son las existencias mantenidas por los tocineros. Cuando los cerdos son sacrificados en las granjas, los embutidos obtenidos son almacenados como existencias en las tocinerías, cuando estos productos son vendidos disminuyen las existencias. [Existencias de embutidos  $\leftarrow$  Producción - Consumo] En general la cantidad de embutido que el público consume depende del precio. [Embutido consumido por persona  $\leftarrow$  Precio del embutido].

Para construir el modelo inicial de la venta de embutidos, se puede presuponer que el número de cerdos sacrificados cada mes es una variable exógena y constante: 750.000 de cerdos por mes. Los cerdos pesan alrededor de 100 kilos cada uno, y en la elaboración de los embutidos se utiliza el 80% del peso total. (Esto significa que cada cerdo produce  $0,80 \cdot 100 = 80$  kilos de embutido). Así pues un sacrificio de 750.000 cerdos por mes corresponde a una producción de embutido de 60 millones de kilos cada mes. [Producción  $\leftarrow$  Sacrificio de cerdos  $\times$  Peso por cerdo  $\times$  Ratio útil del cerdo].



Como media, cada persona normalmente consume sobre 1,5 kilos de embutido cada mes. Si consideramos a la población (tamaño del mercado al que se abastece) constante en 40 millones de personas, el consumo total de embutido cada mes es  $1,5 \times 40$  millones = 60 millones de kilos de embutido por mes. Pero cuando el precio es alto en relación al precio normal del embutido, las personas consumen algo menos de 1,5 kilos por mes, cuando el precio es bajo consumen algo más. [Consumo  $\leftarrow$  Población x Embutido consumido por persona].

El precio del embutido depende del precio del cerdo. [Precio del embutido  $\leftarrow$  Precio del cerdo]. Y el precio del cerdo depende de la oferta y la demanda. Podemos suponer que los tocineros tienden a tener almacenados la cantidad correspondientes a medio mes ventas. Cuando el stock disminuye, en relación a su situación normal, los tocineros están dispuestos a pagar precios más altos en sus compras de cerdos. Cuando el stock está alto, los tocineros tienden a reducir sus compras y el precio del cerdo disminuye. [Precio del cerdo  $\leftarrow$  Cobertura].

Consideremos que el precio normal de los cerdos en vivo es de 3 Euros/kilo y que los tocineros cargan un margen de 7 euros/kilo en la venta al consumidor, ya que no todo se aprovecha y tienen unos importantes costes de transformación y distribución. Así pues cuando el precio del cerdo está en su valor normal (3 euros/kilo), el precio del embutido a los consumidores es de 10 Euros/kilo.

## DISEÑO DEL MODELO

1). Dibuje el diagrama de flujos y escriba las ecuaciones del modelo. En este modelo se acude en varias ocasiones al "valor normal" de un parámetro, lo cual simplifica las relaciones posteriores en las Tablas.

