Una aplicación de la teoría de sistemas al análisis de la evolución del sector vacuno en España

por J. ESTEBAN GARCIA
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de la Laguna

1. INTRODUCCION

El proceso de producción de carne se caracteriza por la necesidad que se tiene de reponer las existencias de reproductores con el fin de no agotar el capital ganadero. Como consecuencia, las posibilidades que una cabaña posee para su expansión se encuentran lógicamente limitadas por su capacidad para abastecer las demandas de inversión en capital vivo. Este aspecto resulta tanto más limitativo en la medida que es mayor el tiempo para alcanzar la edad fértil, así como la duración del período de gestación. De otra parte, la producción cárnica viene condicionada por el capital vivo existente y por el capital vivo que se desea mantener, siendo las expectativas de costos y precios las que condicionan fundamentalmente este último.

De todo ello se desprende que la racionalización de las decisiones privadas o públicas en el sector viene condicionada por la posesión de un instrumento capaz de estudiar la evolución previsible del mismo, y cuantificar las consecuencias que sobre dicha evolución tendrían las diferentes políticas alternativas. En este sentido la Teoría de Sistemas proporciona el marco metodológico adecuado, habiéndose aplicado ya a un gran número de problemas agrícolas Dent y Anderson (1971), Dalton (1975), Ray y Heady (1972), Miller y Halter (1973), y Chamero y Parraud (1974) entre otros.

El objetivo del presente trabajo consiste en formular un modelo capaz de representar la evolución de la ganadería vacuna española, analizando a partir de él la posibilidad de detectar los elementos de control del sistema en orden a controlar la evolución del

mismo según convenga. En este sentido resulta de gran interés las consecuencias que puedan derivarse en relación con la producción cárnica de la especie y la capacidad del sistema para abastecer por sí mismo a una demanda potencial creciente. Igualmente, y así se apunta en las conclusiones, el modelo expuesto permite incluirlo como submodelo de otro mayor en el que se tenga en cuenta aquellos sectores que por su especial dependencia o vinculación afectan y condicionan el desarrollo del sector bovino, aspecto este que consideramos interesante cara a destacar el papel de la simulación como instrumento de gran potencia para atacar problemas complejos, si bien el presente trabajo ha tratado de extraer al máximo las consecuencias analíticas que se deducen del modelo.

Por último destacar las posibilidades de ampliación y perfeccionamiento de la vía expuesta en el presente trabajo cara a su aplicación no sólo a nivel público sino privado, pudiendo llegar a «significar al sector agropecuario lo que la Contabilidad al ordenamiento empresario» (Chamero y Parraud, 1974).

2. LOS DATOS EXISTENTES Y EL PERIODO ANALIZADO

En relación con el censo ganadero vacuno los datos que se poseen son los proporcionados por el Censo Ganadero, que publica el Ministerio de Agricultura en el Anuario de Estadística Agraria. Los datos existentes hasta 1966 clsifican a los animales en tres categorías:

a) animales menores de un año;

b) animales comprendidos entre un año y tres años;

c) animales mayores de un año.

Esta clasificación se altera desde 1967, permaneciendo hasta hoy como:

a) animales menores de un año;

b) animales comprendidos entre un año y dos;

c) animales mayores de dos años.

La variación introducida en la clasificación nos ha llevado a que hayamos elegido como fecha inicial de nuestro estudio el año 1967.

Conviene señalar que no se poseen datos oficiales sobre los nacimientos anuales de teneros, lo que nos ha llevado a estimar éstos como:

$$\text{Nacidos en el año } t = \text{Censo año } t - \text{Censo año } (t-1) + \\ + \text{Cabezas sacrificadas año } t$$

Dada la escasa importancia que el sector exterior ha tenido en el volumen de ganado vivo, éste no ha sido considerado.

En la tabla 1 aparecen los datos originales correspondientes al período 1967-1976, presentándose en la primera columna la cifra de nacimientos anuales estimada por medio de la expresión anterior.

3. EL MODELO PROPUESTO

3.1. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

Los datos existentes y presentados en el epígrafe anterior nos sugieren un sencillo modelo para formular la evolución del censo de vacuno a partir de los datos disponibles en España. Así pues, y siguiendo el organigrama de la figura 1, tendremos:

$$\overline{X_{1,t}} = c_1 X_{5,t-1} \qquad [1]$$

$$X_{2,t} = c_2 X_{1,t} \qquad [2]$$

$$X_{3,t} = c_3 X_{2,t-1} \qquad [3]$$

$$X_{4,t} = c_4 X_{2,t-1} \qquad [4]$$

$$X_{5,t} = c_5 X_{3,t-1} + c_7 X_{5,t-1} \qquad [5]$$

$$X_{6,t} = c_6 X_{4,t-1} + c_8 X_{6,t-1} \qquad [6]$$

donde:

$X_{1,t}$ = Número de nacidos en el año t.

$X_{2,t}$ = Animales censados como menores de un año en el año t.

$X_{3,t}$, $X_{5,t}$ = Hembras censadas entre 1 – 2 años y mayores de dos años, respectivamente.

$X_{4,t}$, $X_{6,t}$ = Machos censados entre 1 – 2 años y mayores de dos años, respectivamente.

c_1 = Coeficiente que expresa el número de nacimientos viables por reproductora existente o fertilidad del inventario de reproductoras.

$c_i (i = 2, 3, \ldots, 8)$ = Coeficiente de supervivencia respectivo.

