

ANÁLISIS DEL CRECIMIENTO GANADERO A TRAVÉS DE UN MODELO DE EQUILIBRIO

Caputi, P.¹, Murguía, J. M.²

Recibido: 19/05/03 Aceptado: 31/10/03

RESUMEN

La ganadería uruguaya interrumpió a mediados de los años noventa su histórico estancamiento, con un aumento significativo de su tasa de extracción. El objetivo central de este trabajo es indagar en qué medida los cambios tecnológicos producidos en la cría del ganado y su engorde fueron consistentes con los nuevos niveles de actividad agregada.

Para investigar este problema se elaboró un modelo teórico de estado estacionario denominado en la literatura de Generaciones Superpuestas. Este modelo fue utilizado para estimar la tasa de extracción de estado estacionario dada una eficiencia en cría y en invernada. La función deducida permite caracterizar la situación productiva de un país y compararla con la de otros países o con las posibles trayectorias que puede seguir el mismo para aumentar su tasa de extracción.

En la nueva situación o estadio productivo la tasa de extracción de equilibrio se ubica entre 19% y 20%. Esta nueva tasa de extracción es sustentable en el tiempo si se mantienen los indicadores técnicos logrados en la cría vacuna y en el engorde de animales. Para definir las trayectorias de crecimiento futuras se deberán establecer las combinaciones cría-invernada óptimas para el país en su conjunto.

PALABRAS CLAVE: Ganadería vacuna, dinámica poblacional, simulación, eficiencia.

SUMMARY

CATTLE PRODUCTION ANALYSIS USING A STEADY STATE MODEL

Uruguayan cattle raising interrupted in 1990's its historical stagnation with a significant extraction rate increase. The central purpose of this work was to inquire if technological changes in breeding and finishing were coherent with new aggregated production levels observed.

To investigate this problem a theoretical stationary state Overlapping Generation Model (OLG) was developed. This OLG was used to estimate the stationary state extraction rate with a given breeding and finishing efficiency. The deducted function easily permits to characterize a country's productive situation and compare it with other countries, and with its different possible growing extraction rate paths.

At this new arisen point in 1990's, the extraction rate was between 19 and 20 percent. This level is timely sustainable if new efficiency levels achieved at breeding and "finishing" persist. To project future growing extraction rate paths, its necessary to estimate the county's optimal breeding-finishing combination.

KEY WORDS: Cattle, population dynamics, simulation, efficiency.

¹ Phd, profesor adjunto Departamento de Ciencias Sociales, Fac.Agr., UDELAR.

² Ing.Agr, profesor asistente Departamento de Ciencias Sociales, Fac.Agr., UDELAR.

INTRODUCCIÓN³

La ganadería uruguaya interrumpió a mediados de los años noventa su histórico estancamiento, con un aumento significativo en su tasa de extracción. La percepción del cambio producido demoró en concretarse, dado que se utilizaron conceptos e indicadores inapropiados. Básicamente la discusión se ubicó en torno a determinar en qué medida la nueva realidad era sostenible o las altas faenas representaban una fase de liquidación del denominado ciclo ganadero.

El objetivo central de este trabajo fue indagar en qué medida los cambios tecnológicos producidos en la cría del ganado y su engorde fueron suficientes para mantener niveles de actividad agregada superiores. Para ello se elabora un modelo matemático que permite rápidamente caracterizar la situación productiva de un país y contrastarlo con otros países o con las posibles trayectorias que puede seguir dicho país para aumentar su tasa de extracción.

CRECIMIENTO DE LA GANADERÍA EN LA DÉCADA DEL NOVENTA⁴

Sobre mediados de la década del noventa, convergen en el país una serie de factores de la oferta y la demanda con un contexto macroeconómico favorable que rompen el tradicional estancamiento del sector ganadero⁵. Dicha ruptura se tradujo en una mejora significativa de los indicadores de producción y productividad del sistema en su conjunto, que no alcanzó a ser plenamente capitalizada por el freno que impuso el resurgimiento de la fiebre aftosa en Uruguay a finales del año 2000. Sin embargo, muchos de los cambios producidos deben ser vistos como irreversibles, por lo que es importante entender las relaciones técnicas que están establecidas actualmente entre las distintas etapas del proceso productivo. En la medida en que se pueda superar la actual coyuntura sanitaria, el país se verá enfrentado a discutir nuevamente las trayectorias sustentables de crecimiento para la pecuaria.