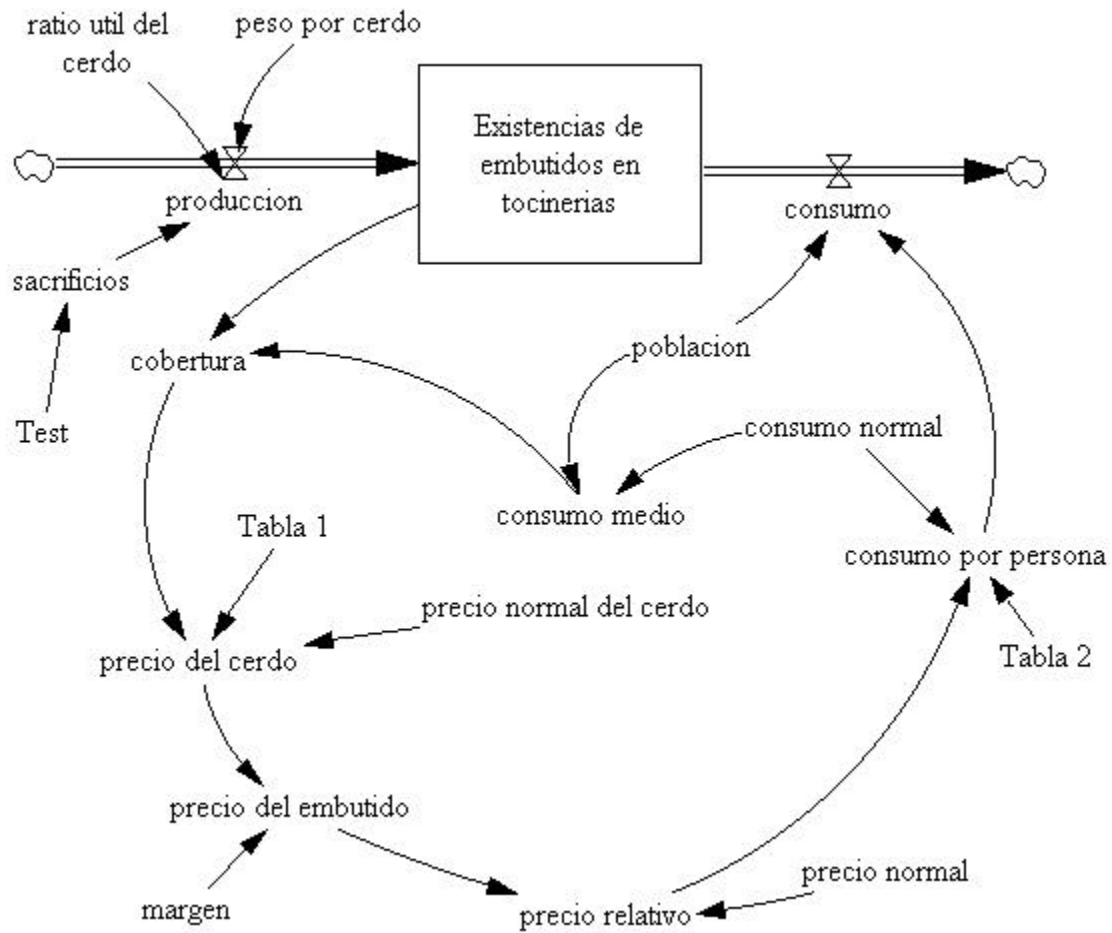
2). Ponga la ecuación del Test igual a 0 y compruebe que el modelo se halla en equilibrio. Esto nos asegura que el modelo y la realidad pueden funcionar sin oscilaciones.

3). Una vez haya obtenido un modelo que funcione en equilibrio, pruebe la respuesta del modelo ante una alteraciones externas. Por ejemplo, vea como responde el sistema a una aumento de los sacrificios con el Test.

Ejemplo basado en un caso del libro Computer Simulation de Nancy Roberts et al. Addison Wesley

Nota final: En este ejemplo se ha simplificado en gran manera la realidad. En España actualmente los cerdos son engordados durante 5 meses, salvo situaciones muy especiales (tipo montanera). Las cerdas para crianza si que se destinan al sacrificio cuando acaba su ciclo reproductivo. Se llaman cerdas de desvieje y se utilizan para embutidos porque para carne fresca no sirven. Una cerda reproductora muy difícilmente llega a tener de 18 lechones/año.

## Modelo 1



- (01)  $\text{cobertura} = \text{Existencias de embutidos en tocinerías} / \text{consumo medio}$   
 Units: mes  
 Numero de meses que se puede atender al consumo medio con las Existencias de embutidos en las tocinerías.
- (02)  $\text{consumo} = \text{poblacion} * \text{consumo por persona}$   
 Units: kilos/mes
- (03)  $\text{consumo medio} = \text{poblacion} * \text{consumo normal}$   
 Units: kilos/mes
- (04)  $\text{consumo normal} = 1.5$   
 Units: kilos/persona/mes
- (05)  $\text{consumo por persona} = \text{consumo normal} * \text{Tabla 2}(\text{precio relativo})$   
 Units: kilos/(mes\*persona)

