

# Modelación de Sistemas Ganaderos: Curvas de lactación y flujos de producción láctea en explotaciones bovinas intensivas.

GREGORIO LLANA y MIGUEL ANGEL ALVAREZ

Depto. de Biología de Organismos y Sistemas (Ecología). Universidad de Oviedo. Oviedo.

## RESUMEN:

*Se estudia la curva de lactación para frisonas de alta producción de la Cornisa Cantábrica. Se establecen unas condiciones para realizar el muestreo en función del número máximo de días entre el parto y el primer control, duración de la lactación y estación del parto. Con la curva de lactación obtenida y la distribución de los partos se propone un modelo de simulación para el flujo de producción lechera en explotaciones intensivas. Los resultados teóricos son contrastados con los reales.*

## PALABRAS CLAVE

SISTEMAS GANADEROS, MODELOS, SIMULACION, PRODUCCION LACTEA, CURVAS DE LACTACION.

## INTRODUCCION

En este trabajo se presenta un estudio sobre las curvas de lactación para frisonas de alta producción de la Cornisa Cantábrica y las relaciones que se establecen entre las lactaciones y otras variables de la explotación. No se trata solamente de una mera descripción, sino que su finalidad es situar esta función en un entorno de interacciones, con un conjunto de variables que conforman un sistema más general: el de una explotación

de ganadería intensiva de producción lechera, de tamaño medio (10-15 Ha y 20-30 vacas en producción).

La explotación se considera como un *sistema* (SPEDDING, 1982); se definen una serie de variables, flujos, parámetros y las funciones que los interrelacionan. Con ello se describe la dinámica de la explotación: la evolución de sus principales variables en el tiempo, su interdependencia y su interacción con factores externos. Para este propósito, no sirven los métodos tradicionales ocupados en relaciones causa-efecto de unos pocos factores ó variables. Se recurre a una técnica conocida genéricamente como Dinámica de Sistemas (ARACIL, 1983; SILVIO MARTINEZ y REQUE-NA, 1986).

## MATERIAL Y METODOS

### I. Curva de lactación.

Se parte de una base de datos de 150 lactaciones. Para su creación se realizó un muestreo de vacas adscritas a los Núcleos de Control Lechero de la zona centro asturiana en los años 1984-85 (Núcleos 67 y 68). Se eligieron muestras que pertenecen a explotaciones con un tamaño medio de 20-30 vacas en producción.

La información recogida aporta datos sobre la producción, en Kg. leche/día, de la vaca controlada un día fijo al mes, durante todos los meses de la lactación. También contempla la fecha del parto, del control, secado, edad de la vaca y número de lactación. Para las lactaciones carentes de una muestra, se extrapola, para ese mes, en función de las producciones del mes anterior y posterior.

Para poder comparar todas las lactaciones entre si, se expresan las producciones de cada mes de la lactación, en unidades relativas respecto a su producción total (suma de las producciones de todos los meses que dura la lactación). De ésta forma se obtiene una curva de lactación expresada, en términos matemáticos, por una función de densidad (SOKAL y ROHLF, 1979).

Toda la información está procesada en un microordenador, lo que posibilita una exploración fácil de los datos y la aplicación de cálculos iterados. Esto permite definir unas restricciones sobre la información de la muestra inicial y evaluar su comportamiento. En este trabajo se plantean dos aplicaciones:

a) Combinar dos condiciones: el número máximo de días permitido entre el parto y el primer control, y la duración máxima de la lactación. Al reducir estos máximos, la muestra se hace más uniforme y se consiguen ajustes más finos, sobre todo al reducirse la varianza en los extremos.

Con el cálculo iterativo es posible "mapear" todas las combinaciones de estas dos condiciones, introduciendo un índice que cuantifique

el grado de ajuste de la curva. Se ha elegido como estimador el coeficiente de variación medio de los meses estimados.

b) Contrastar las diferencias en las curvas de lactación, dependiendo de la época del parto, pues las estaciones del año modifican las condiciones generales del sistema (alimentación, clima, fisiología, etc.).

## II. Flujo de producción de leche

Cuando se considera a la explotación como un sistema, se puede representar formalmente mediante un modelo. En la Figura 1, se propone el modelo de este sistema según la terminología de FORRESTER (1961). Uno de sus puntos centrales es la dinámica de producción de leche,  $PTLECH(t)$ , en la que la curva de lactación,  $CURLAC(t)$ , junto con la distribución de partos,  $NPAR(t)$ , tiene un papel determinante. De esta forma se señalan las interacciones del nivel de producción de leche con el resto de los componentes básicos o variables de estado, pues determina el nivel de demanda de forrajes (TNEC) y con ello su posible importación, los niveles de dinero, etc.