La consideración del sistema de ecuaciones en diferencias finitas formado por la [1], [2], [3] y [5] nos conduce a la expresión.

$$X_{5,t} = bX_{5,t-3} + c_7 X_{5,t-1} \qquad [7]$$

siendo $b = c_4 c_3 c_2 c_1 \leq 0{,}5$

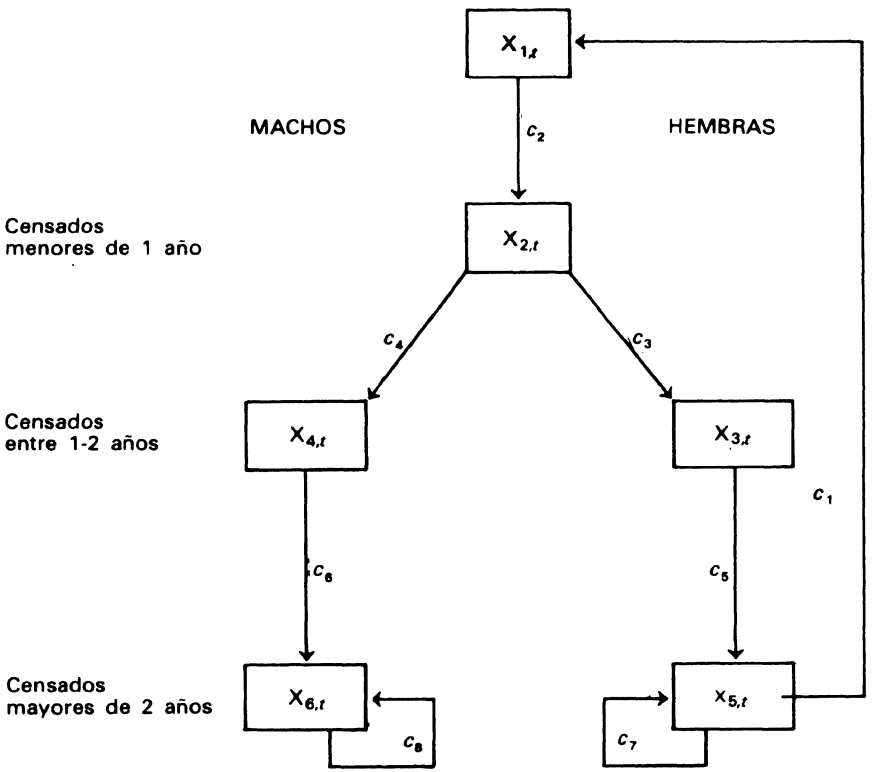
y cuya solución general resulta ser

$$X_{5,t} = Ar^t + m^t \ (B \cos \varphi t + c \operatorname{sen} \varphi t) \qquad [8]$$

donde r es la única raíz positiva del polinomio característico de la ecuación en diferencias finitas [7], correspondiendo el segundo sumando de [8] a sus raíces imaginarias.

Figura 1

Organigrama de la evolución del censo ganadero vacuno en España a partir de los datos existentes



Si bien en trabajos anteriores hemos demostrado que el módulo m es estrictamente inferior al valor de la raíz r, puede en este caso concreto acotarse aún más los módulos de las raíces del polinomio característico. En efecto, a partir de

$$r^3 = c_7 r^2 + b \qquad [9]$$

se tiene que

$$r = c_7 + \frac{b}{r^2}$$

A su vez, y dado el carácter creciente de la raíz r respecto a c_7 y b, resulta correcto afirmar que el supremo para la raíz real se obtendrá para los valores máximos de c_7 y b, valores que puedan considerarse 1 y 0,5, respectivamente, por lo que la raíz real r será menor que 1,2971..., es decir,

$$c_7 < r < 1{,}2971 \ldots \qquad [10]$$

Así mismo, siendo r la raíz real de [9], se tiene que

$$m = \sqrt{r(r - c_7)} \qquad [11]$$

por lo que teniendo en cuenta la [9], se llega a:

$$r^2(r - c_7) = b \qquad [12]$$

y

$$m^4 = b(r - c_7) \qquad [13]$$

Las últimas expresiones ponen de manifiesto que el mayor valor del módulo m se alcanzará cuando b y $(r - c_7)$ alcancen su máximo valor simultáneamente, lo cual exige, teniendo en cuenta la [10] y [12], que b alcance su máximo valor y c_7, por el contrario, su mínimo, esto es, $b = 0{,}5$ y $c_7 = 0$, con lo que el módulo m resultaría ser menor que 0,7983. Aún más, en el caso de que la raíz real resultara ser mayor que la unidad, el módulo sería en todo caso menor que 0,71.

Definiendo la tasa de expansión del inventario de reproductoras en el año t como:

$$r_t = \frac{X_{5,t} + 1}{X_{5,t}} \qquad [14]$$

resulta obvio de las consideraciones anteriores que:

$$\lim_{t \to \infty} r_t = r \qquad [15]$$

por lo que suponiendo los coeficientes $c_i (i = 1, 2, ..., 8)$ constantes en el tiempo, el inventario de reproductoras evolucionará a un régimen en el que la tasa de expansión es estable.

3.2. Estimación de parámetros

La estimación de los coeficientes de las expresiones [1] a [6] se ha realizado ajustando los datos de la tabla 1 a cada una de las expresiones, de forma independiente, por el método de mínimos cuadrados.

No resulta evidente que las hipótesis relativas al comportamiento de los residuos en el modelo mínimo cuadrático se verifiquen en nuestro caso, pudiéndose señalar dos razones básicas en contra de tal cumplimiento:

a) La existencia de retardos sugiere la existencia de correlación entre residuos así como la correlación entre residuos y variables explicativas.

b) En los casos en que no hay término independiente, resulta frecuente el que la varianza de los residuos dependa de los valores de las variables explicativas (Theil, 1971).

Lo expuesto nos ha llevado a obtener el coeficiente de Durbin-Watson y la correlación entre los residuos y las variables explicativas en los modelos estimados. Aunque el test de Durbin-Watson pierde potencia cuando el modelo incluye variables retardadas, esto afectaría únicamente a las dos últimas especificaciones (Nerlove y Wallis, 1966).

En la estimación minimocuadrática de los parámetros del modelo hemos supuesto que éstos permanecían constantes en el período estudiado. Para contrastar el realismo de este supuesto hemos ajustado nuevamente las expresiones [1] a [6], suponiendo que los coeficientes c_i eran funciones lineales del tiempo

$$c_i = a_i + b_i t \qquad [16]$$

estudiando posteriormente si era significativa la diferencia entre las sumas de cuadrados de los residuos de ambos supuestos.