- (06) Existencias de embutidos en tocinerías =  $\frac{+producción - consumo}{30000000}$   
Units: kilos
- (07) FINAL TIME = 48  
Units: mes
- (08) INITIAL TIME = 0  
Units: mes
- (09) margen = 7  
Units: euros/kilo
- (10) peso por cerdo = 100  
Units: kilos/cerdos
- (11) poblacion = 40000000  
Units: persona  
Poblacion española de 40.000.000 aprox.
- (12) precio del cerdo = precio normal del cerdo \* Tabla 1 (cobertura)  
Units: euros/kilo
- (13) precio del embutido = precio del cerdo + margen  
Units: euros/kilo
- (14) precio normal = 10  
Units: euros/kilo
- (15) precio normal del cerdo = 3  
Units: euros/kilo
- (16) precio relativo =  $\frac{\text{precio del embutido}}{\text{precio normal}}$
- (17) producción = sacrificios \* peso por cerdo \* ratio útil del cerdo  
Units: kilos/mes
- (18) ratio útil del cerdo = 0.8  
Porcentaje del peso del cerdo que se aprovecha para embutidos.
- (19) sacrificios =  $750000 + \text{Test}$   
Units: cerdos/mes
- (20) Tabla 1 (0,4),(0.25,2),(0.5,1),(0.75,0.9),(1,0.8),(3,0.5)  
cuando la cobertura del stock es de 0.5 meses el precio del cerdo es igual al normal,  
punto 0.5,1

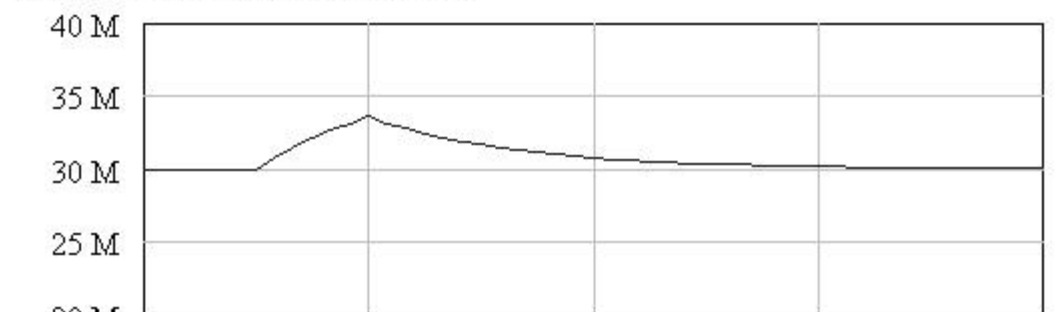
(21) Tabla 2  $(0.5,1.5),(1,1),(1.5,0.9),(2,0.75)$   
 El punto (1,1) es obligatorio ya que representa la situación normal de consumo.

(22) Test= PULSE(6,6)\*10000  
 Units: cerdos/mes

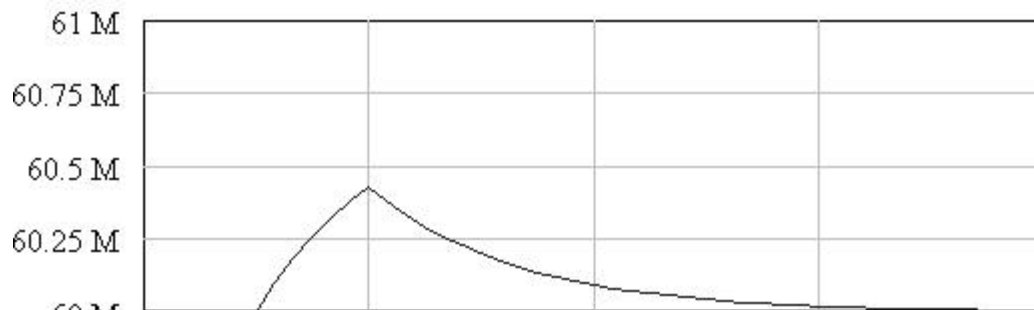
Queremos ver el efecto de una leve variación en el numero de sacrificios. Normalmente se sacrifican 750.0000 cerdos al mes y simularemos que desde el periodo 6 al 12 esta cifra se incrementa en 10.000. Usaremos la función PULSE que tomará el valor 1 desde el periodo 6 durante 6 periodos, es decir hasta el 12, y la multiplicamos por 10.000 para obtener el valor de 10.000 en este periodo.