Fin del ciclo ganadero: estabilidad de la tasa de extracción

La ganadería vacuna ha estado indisolublemente unida a ciclos de mayor o menor prosperidad del país en su conjunto (Jarvis, 1974, Sapelli, 1984). En función de los precios

internacionales y de ciertas condiciones locales los stocks vacuno y ovino sufrieron fuertes oscilaciones a lo largo del tiempo. En la medida en que los indicadores de productividad no mejoraron significativamente, principalmente porque los progresos en la genética no iban acompañados de una mejor base forrajera para la alimentación, estas oscilaciones provocaban fuertes movimientos en los indicadores agregados de producción. La lógica económica subyacente fue analizada a lo largo del tiempo desde distintas perspectivas teóricas, algunas de las cuales enfatizaron el análisis de las diversas estrategias de manejo de los stocks y de los flujos productivos, con su consiguiente impacto en el denominado ciclo ganadero.

Si se observa lo que ha sucedido con los stocks en los últimos treinta años se pueden diferenciar nítidamente dos períodos:

Período 1- 1974-1990

Luego de alcanzar un mínimo histórico en 1974 (poco más de catorce millones) el stock ovino se comienza a recuperar en un largo proceso de expansión que llegará hasta los primeros años de la década del noventa, donde se alcanza una cifra record de casi veintiséis millones de animales. Durante ese período el stock bovino se mantiene promedialmente en valores superiores a los diez millones de cabezas pero con importantes oscilaciones, más o menos regulares, conocidas como el ciclo ganadero. Dichas oscilaciones podían ser de hasta dos millones de animales en un período de cinco años, lo que representa un coeficiente de variación cercano al 10%. Para agravar la situación de la ganadería vacuna, sobre el final de la década (1989) se produce una sequía muy prolongada que lleva el nivel del stock a uno de los valores más bajos en décadas (8.7 millones de cabezas). En síntesis, al comienzo de la década del noventa encontramos a la actividad ovina en uno de sus niveles más altos de stock mientras que la actividad vacuna está en la situación opuesta, recomponiendo las existencias perdidas en la sequía.

Período 2- 1991-2000

En virtud de una serie de elementos del mercado internacional el rubro lanar entró en crisis y sobre el final de la década del noventa las existencias ovinas eran aproximadamente la mitad (trece millones) de lo que fueron al inicio de la década (veintiséis millones). El denominado atraso cambiario afectó muy negativamente a este rubro ya que se exporta en una altísima proporción a países fue-

³Los autores desean agradecer los comentarios realizados por dos revisores anónimos.

⁴El desarrollo de este capítulo se basa en Caputi, (2001).

⁵Una descripción detallada se encuentra en Ilundain *et al.* (2001).

ra de la región, de modo que el encarecimiento en dólares que se registró también en Argentina y Brasil no pudo ser aprovechado por los lanares. Este cambio fundamental en el nivel de actividad fue compensado, parcialmente, por un crecimiento significativo de la actividad vacuna.

Una vez recuperado en el año 1994 el nivel de stock histórico (algo más de diez millones), el sistema de producción de vacunos quiebra su trayectoria de estancamiento. En vez de ingresar nuevamente en el tradicional ciclo, donde fases de liquidación se alternan con fases de expansión, el sistema de producción nacional se consolida y crece.

El primer indicador de estabilidad para caracterizar el período es la evolución del stock: en el quinquenio 1996-2000 la oscilación máxima es de sólo cuatrocientos mil animales (contra dos millones en el período anterior) produciendo un coeficiente de variación de sólo 1% (contrastando con el 10% del período anterior).

Durante la década del noventa se completaron una serie de reformas en las políticas públicas que liberalizaron el contexto económico para la actividad ganadera. Entre las medidas más importantes, la habilitación para la exportación en pie sirvió como mecanismo de arbitraje de precios con los países de la región. El denominado atraso cambiario, también abarató la compra de insumos facilitando el proceso de adopción de tecnologías dependientes de estos factores. Los mejoramientos forrajeros, principal limitante para un crecimiento sostenido de la producción, se incrementan aproximadamente en un millón de hectáreas, llegando a una cifra total de dos millones y medio de hectáreas. Este aumento estuvo explicado por el crecimiento en la implantación de pasturas artificiales y de mejoramientos extensivos cuyo destino final fue la ganadería y la actividad lechera, la que también manifestó un importante dinamismo en la década. En particular se destaca la rápida expansión del Lotus subbiflorus cv "El Rincón", que tuvo una muy buena adaptación en zonas donde anteriormente era difícil encontrar una leguminosa de buena persistencia.