3.3. Resultados obtenidos

Las estimaciones de los coeficientes c_i obtenidas bajo el supuesto de que han permanecido constantes en el período estudiado son:

TABLA 1

Ganado bovino: Serie histórica del censo de animales, por clases, en septiembre de cada año

Años	Nacidos * — Miles cabezas	Total animales — Miles cabezas	Animales menores de 12 meses — Miles cabezas	Animales de 12 a 24 meses			
				Total — Miles cabezas	Sementales — Miles cabezas	Machos no reproductores — Miles cabezas	Hembras — Miles cabezas
1967	1.540	3.914	867	739	30	167	542
1968	1.551	4.020	911	768	36	188	544
1969	1.677	4.216	971	786	31	187	568
1970	1.732	4.282	995	791	36	192	563
1971	1.619	4.169	937	762	29	195	538
1972	1.554	4.235	974	784	29	220	535
1973	1.972	4.495	1.076	844	35	249	560
1974	1.858	4.438	1.106	826	27	217	532
1975	1.935	4.335	1.035	788	24	205	558
1976	1.903	4.384	1.124	804	25	218	560
				Animales mayores de 24 meses			
1967				2.309	22	94	2.193
1968				2.342	24	84	2.234
1969				2.459	23	84	2.352
1970				2.496	27	76	2.393
1971				2.471	25	67	2.379
1972				2.477	26	57	2.394
1973				2.575	27	55	2.494
1974				2.505	30	51	2.424
1975				2.463	33	49	2.380
1976				2.456	32	49	2.375

Fuentes: Anuario de Estadística Agraria. Ministerio Agricultura. Secretaría General Técnica.
(*) Elaboración propia a partir de sacrificios anuales y censo anual publicado en Anuario de Estadística Agraria.

Coeficiente c_1

b = 0,74422
Coeficiente determinación = 0,9946
Correlación u^2 con x = 0,25848
S. c. residual = 150960
Coeficiente Durbin-Watson = 1,6657.

Coeficiente c_2

b = 0,57846
Coeficiente determinación = 0,99869
Correlación u^2 con x = 0,094589
S. c. residual = 13323
Coeficiente Durbin-Watson = 3,2737

Coeficiente c_3

b = 0,55833
Coeficiente determinación = 0,99489
Correlación u^2 con x = 0,11144
S. c. residual = 14251
Coeficiente Durbin-Watson = 0,48488

Coeficiente c_4

b = 0,23095
Coeficiente determinación = 0,98943
Correlación u^2 con x = 0,11958
S. c. residual = 5427,7
Coeficiente Durbin-Watson = 1,3961

Coeficientes c_5 *y* c_7

b = 0,68674, 0,84677
Coeficiente determinación = 0,99942
Correlación u^2 con x = 0,33176
S. c. residual = 29831
Coeficiente Durbin-Watson = 1,8864

Coeficientes c_6 *y* c_8

b = 0,3667, 0,86899
Coeficiente determinación = 0,99869
Correlación u^2 con x = 0,29471
S. c. residual = 99,419
Coeficiente Durbin-Watson = 1,4643

Todos los coeficientes de determinación han resultado ser significativos al 95 por 100, no resultando significativos a dicho nivel la correlación entre los residuos y las variables explicativas. Así mismo, el coeficiente de Durbin-Watson ha tomado valores coherentes con la hipótesis de inexistencia de autocorrelación a excepción hecha de la expresión [3], es decir, el modelo que estima c_3, que como veremos a continuación podría deberse a un error de especificación en el modelo, dado que la hipótesis de constancia de este coeficiente no es admisible.

En la tabla 2 figuran las sumas de cuadrados residuales de las expresiones [1] a [6] relativas a los supuestos de constancia y variación lineal en el tiempo de los coeficientes C_i, observándose que salvo para la tercera expresión no resultan significativas al 95 por 100 las diferencias existentes entre las sumas de cuadrados residuales.

TABLA 2

Contraste de la constancia de los coeficientes

Modelo	Suma cuadrados residual		F
	$C_i = K$	$C_i = a_i + b_{it}$	
$X_{1,t} = C_1 X_{5,t-1}$	150960	107140	2,863
$X_{2,t} = C_2 X_{1,t}$	13323	13295	0,016
$X_{3,t} = C_3 X_{2,t-1}$	14251	2922	27,136
$X_{4,t} = C_4 X_{2,t-1}$	5427	4718	1,051
$X_{5,t} = C_5 X_{3,t-1} + C_7 X_{5,t-1}$	29831	20528	1,133
$X_{6,t} = C_6 X_{4,t-1} + C_8 X_{6,t-1}$	99	83	0,460

Cabe destacar que el modelo utilizado para estimar c_3 suponiéndolo función lineal del tiempo, no sólo da lugar a una suma de cuadrados residuales significativamente menor que bajo la hipótesis de constancia, sino que además el coeficiente Durbin-Watson obtenido es de 1,8726, lo que permite aceptar la hipótesis de no correlación entre los residuos. Si a lo expuesto unimos que el coeficiente de determinación es así mismo elevado 0,999, parece razonable aceptar la hipótesis de variación lineal con el

tiempo de c_3 para la estimación del tercer modelo. Los resultados de esta estimación son:

$$X_{3,t} = (0{,}63304 - 0{,}013918t)X_{2,t-1}$$

lo que da un valor medio para el período analizado de $c_3 = 0{,}56345$.