(24) TIME STEP = 1

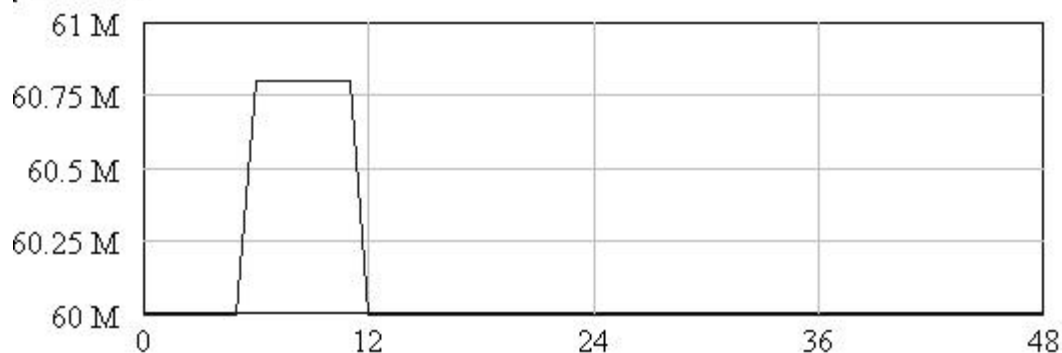
Existencias de embutidos en tocinerías



consumo



produccion



## Parte 2. La crianza de cerdos

En la parte 1 tomamos como hipótesis que el sacrificio de cerdos era una variable exógena. Ahora vamos a desarrollar un modelo sobre la crianza de los cerdos para simular la cantidad de sacrificios anuales en matadero. Para este modelo, tomaremos como variable exógena y constante el precio del cerdo. En la parte 3, vamos a combinar los dos modelos para simular tanto el precio del cerdo y la cantidad de sacrificada.

Los ganaderos distinguen entre dos clases de cerdos. Cerdos para el mercado y cerdos para crianza. Los cerdos para el mercado (que pueden ser machos y hembras) son engordados durante seis meses después de su nacimiento, y luego son sacrificados. Las hembras destinadas al mercado no tienen crías. Las hembras para crianza (llamadas marranas) son criadas por separado como "ganado para crianza" y son utilizadas exclusivamente para crianza. Consideraremos que no son sacrificadas para embutidos. (Esta es una descripción simplificada de la realidad que tomaremos como correcta).