Para predecir los ritmos en la producción de leche, el modelo supone que, para una explotación dada, la curva de lactación obtenida (Figura 2) se ajusta a la curva media que presentan las vacas de esa explotación. Esta curva estará desplazada de una vaca a otra según el mes que haya parido. Por tanto, las fluctuaciones en la producción de leche de la explotación estarán determinadas por la combinación de esas dos variables: curva de lactación y distribución de partos.

El modelo se aplicó a cinco explotaciones intensivas de ganado bovino, dedicadas a la producción de leche. Corresponden a explotaciones concebidas como pequeñas empresas familiares (10-15 Ha y 20-30 vacas en producción), que se pueden considerar como modélicas dentro de la economía agraria de la región asturiana (ALVAREZ y col., 1986). Pertenecen a un programa de Fincas Colaboradoras de Producción de Leche. La información se recoge a partir de unos cuestionarios, en los que se establece el valor de las variables o parámetros de entrada (distribución de partos, número de vacas, producciones medias, etc.) o bien valores reales de variables de salida, que interesa cotejar con las predichas por el modelo (producción de leche, número de vacas en producción, etc.).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las restricciones de la muestra inicial de lactaciones para obtener ajustes aceptables, se muestran en la Tabla 1. En ella se representa el coeficiente de variación medio y el tamaño de la muestra para cada combinación. A medida que las restricciones son más fuertes, la muestra elegida es más uniforme y el ajuste se hace más fino. Por el contrario, el tamaño de la muestra va decreciendo.

Fijando unos límites subjetivos para un coeficiente de variación medio máximo y un tamaño de muestra mínimo, se define una región óptima. En nuestro caso se han marcado como condiciones óptimas las lactaciones de menos de 10 meses y con el control de las vacas antes de 14 días después del parto. El coeficiente de variación medio obtenido es del 17%. Este criterio no tiene por qué coincidir con los aplicados por los Núcleos de Control Lechero, sino que depende de las condiciones del trabajo donde se vaya aplicar.

La curva de lactación obtenida con esta muestra está representada en la Figura 2. A pesar de que la producción global de toda la lactación es muy variable, la forma de la curva varía poco. En la primera fase de la curva de lactación (MUSLERA y RATERA, 1984) está muy reducida, alcanzándose las cotas de máxima producción rápidamente.

En la Figura 3, se presentan las curvas de lactación obtenidas de vacas con partos en dos épocas de máxima diferenciación (febrero-marzo y octubre-noviembre). Los partos de primavera tienen valores más altos en la fase inicial de la función de densidad, que coincide con los máximos en la producción de forrajes de la propia explotación.

Este método de análisis se puede generalizar introduciendo nuevos condicionantes: tipo de explotación, zona de ubicación, número de lactación, raza del ganado, etc.

Las FIGURAS 4 y 5 representan los flujos de producción de leche (teóricos y reales), expresados en unidades relativas respecto a su producción total, en periodos de dos o tres años, para dos de las explotaciones estudiadas (c). En la misma gráfica se representa el número de partos en cada mes (a) y el número de vacas en producción estimadas por el modelo, contrastadas con el número real (b). Algunos desajustes en los ritmos de producción pueden explicarse por la intervención de otras variables o factores, que el modelo no ha considerado, pero que están reflejados en las diferencias entre los valores reales y esperados del número de vacas en producción, p. ej. venta-compra de vacas, interrupciones de la lactación, etc.

De los resultados se deduce, que los ritmos estacionales de la producción de leche están condicionados por la combinación de la curva de lactación y la distribución de los partos. Otros factores pueden modular o provocar desviaciones de este patrón general o bien producir fluctuaciones de periodo inferior. El modelo ha considerado la curva de lactación constante para todas las lactaciones. Como se ha demostrado que varía significativamente según el mes del parto, se hace necesario considerar este aspecto para una fase posterior con el fin de depurar el modelo.