Además del alto grado de confianza estadística de las estimaciones obtenidas, es de destacar su realismo así como su coincidencia con la de otros trabajos anteriores. En efecto el Ministerio de Agricultura en 1974 estimó, a partir de una muestra a nivel nacional, que los partos viables fueron un 68,34 por 100 del censo de las reproductoras y el 76,30 por 100 del de las reproductoras cubiertas. El resultado que hemos obtenido sitúa esta cifra en el 74,42 por 100. Teniendo en cuenta que nosotros hemos considerado como reproductoras a las mayores de dos años y que el Mapa Ganadero consideró a las hembras mayores de 18 meses como reproductoras, se explica el hecho de que nuestra estimación se encuentre entre las dos cifras dadas por el Mapa Ganadero y más cerca de la que toma como base las reproductoras cubiertas.

El papel de la hembra como reproductora y su destino para mantener y aumentar el inventario de reproductoras queda constatado en los valores de c_3 y c_5 frente a los obtenidos para c_4 y c_6.

Los valores que los coeficientes c_7 y c_8 adoptan nos indica que la vida media de los reproductores viene a ser, aproximadamente, de unos ocho años para las hembras y de 9 años para los machos, cifras que a nivel nacional son técnicamente aceptables. Podemos destacar que el Mapa Ganadero de julio de 1974 situaba el desecho estimado de reproductoras, a partir de la muestra nacional, y en aquel año, en un 13,45 por 100, cifra muy cercana a la nuestra 15,32 por 100, y cuya diferencia puede quedar explicada por la razón aludida, de que se consideró como reproductoras las hembras a partir de los dieciocho meses, mientras que nosotros lo hemos hecho a partir de los veinticuatro meses.

4. VALIDACION DEL MODELO

El objetivo de la validación consiste en constatar que el modelo desarrollado es eficiente a la hora de explicar la evolución del sistema censo de vacuno. En esencia, la validación se realiza simulando la evolución del sistema en un período para el que poseemos datos reales y contrastando éstos con los resultados obtenidos en la simulación. Como quiera que alteraciones coyunturales podrían ocasionar grandes discrepancias entre la realidad y los resultados de la simulación, hemos considerado conveniente el realizar dos evoluciones simuladas. En la primera de ellas se parte de los datos de

1967, y supuestos los valores de los coeficientes constantes, se simula la evolución del modelo hasta 1976, inclusive; a esta evolución la hemos llamado «Evolución libre». La segunda evolución simulada ha consistido en calcular el censo de cada año partiendo del censo real del año anterior, con lo cual hemos querido observar si la posible existencia de alteraciones coyunturales había afectado a la similitud entre la realidad y los resultados obtenidos en la evolución libre; a esta segunda evolución la hemos llamado «Evolución recalculada».

En las tablas 3 y 4 aparecen los resultados obtenidos por simulación para cada año y grupo en la fila que hemos denominado «Previsto»; junto a ellos, en la fila denominada «Real», aparece el valor que tal grupo alcanzó en el mismo año. Debajo de estas cifras hemos especificado el «Error absoluto» y «Error relativo» definidos como:

$$\text{Error absoluto} = \text{Valor previsto} - \text{Valor real}$$

$$\text{Error relativo} = \frac{\text{Error absoluto}}{\text{Valor real}}\ 100$$

Al final de ambas tablas aparece la fila denominada «Error medio», en la que se especifica el valor medio, alcanzado en el período, de los errores relativos tomados en valor absoluto. En ambas evoluciones se han utilizado los valores de c_i obtenidos para el supuesto de constancia de los coeficientes en el período estudiado, a excepción hecha de c_3, para el que se ha tomado el valor medio bajo el supuesto de variación lineal, esto es 0,56345.

De la observación de las tablas 3 y 4, es de destacar que en ningún caso el error medio del período supera el 8 por 100, siendo inferior al 6 por 100 en la evolución libre. Resulta importante el observar que el error medio obtenido para las hembras mayores de dos años resulta ser del 3,53 por 100 y 1,91 por 100 en la evolución libre y recalculada respectivamente, siendo el mayor error relativo alcanzado para este grupo el −7,02 por 100 en la evolución libre y − 3,99 por 100 en la recalculada. Estos resultados son muy significativos si se tiene en cuenta que las hembras de más de dos años constituyen más del 50 por 100 del censo total, además de ser la variable más fuertemente condicionante de la evolución de todo el censo.

Igualmente cabe destacar que el error medio para el total del censo es el 3,31 por 100 y 2,10 por 100 en la libre y recalculada, respectivamente, siendo el mayor error relativo de −7,06 en la libre y de −4,63 en la recalculada.

Resulta lógico que los mayores errores se alcancen en los tres primeros grupos, dado que el censo refleja la pirámide de edades del ganado bovino en el momento de realizarse el mismo, pudiendo esta pirámide cambiarse sustancialmente al cabo de unos

TABLA 3

Evolución del modelo (evolución libre)

	Menores de 1	Hembras 1-2	Machos 1-2	Hembras ≥ 2	Machos ≥ 2	TOTAL
1968						
REAL	991,00	544,00	224,00	2.234,00	108,00	4.021,00
PREVISTO.....	944,09	488,51	207,17	2.229,18	108,03	3.976,98
ERROR ABS.	33,09	−55,49	−16,83	−4,82	0,03	−44,02
ERROR REL.	3,63	−10,20	−7,51	−0,22	0,02	−1,09
1969						
REAL	971,00	568,00	218,00	2.352,00	107,00	4.216,00
PREVISTO.....	959,67	531,95	225,59	2.223,00	101,47	4.041,76
ERROR ABS.	−11,33	−36,05	7,59	−128,92	−5,53	−174,24
ERROR REL.	−1,17	−6,35	3,48	−5,48	−5,17	−4,13
1970						
REAL	995,00	563,00	228,00	2.393,00	103,00	4.282,05
PREVISTO.....	957,04	540,72	229,31	2.247,75	96,45	4.071,27
ERROR ABS.	−37,96	−22,28	1,31	−145,25	−6,55	−210,73
ERROR REL.	−3,82	−3,96	0,58	−6,07	−6,36	−4,92
1971						
REAL	937,00	538,00	224,00	2.379,00	92,00	4.170,00
PREVISTO.....	967,66	539,24	228,68	2.274,66	92,22	4.102,47
ERROR ABS.	30,66	1,24	4,68	−104,34	0,22	−67,53
ERROR REL.	3,27	0,23	2,09	−4,39	0,24	−1,62
1972						
REAL	974,00	535,00	249,00	2.394,00	83,00	4.235.00
PREVISTO.....	979,25	545,23	231,22	2.296,44	88,53	4.140.66
ERROR ABS.	5,25	10,23	−17,78	−97,56	5,53	−74,34
ERROR REL.	0,34	1,91	−7,14	−4,08	6,66	−2,23