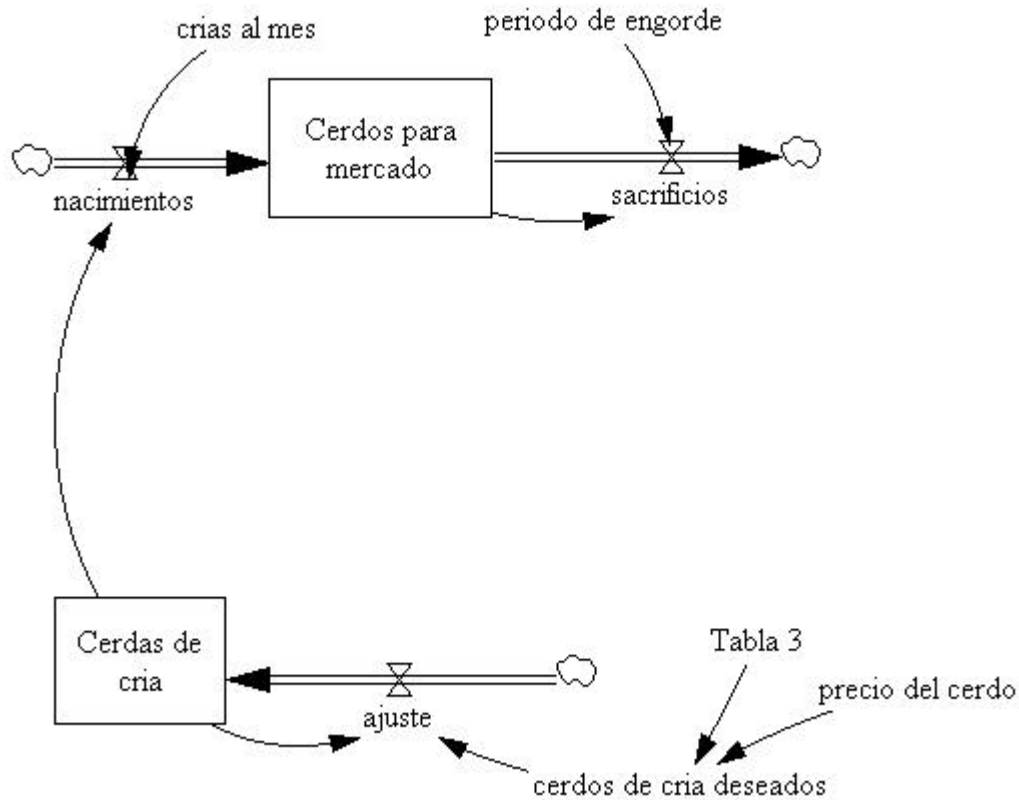
Los ganaderos modifican el tamaño de su piara ajustando el número de marranas, es decir de su "ganado para crianza". Cuando el precio del cerdo es superior al normal, los ganaderos generalmente desean incrementar el tamaño de su piara, y cuando el precio del cerdo es menor que el normal, procuran disminuir el tamaño de su piara. [Cerdos para cría  
← Precio del cerdo]

## DISEÑO DEL MODELO

a). Dibuje el diagrama de flujos y escriba las ecuaciones para un modelo de la crianza de cerdos. Supondremos que cada cerda reproductora da luz a 18 cerdos cada año (1,5 cada mes). También supondremos que los cerdos son engordados 6 meses antes de que estén listos para ser llevados al mercado. La parte más difícil del modelo es el "Ajuste" entre el tamaño de la piara deseada y la real en un plazo de tiempo determinado. Usaremos una TABLA para determinar la "piara deseada" como una función del precio del cerdo. Tomaremos el precio del cerdo como variable exógena a 3 euros/kilo. Necesitaremos también un valor inicial para las "cerdas de cría" y para el número de "cerdos para mercado". Escogeremos valores que produzcan un volumen de sacrificios de 750.000 cerdos por mes (el mismo valor asumido en la parte 1).

b). Una vez ha obtenido un modelo que se ejecuta en equilibrio, pruebe su comportamiento en respuesta a un incremento del 10% en el precio del cerdo desde el periodo 6 al 12. Para hacerlo puede añadir al precio del cerdo, que es 3, la función  $PULSE(6,6)*0.3$