Los resultados de las dos explotaciones son muy distintos, como consecuencia de la falta de centralización de partos en una de ellas (Figura 5), lo que produce una suavización de las fluctuaciones del flujo de producción. Esto puede provocar disfunciones en los flujos del sistema, al no acoplar el ritmo estacional de la producción de forrajes con la pro-

ducción láctea. A pesar de ser posible centralizar los partos en épocas adecuadas (inseminación artificial, control de celos, etc.), esto constituye un problema central en la ganadería asturiana, con respecto a otros países del Mercado Común (MENENDEZ DE LUARCA, 1986).

El estudio realizado, enmarcado en la dinámica de sistemas, permite analizar las distintas variables que intervienen e interaccionan entre sí. Con los resultados y ajustes obtenidos, las variables y ecuaciones del modelo se pueden depurar e incluso redefinir. Todo ello aprovechando diversas fuentes de información regional que tienen un procesamiento y análisis insuficiente.

TABLA I  
COMBINACION DE RESTRICCIONES Y GRADO DE AJUSTE  
expresado por el coeficiente de variación medio (el número pequeño indica el tamaño de la muestra). Se señala como región óptima la que presenta un coeficiente inferior a 20 y con tamaños de muestra superiores a 15.

MAXIMOS DIAS ENTRE PARTO-CONTROL	DURACION MAXIMA DE LA LACTACION en meses									
	13		12		11		10		9	
35	55	149	71	142	44	133	25	111	21	34
32	55	140	69	134	43	125	24	104	21	30
29	29	117	72	111	39	105	21	86	20	18
26	53	109	72	103	38	98	21	79	20	15
23	54	91	69	87	39	82	20	68	17	8
20	56	82	72	79	39	75	18	63	12	5
17	52	69	66	66	36	62	18	50	8	2
14	57	55	68	54	35	51	17	40	8	2
11	51	40	61	39	35	36	16	29	0	0