(Continuación)

	Menores de 1	Hembras 1-2	Machos 1-2	Hembras ≥ 2	Machos ≥ 2	TOTAL
1973						
REAL	1.076,00	560,00	284,00	2.494,00	82,00	4.496,00
PREVISTO	988,62	551,76	233,99	2.318,98	85,41	4.178,76
ERROR ABS.	−87,38	−8,24	−50,01	−175,02	3,41	−317,24
ERROR REL.	−8,12	−1,47	−17,61	−7,02	4,16	−7,06
1974						
REAL	1.106,69	582,00	244,00	2.424,00	81,00	4.437,00
PREVISTO	998,33	557,04	236,23	2.342,56	82,80	4.216,95
ERROR ABS.	−107,67	−24,96	−7,77	−81,44	1,80	−220,05
ERROR REL.	−9,74	−4,29	−3,18	−3,36	2,22	−4,96
1975						
REAL	1.085,00	558,00	229,00	2.380,00	82,00	4.334,00
PREVISTO	1.008,40	562,51	238,55	2.366,15	80,61	4.256,29
ERROR ABS.	−76,52	4,51	9,55	−13,85	−1,39	−77,71
ERROR REL.	−7,05	0,81	4,17	−0,58	−1,69	−1,79
1976						
REAL	1.124,00	560,00	243,00	2.375,00	81,00	4.383,00
PREVISTO	1018,63	568,23	240,98	2.389,88	78,80	4.296,51
ERROR ABS.	−103,37	8,23	−2,02	14,88	−2,20	−86,49
ERROR REL.	−9,37	1,47	−0,83	0,63	−2,72	−1,97
ERROR MEDIO	5,19	3,41	5,18	3,53	3,25	3,31

TABLA 4

Evolución del modelo (evolución recalculada)

	Menores de 1	Hembras 1-2	Machos 1-2	Hembras ≥ 2	Machos ≥ 2	TOTAL
1968						
REAL	911,00	544,00	224,00	2.234,00	108,00	4.021,00
PREVISTO	944,09	488,51	207,17	2.227,18	108,03	3.976,98
ERROR ABS.	33,09	−55,49	−16,83	−4,02	0,03	−44,02
ERROR REL.	3,63	−10,20	−7,51	−0,22	0,02	−1,09
1969						
REAL	971,00	568,00	218,00	2.352,00	107,00	4.216,00
PREVISTO	961,74	513,30	217,68	2.265,27	102,06	4.060,06
ERROR ABS.	−9,26	−54,70	−0,32	−86,73	−4,94	−155,94
ERROR REL.	−0,95	−9,63	−0,15	−3,69	−4,61	−3,70
1970						
REAL	995,00	563,00	228,00	2.393,00	103,00	4.202,00
PREVISTO	1.012,54	547,11	232,02	2.381,67	100,98	4.274,32
ERROR ABS.	17,54	−15,89	4,02	−11,33	−2,02	−7,68
ERROR REL.	1,76	−2,82	1,76	−0,47	−1,87	−0,18
1971						
REAL	937,00	538,00	224,00	2.379,00	92,00	4.170,00
PREVISTO	1.030,19	560,63	237,76	2.412,96	97,87	4.339,40
ERROR ABS.	93,19	22,63	13,76	33,96	5,87	169,40
ERROR REL.	9,95	4,21	6,14	1,43	6,38	4,06
1972						
REAL	974,00	535,00	249,00	2.394,00	83,00	4.235,00
PREVISTO	1.024,16	527,95	223,90	2.383,93	88,16	4.248,10
ERROR ABS.	50,16	−7,05	−25,10	−10,07	5,16	13,10
ERROR REL.	5,15	−1,32	−10,08	−0,42	6,22	0,31

(Continuación)

	Menores de 1	Hembras 1-2	Machos 1-2	Hembras ≥ 2	Machos ≥ 2	TOTAL
1973						
REAL	1.076,00	560,00	284,00	2.494,00	82,00	4.496,00
PREVISTO	1.030,62	548,80	232,74	2.394,57	81,26	4.287,99
ERROR ABS.	−45,38	−11,20	−51,26	−99,43	−0,74	−208,01
ERROR REL.	−4,22	−2,00	−18,05	−3,99	−0,91	−4,63
1974						
REAL	1.106,00	582,00	244,00	2.424,00	81,00	4.437,00
PREVISTO	1.073,67	606,27	257,11	2.496,42	81,67	4.515,14
ERROR ABS.	−32,33	24,27	13,11	72,42	0,67	78,14
ERROR REL.	−2,92	4,17	5,37	2,99	0,83	1,76
1975						
REAL	1.085,00	558,00	229,00	2.380,00	82,00	4.334,00
PREVISTO	1.043,54	623,18	264,28	2.452,25	79,34	4.462,58
ERROR ABS.	−41,46	65,18	35,28	72,25	−2,66	128,58
ERROR REL.	−3,82	11,68	15,41	3,04	−3,25	2,97
1976						
REAL	1.124,00	560,00	243,00	2.375,00	81,00	4.383,00
PREVISTO	1.024,59	611,34	259,26	2.398,51	79,65	4.373,37
ERROR ABS.	−99,41	51,34	16,26	23,51	−1,35	−9,63
ERROR REL.	−8,84	9,17	6,69	0,99	−1,66	−0,22
ERROR MEDIO	4,38	6,13	7,91	1,91	2,87	2,10

meses como consecuencia del sacrificio y de nuevos nacimientos. Sin embargo, podemos considerar los errores medios obtenidos en estos tres grupos como aceptables.