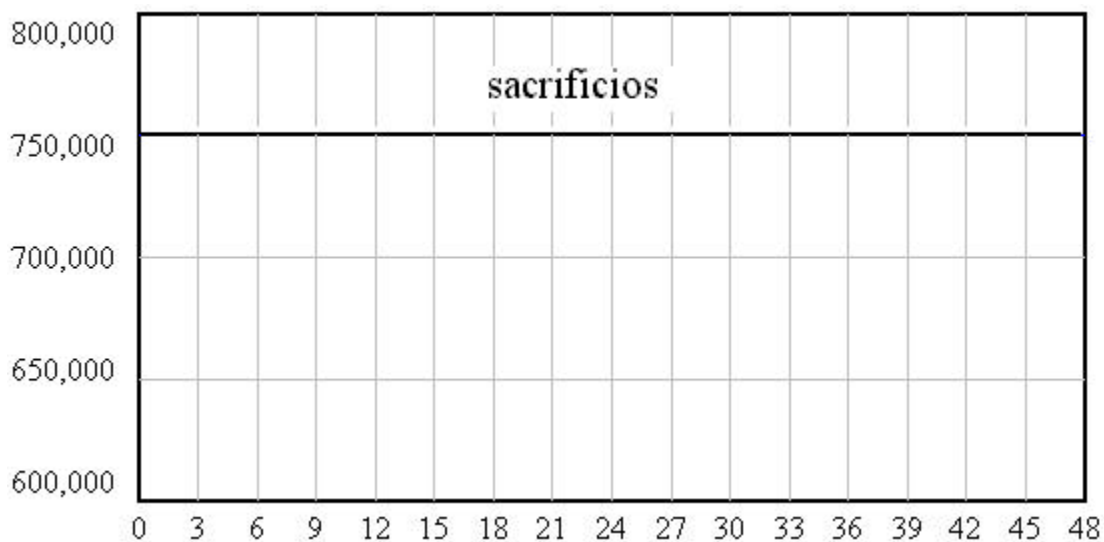
## Modelo 2



- (01)  $\text{ajuste} = \text{SMOOTH}(\text{cerdos de cria deseados} - \text{Cerdas de cria}, 3)$   
 Units: cerdos/mes  
 Se considera que el ajuste entre los Cerdos de Cria deseadis y los reales tarda 3 meses. Para ello se utiliza la función de retardo SMOOTH con una constante de tiempo de 3.
- (02)  $\text{Cerdas de cria} = \frac{\text{ajuste}}{500000}$   
 Units: cerdos  
 Llamadas "marranas" son las cerdas destinadas a la crianza. Por simplicidad consideraremos que no se aprovecha su carne para embutidos, aunque en realidad si se hace.
- (03)  $\text{cerdos de cria deseados} = \text{Tabla 3}(\text{precio del cerdo})$   
 Units: cerdos  
 Son función del precio del cerdo. De forma que cuando este se halla en 3 € (euros) la cantidad de cerdos de cria deseados es de 500.000, tal y como recogemos en la Tabla 3.

- (04) Cerdos para mercado= nacimientos-sacrificios  
4500000  
Units: cerdos
- (05) crias al mes=  
1.5  
Units: 1/mes  
Tomaremos una tasa de natalidad de 18 lechones a año, lo que significa que cada cerda de cria tiene 1,5 crias al mes
- (06) FINAL TIME = 48
- (07) INITIAL TIME = 0
- (08) nacimientos= Cerdas de cria\*crias al mes  
Units: cerdos/mes  
Tomaremos una tasa de natalidad de 18 lechones a año, lo que significa que cada cerda de cria tiene 1,5 crias al mes
- (09) periodo de engorde= 6  
Units: mes
- (10) precio del cerdo= 3  
Units: euros/kilo
- (11) sacrificios= (Cerdos para mercado/periodo de engorde)  
Units: cerdos/mes  
Consideraremos una vida media de 6 meses, por lo que en cada periodo sacrificaremos la sexta parte del nivel de Cerdos para el mercado. Añadimos un Test para ver el efecto de una leve variación en los sacrificios.
- (12) Tabla 3 (0,100000),(1,200000),(3,500000),(6,600000),(9,900000)  
Recoge la influencia entre el Precio del Cerdo (X) y la cantidad de Cerdos de Cria deseados (Y). De forma que cuando este se halla en 3 € (euros) la cantidad de cerdos de cria deseados es de 500.000, tal y como recogemos en la Tabla 3.
- (13) TIME STEP = 1





### Parte 3. Combinación de los dos modelos.

Vamos ahora a combinar los dos modelos desarrollados en las partes 1 y 2. Para hacer esto, todo lo que es necesario es usar el precio del cerdo del modelo 1 en lugar del precio del cerdo exógeno del modelo 2, y tomar el volumen de sacrificios del modelo 2 en lugar de la variable exógena en el modelo 1. Ejecute el modelo y examine los resultados. Si ha tomado los mismos valores iniciales que los indicados en los ejercicios 1 y 2 sin añadir ningún Test el modelo global se hallará en equilibrio.