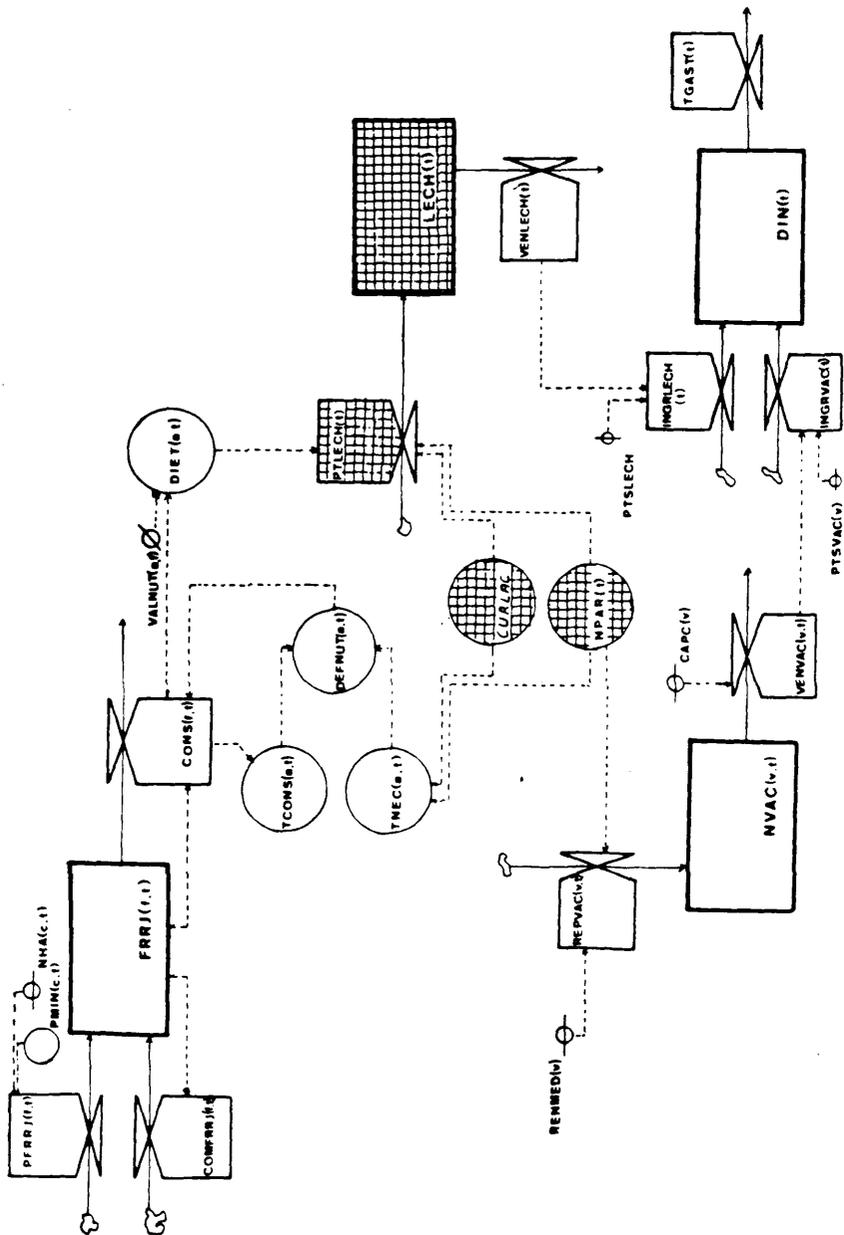


FIGURA 1.- Modelo de un sistema ganadero intensivo utilizando la terminología de FORRESTER tomado de LLANA, (1986)

Kg leche/día

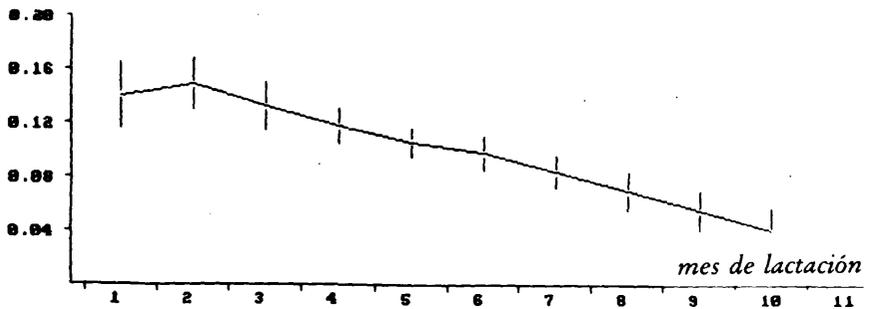


FIGURA 2.- CURVA DE LACTACION para muestras con un máximo de 10 meses de lactación y 16 días máximos entre el parto y el control, (el tamaño de la muestra es de 49 lactaciones)

Kg leche/día

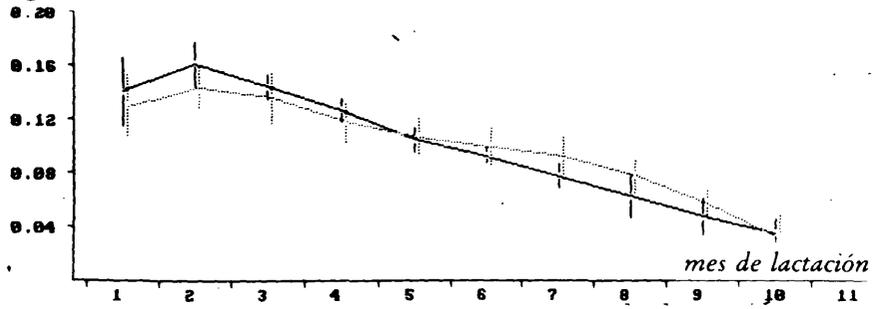


FIGURA 3.- Curvas de lactación para vacas con partos en dos épocas diferentes.

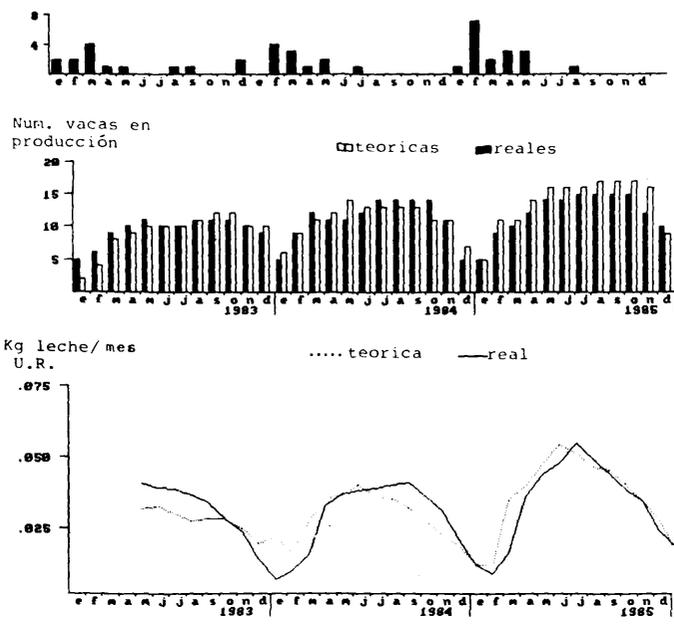


FIGURA 4.- de algunas variables de un sistema ganadero: a) distribución de partos; b) numero de vacas en producción; c) Flujos de producción de leche (se omiten los primeros meses de 1983, hasta que los partos de 1982 no influyan).