Para observar en qué medida las evoluciones simuladas siguen a la evolución real, hemos representado en la figura 2 los errores relativos de las evoluciones simuladas respecto a la evolución real para cada grupo de animales.

5. CONCLUSIONES

Partiendo de los valores para los coeficientes c_i, se ha calculado el número de animales que son censados en los tres censos siguientes a su nacimiento de los nacidos de cien reproductoras y, en consecuencia, en qué período intercensal han sido sacrificados, con lo que se ha construido la tabla 5, en la que aparece expresada la distribución del sacrificio por edades. De la observación de esta tabla se desprende la posibilidad de aumentar la producción cárnica en una cantidad sensiblemente importante, forzando al sistema a sacrificar los animales en la edad de mayor rendimiento canal, que por término medio correspondería entre los diez y once meses para las razas más precoces (frisona, pardo alpina, asturiana, cherolesa) y los dieciocho y veinte meses para las serranas, moruchas, extremeñas, andaluzas, etc.

La variabilidad en el tiempo del coeficiente c_1 podría explicarse por la influencia que los precios de la leche, de la carne, de los alimentos para el ganado, y en definitiva, la relación índice precios pagados y precios recibidos por los ganaderos, tienen sobre el nivel deseado del stock de reproductoras; de manera que esta tendencia a la baja que se observa en la tabla 6, se deba probablemente a la desfavorable evolución de la situación económica de la ganadería española. Esta afirmación se encuentra reforzada al constatar en la tabla 1 que el stock de reproductoras ha permanecido al mismo nivel en el período 1970 a 1972 que en los años 1975 y 1976, habiendo tenido un incremento de 100.000 cabezas en los años 1973 y 1974.

TABLA 5

Distribución del sacrificio según edad

	Hembras	Machos	Total
Antes de ser censados	—	—	42,22 %
Censados una vez	—	—	11,44 %
Censados dos veces	10,20 %	13,29 %	23,49 %
Censados más de dos veces	22,34 %	0,51 %	22,85 %

Fuente: Elaboración propia.

ERRORES RELATIVOS DE LAS EVOLUCIONES SIMULADAS POR EDADES

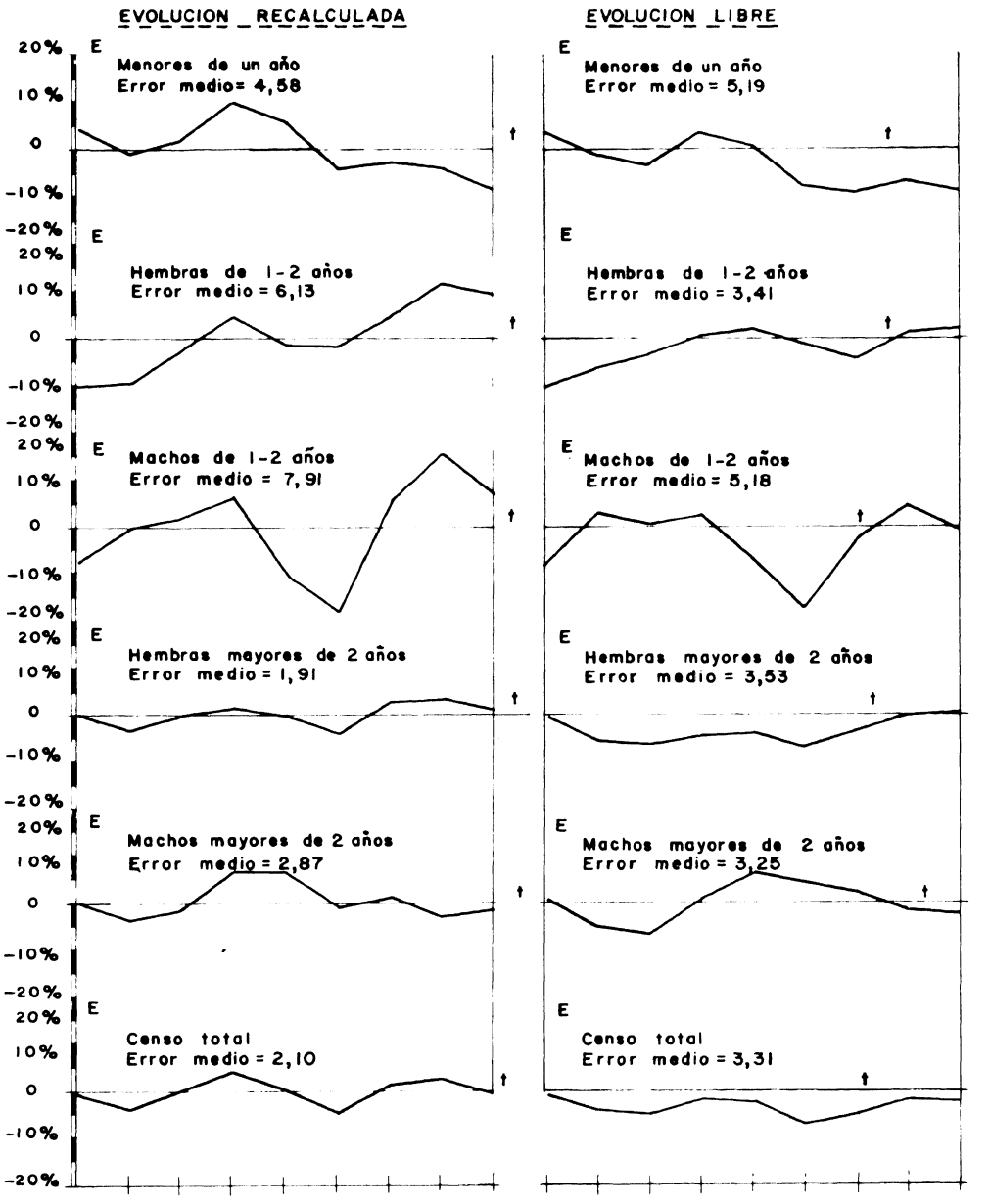


Gráfico n.º 2

TABLA 6

Evolución del coeficiente c_1

Año	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975
c_1	0,627	0,623	0,58	0,541	0,571	0,575	0,541	0,505	0,515

Fuente: Elaboración propia a partir del censo de bovino publicado en Anuario Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura. Secretaría General Técnica.