Una vez haya obtenido el modelo en equilibrio, puede probar la respuesta del modelo ante alteraciones externas. Por ejemplo, pruebe la respuesta del modelo a una variación en el número de sacrificios como la introducida en la parte 1. Observará que si bien en el modelo de la parte 1 esta variación no producía oscilaciones ahora sí lo hacen.

Existen dos aspectos de especial interés en el estudio de los ciclos: período y intensidad. El período de un ciclo es el tiempo que transcurre entre un máximo y el siguiente. La intensidad se refiere a la diferencia entre el valor máximo y mínimo en un ciclo. Con los parámetros que hemos tomado el modelo de cerdos produce pequeñas oscilaciones y se hallan estabilizadas. (Algunos modelos producen oscilaciones que tienden a aumentar con el tiempo. Estas son denominadas oscilaciones "explosivas").

### DISEÑO DEL MODELO

Intente determinar que parámetros en el modelo influyen en el periodo y la intensidad de los ciclos. Una vez haya descubierto que parámetros influyen en las oscilaciones del sistema, puede explorar algunas estrategias que permitan reducir el grado en el que el sistema oscila como consecuencia de alteraciones exteriores.



- (01)  $\text{ajuste} = \text{SMOOTH}(\text{cerdos de cria deseados} - \text{Cerdas de cria}, 3)$   
 Units: cerdos/mes  
 Se considera que el ajuste entre los Cerdos de Cria deseados y los reales tarda 3 meses. Para ello se utiliza la función de retardo SMOOTH con una constante de tiempo de 3.
- (02)  $\text{Cerdas de cria} = \frac{\text{ajuste}}{500000}$   
 Units: cerdos  
 Llamadas "marranas" son las cerdas destinadas a la crianza. Por simplicidad consideraremos que no se aprovecha su carne para embutidos, aunque en realidad si se hace.
- (03)  $\text{cerdos de cria deseados} = \text{Tabla 3}(\text{precio del cerdo})$   
 Units: cerdos  
 Son función del precio del cerdo. De forma que cuando este se halla en 3 € (euros) la cantidad de cerdos de cria deseados es de 500.000, tal y como recogemos en la Tabla 3.
- (04)  $\text{Cerdos para mercado} = \frac{\text{nacimientos} - \text{sacrificios}}{4500000}$   
 Units: cerdos
- (05)  $\text{cobertura} = \frac{\text{Existencias de embutidos en tocinerias}}{\text{consumo medio}}$   
 Units: mes  
 Numero de meses que se puede atender al consumo medio con las Existencias de embutidos en las tocinerias.
- (06)  $\text{consumo} = \text{poblacion} * \text{consumo por persona}$   
 Units: kilos/mes
- (07)  $\text{consumo medio} = \frac{\text{poblacion} * \text{consumo normal}}{\text{mes}}$   
 Units: kilos/mes
- (08)  $\text{consumo normal} = 1.5$   
 Units: kilos/persona/mes
- (09)  $\text{consumo por persona} = \frac{\text{consumo normal} * \text{Tabla 2}(\text{precio relativo})}{\text{mes}}$   
 Units: kilos/(mes\*persona)
- (10)  $\text{crias al mes} = 1.5$   
 Units: 1/mes  
 Tomaremos una tasa de natalidad de 18 lechones a año, lo que significa que cada cerda de cria tiene 1,5 crias al mes
- (11)  $\text{Existencias de embutidos en tocinerias} = \frac{\text{+produccion} - \text{consumo}}{30000000}$

Units: kilos

(12)  $\text{FINAL TIME} = 48$

(13)  $\text{INITIAL TIME} = 0$

(14)  $\text{margen} = 7$   
Units: euros/kilo

(15)  $\text{nacimientos} = \text{Cerdas de cria} * \text{crias al mes}$   
Units: cerdos/mes  
Tomaremos una tasa de natalidad de 18 lechones a año, lo que significa que cada cerda de cria tiene 1,5 crias al mes

(16)  $\text{periodo de engorde} = 6$   
Units: mes

(17)  $\text{peso por cerdo} = 100$   
Units: kilos/cerdos

(18)  $\text{poblacion} = 40000000$   
Units: persona  
Poblacion española de 40.000.000 aprox.