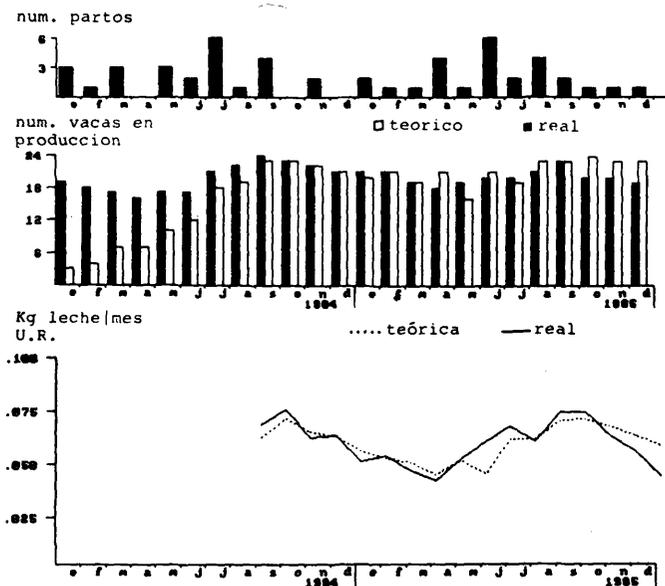


FIGURA 5.- Dinámica de algunas variables de un sistema ganadero: a) distribución de partos; b) número de vacas en producción; c) flujos de producción de leche (se omiten los primeros meses del año 1984, hasta que los partos de 1983 no influyan)

#### BIBLIOGRAFIA

- ALVAREZ GARCIA, M.A., G. FDEZ. CEPEDAL, J. PEREZ RIVERO, 1986. Zonificación agraria y sistemas de explotación en la región asturiana. XXVI REUNION CIENTIFICA DE LA S.E.E.P. PONENCIAS Y COMUNICACIONES VOL. II, pp. 3-23. Oviedo.
- ARACIL, J., 1983. *Introducción a la dinámica de sistemas*. ALIANZA UNIVERSIDAD TEXTOS, Madrid, 262 pp.
- FORRESTER, J.W. 1961. *Industrial Dynamics*. M.I.T PRESS, CAMBRIDGE. MASSACHUSETTS.
- LLANA SUAREZ, G. 1986. *Modelación de sistemas ganaderos en la zona costera asturiana*. MEMORIA DE LICENCIATURA. Universidad de Oviedo.
- MENENDEZ DE LUARCA, S., 1986. "Asturias y la producción de pastos". XXVI REUNION CIENTIFICA DE LA S.E.E.P. PONENCIAS Y COMUNICACIONES VO. I, pp. 3-17. Oviedo.
- MUSLERA PARDO, E y C. RATERA GARCIA, 1984. *Praderas y forrajes (producción y aprovechamientos)*. EDICIONES MUNDIPRENSA, Madrid, 695 pp.
- SILVIO MARTINEZ, V. y A. REQUENA RODRIGUEZ, 1986. *Dinámica de sistemas I. Simulación por ordenador*. ALIANZA EDITORIAL, Madrid, 184 pp.
- SOKAL, R.R. y F.J. ROHLF, 1979. *Biometría: principios y métodos estadísticos en la investigación biológica*. H. BLUME EDICIONES, Madrid, 822 pp.
- SPEDDING, C.R.W., 1982. *Sistemas agrarios*. E. ACRIBIA, Zaragoza, 183 pp.
- SUMMARY

The lactation curve for high production frisian cattle on the Cantabrian Cornice (Spain) is studied. Sampling conditions are established, based on the maximum period between birth of the offspring and the first control, duration of lactation and the season of birth. A simulation model, based on the lactation curve and on the distribution of births is proposed for the milk production flow in intensive exploitations. Finally, theoretical results are contrasted with empirical data.