Se ha señalado en epígrafes anteriores la posibilidad de considerar constantes en el tiempo los coeficientes c_i. Bajo este supuesto y con los valores obtenidos para el período analizado, la expresión [8] adoptará la forma:

$$X_t = 2302{,}4029 \cdot 1{,}01005^t + 0{,}4061^t(-109{,}4029 \cos 1{,}3684t - 207{,}6664 \operatorname{sen} 1{,}3684\, t)$$

De la expresión anterior se desprenden ciertas consecuencias que conviene señalar:

a) Un incremento del inventario de reproductoras, con el mantenimiento de los coeficientes c_i, daría lugar a oscilaciones poco duraderas en la evolución del mismo.

b) El segundo sumando representa aproximadamente el 4 por 100 del primer sumando para el primer año, reduciéndose al 0,15 por 100 en el segundo año, por lo que la oscilación puede considerarse despreciable y por ello puede decirse que la tasa de expansión del inventario de reproductoras es aproximadamente del 1 por 100.

c) Fácilmente puede deducirse que la tasa de expansión del censo vacuno, así como la de los sacrificios coincide con la del inventario de reproductoras, por lo que, supuesto los pesos de los canales sacrificados constantes en el tiempo, la tasa de expansión de la producción cárnica sería del 1 por 100 anual, cifra que pese a la situación económica actual puede considerarse insuficiente, máxime si se tiene en cuenta que el consumo per cápita vino a ser de unos 13 Kg en el año 1975, lo que supone aproximadamente la mitad del valor alcanzado por este concepto en los países de la O. C. D. E.

Otro aspecto que conviene resaltar del modelo expuesto consiste en su utilidad en orden a analizar la flexibilidad y capacidad del sistema para atender a hipotéticas situaciones de demanda. En efecto, ya ha sido insinuado anteriormente cómo una adecuada política de sacrificios provocaría un aumento de la producción cárnica. Sin embargo, la medida anterior sólo provocaría respuestas puntuales, en otras palabras, no afectaría a la tasa de crecimiento de la producción cárnica sino de una forma coyuntural.

La acción sobre los coeficientes de fertilidad y de supervivencia de las hembras constituye la medida que puede conseguir alcanzar una tasa de crecimiento deseable.

En este sentido, la acción del sector público debería encaminarse a adoptar medidas que condujeran a unos valores de los coeficientes anteriores que asegurarán una tasa de crecimiento del inventario de reproductoras y, por consiguiente, de la producción cárnica, compatible con la tasa correspondiente de la demanda. Los coeficientes aludidos no son igualmente modificables, pues si bien el coeficiente de fertilidad (c_1) y el coeficiente de supervivencia de los reproductores (c_7) vienen limitados por aspectos de índole más técnica (raza, calidad, etc.), los demás coeficientes (excepto el c_8 de supervivencia de los machos reproductores) parecen más vinculados al tipo de explotación, y en este sentido parecen los idóneos para reflejar la respuesta de los ganaderos ante las expectativas de la relaciones precios pagados y precios recibidos, precio de la carne-precio de la leche, etc., por lo que, abusando del lenguaje, denominaremos coeficientes técnicos a los primeros frente a coeficientes de explotación, término con el que nos referiremos al segundo grupo.

En la figura 3 aparecen los distintos valores de r para las diferentes combinaciones de c_7 y b. En ella puede observarse la situación actual española y la máxima alcanzable, suponiendo que no se alteran los valores de los coeficientes técnicos. Con ello se pasa de una tasa de crecimiento del 1 por 100 al 13,54 por 100, lo que supone duplicar el censo y por tanto la producción cárnica en un período de cinco a seis años. Un análisis semejante realizado sobre la misma figura 3 nos conduciría a que un aumento del coeficiente de fertilidad o un aumento del coeficiente c_7, sin variar los coeficientes de explotación, llevarían el sistema a unas tasas máximas del 10,5 por 100 y 12,5 por 100, respectivamente.

No conviene olvidar que todo aumento del volumen, así como de la tasa de expansión, debe ir acompañado de un crecimiento paralelo de la infraestructura que sustenta el censo de vacuno, con el objeto de evitar estrangulamientos que conducirían a frustrar todo intento de incremento del censo y su velocidad de crecimiento. En este sentido, creemos que como elementos de gran interés a considerar se encuentran la interacción entre los precios de la leche y de la carne, así como las disponibilidades alimenticias necesarias para sustentar los incrementos de la población vacuna, siendo en este terreno donde consideramos que el modelo presentado en este trabajo presenta una gran utilidad y aplicabilidad en orden a simular distintas políticas alternativas.

BIBLIOGRAFIA

CHAMERO, S. A., y PARRAUD, J. R.: *Computación y planificación en el sector agropecuario*. Consand, S. A. Buenos Aires, 1974.

DALTON, G. E.: *Study of Agricultural Systems*. Applied Science Publishers Ltd. London, 1975.

DENT, J. B., y ANDERSON, J. R.: *Systems Analysis in Agricultural Management*. J. Wiley and Son (1971).