(19)  $\text{precio del cerdo} = \text{precio normal del cerdo} * \text{Tabla 1(cobertura)}$   
Units: euros/kilo

(20)  $\text{precio del embutido} = \text{precio del cerdo} + \text{margen}$   
Units: euros/kilo

(21)  $\text{precio normal} = 10$   
Units: euros/kilo

(22)  $\text{precio normal del cerdo} = 3$   
Units: euros/kilo

(23)  $\text{precio relativo} = \text{precio del embutido} / \text{precio normal}$

(24)  $\text{produccion} = \text{sacrificios} * \text{peso por cerdo} * \text{ratio util del cerdo}$   
Units: kilos/mes

(25)  $\text{ratio util del cerdo} = 0.8$   
Porcentaje del peso del cerdo que se aprovecha para embutidos.

(26)  $\text{sacrificios} = (\text{Cerdos para mercado} / \text{periodo de engorde}) + \text{Test}$   
Units: cerdos/mes

Consideraremos una vida media de 6 meses, por lo que en cada periodo sacrificaremos la sexta parte del nivel de Cerdos para el mercado. Añadimos un Test para ver el efecto de una leve variación en los sacrificios.

- (27) Tabla 1 (0,4),(0.25,2),(0.5,1),(0.75,0.9),(1,0.8),(3,0.5)

cuando la cobertura del stock es de 0.5 meses el precio del cerdo es igual al normal, punto 0.5,1

- (28) Tabla 2 (0.5,1.5),(1,1),(1.5,0.9),(2,0.75)

El punto (1,1) es obligatorio ya que representa la situación normal de consumo.

- (29) Tabla 3 (0,100000),(1,200000),(3,500000),(6,600000),(9,900000)

Recoge la influencia entre el Precio del Cerdo (X) y la cantidad de Cerdos de Cria deseados (Y). De forma que cuando este se halla en 3 € (euros) la cantidad de cerdos de cria deseados es de 500.000, tal y como recogemos en la Tabla 3.

- (30) Test= PULSE(6,6)\*10000

Units: cerdos/mes

Queremos ver el efecto de una leve variación en el número de sacrificios.

Normalmente se sacrifican 750.0000 cerdos al mes y simularemos que desde el periodo 6 al 12 esta cifra se incrementa en 10.000. Usaremos la función PULSE que tomará el valor 1 desde el periodo 6 durante 6 periodos, es decir hasta el 12, y la multiplicamos por 10.000 para obtener el valor de 10.000 en este periodo.



En la gráfica de la página anterior podemos ver las oscilaciones que se producen como consecuencia de una alteración relativamente breve de uno de los parámetros del sistema.

Las oscilaciones de un sistema pueden ser de tres tipos:

- 1) Estables. Son aquellas que mantienen su periodo y amplitud (la diferencia entre el valor máximo y el mínimo) a lo largo del tiempo. Corresponden a un sistema estable, aunque con variaciones cíclicas de los valores de sus parámetros.
- 2) Decrecientes. Son aquellas oscilaciones que muestran una tendencia a la disminución de su amplitud. Son sistemas estables.
- 3) Crecientes. Son las que como en este ejercicio muestran una tendencia a un aumento de la amplitud. Son sistemas inestables.

Podemos ver mejor la tendencia que tiene un sistema con oscilaciones utilizando el esquema X-Y.

Para ello iremos al Control Panel – Graph – New y definiremos las dos variables que deseamos visualizar conjuntamente. En este caso utilizaremos la Existencia de embutidos y los Cerdos para el mercado.



El resultado obtenido nos muestra la evolución de los valores en cada periodo de estas variables y como se genera una espiral que es la otra forma de visualizar unas oscilaciones crecientes. Si observamos detenidamente el centro de la espiral corresponde a los valores iniciales de estas variables, y así Existencias de embutidos tiene un valor de 30.000.000 y los Cerdos para el mercado son 4.500.000