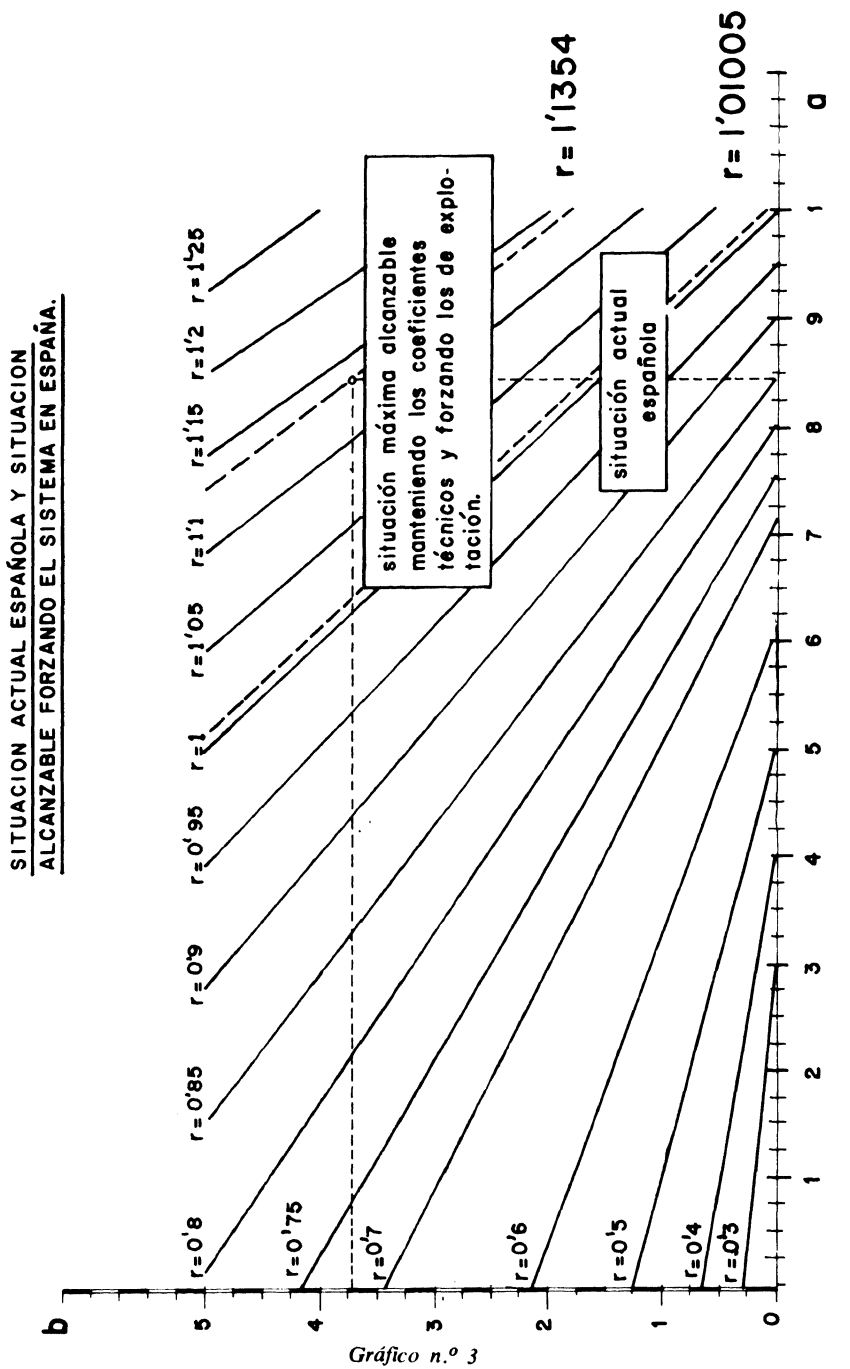

SITUACION ACTUAL ESPAÑOLA Y SITUACION ALCANZABLE FORZANDO EL SISTEMA EN ESPAÑA.
r= 1'1354
r= 1'01005
situación máxima alcanzable manteniendo los coeficientes técnicos y forzando los de explotación.
situación actual española
r=0'8
r=0'85
r=0'9
r=0'95
r=1
r=1'05
r=1'1
r=1'15
r=1'2
r=1'25
r=0'75
r=0'7
r=0'6
r=0'5
r=0'4
r=0'3
b
a
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Gráfico n.º 3

ESTEBAN, J.: «Modelo dinámico para el control de poblaciones». *Cuadernos de Planificación Empresarial.* Universidad Autónoma de Madrid (1980).

MILLER, S. F., y HALTER, A. N.: «Systems Simulation in a Practical Policy-Making: The Venezuelan Cattle Industry». *American Journal of Agricultural Economics* (1973).

MINISTERIO DE AGRICULTURAL: *La Agricultura Española* (varios años). *Anuario de Estadística Agraria* (varios años). *Mapa Ganadero Nacional,* 1974.

MELESE, J.: «La gestion per les systèmes». *Hommes et Techniques.* Paris, 1968.

— «La analyse modulaire des systemes de gestion». *Hommes et Techniques.* Paris, 1972.

NERLOVE, M., y WALLIS, K. F.: «Use of the Durbin – Watson Statistic in Inappropiate Situations». *Econométrica* (1966).

RAY, D. E., y HEADY, E. O.: «Goverment far programs and commodity interaction: A simulation analysis». *America Journal of Agricultural Economics* (1972).

RESUMEN

En el presente trabajo, tras analizar los datos existentes en relación con el censo ganadero vacuno español, se formula un modelo para simular la evolución del mismo, estimándose a continuación los parámetros del modelo, interpretando los valores obtenidos y constatando su realismo. Una vez validado el modelo, se analizan en profundidad las consecuencias analíticas que se desprenden de las relaciones estructurales del mismo para el sector vacuno en España.

Palabras clave: Teoría de Sistemas, Ecuaciones Diferencias Finitas, Sector Vacuno.

SUMMARY

In this present work, after analyzing the data that exist in relation to the Spanish bovine census, a model is worked out to simmulate the evolution of this, and later estimating the parameters of the model, interpreting the values obtained and verify the reality. Once the model is worked out, the analytical concequences which come out of the structural relations of this for the bovine sector in Spain is analyzed deeply.

Key words: Theory of Systems, Finite Differential Equations, Bovine Sector.

AMS Subject classification: 62P20