Esta conjunción de elementos (disminución del stock ovino, mejora en la base forrajera) posibilitó una mejora en las condiciones de alimentación del ganado en general, la que se vio reflejada en los indicadores de producción. La faena comienza a aumentar consistentemente desde mediados de la década, superando para 1997 los dos millones de cabezas. La gran diferencia con el período anterior es que años de altas extracciones no son seguidos por disminuciones en el stock y en la extracción (en un padrón cíclico), sino que son continuados por años de altos niveles de extracción con un stock estable.

El indicador más claro de crecimiento consistente es la tasa de extracción, definido como el número de cabezas faenadas sobre el número de cabezas en el stock. Esta es una aproximación al problema de la eficiencia en la medida que una comparación más exacta debería tomar cuenta de los kilos extraídos del sistema sobre los kilos totales en stock. La historia muestra que en momentos de liquidación del stock este indicador podía alcanzar en el pasado valores extremadamente altos. En la década del setenta dicho valor alcanzó el valor de 21% en el año 1976 mientras que en la década del ochenta dicho valor llegó a 24.2% en el año 1983. Sin embargo dichas tasas inexorablemente eran acompañadas por importantes caídas en los años siguientes de recomposición del stock. El gran cambio que se produce en la segunda mitad de la década del noventa, es que las tasas de extracción se mantienen altas durante varios años seguidos. El promedio para el quinquenio 1996-2000 es de 19.2%, similar al obtenido en el quinquenio 1981-1985 (Cuadro 1). ¿Cuál es la diferencia entre ambas situaciones? Que las altas extracciones de la década del ochenta no fueron sustentables, no tuvieron un soporte de progreso tecnológico que hiciera consistente y estable al indicador: la alta faena de hembras de los años 1982 y 1983 repercutió en los años 1987 y 1988 deprimiendo los indicadores de este período. Por lo tanto un correcto análisis del desempeño ganadero debe contemplar los efectos dinámicos por un lapso relativamente prolongado de tiempo.

Una observación relevante es que la tasa de extracción cambia de nivel (aumenta) y se estabiliza en un valor promedio superior al 19% (más de tres puntos superior al quinquenio anterior). Este indicador es clave para poder comparar el desempeño de la pecuaria del país con la de nuestros competidores en los mercados internacionales, en la medida que está muy vinculado a los costos de producción y los volúmenes potencialmente ofertables.

Eficiencia de la invernada

El progreso en la cadena de carne vacuna se evidenció en el crecimiento sostenido de la producción. Este aumento estuvo destinado fundamentalmente al mercado externo que pasó a absorber entre el 55 y el 60% de la producción. Uruguay pasó a producir más de 450 mil toneladas de carne carcasa, de las cuales 260 mil fueron destinadas a la exportación y 190 mil al mercado interno.

Las exportaciones en pie no significaron un elemento cuantitativo importante para la producción total sino más bien un elemento cualitativo importante para la fijación de precios, especialmente de las categorías de reposición.

El cambio más importante en lo que refiere al tipo de producto ofrecido por la cadena vacuna uruguaya, fue la

Cuadro 1. Faena, exportación en pie, stock y tasa de extracción (1971-2000)

	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
Faena (millones de cabezas)	1.45	1.302	1.316	1.48	1.824	2.163	1.76	1.682	1.329	1.629
Exportaciones en pie (mill. de cabezas)	0	0	0.006	0.014	0.033	0.022	0.013	0.021	0.02	0.013
Faena + exportación en pie	1.45	1.302	1.322	1.494	1.857	2.185	1.773	1.703	1.349	1.642
Stock total (mill. Cabezas)	s/d	9.273	9.86	10.67	11.53	10.38	10.11	10	10.3	11.17
TE (%)	s/d	14.0	13.4	14.0	16.1	21.0	17.5	17.0	13.1	14.7
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Faena (millones de cabezas)	1.967	2.215	2.24	1.507	1.604	1.64	1.263	1.476	1.8688	1.645
Exportaciones en pie (mill. de cabezas)	0.022	0.033	0.105	0.005	0.001	0.004	0	0.004	0.124	0
Faena + exportación en pie	1.989	2.248	2.345	1.512	1.605	1.644	1.263	1.48	1.9928	1.645
Stock total (mill. Cabezas)	11.421	11.237	9.704	9.062	9.37	9.3	9.945	10.33	9.447	8.692
TE (%)	17.4	20.0	24.2	16.7	17.1	17.7	12.7	14.3	21.1	18.9
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Faena (millones de cabezas)	1.3283	1.4167	1.3828	1.665	1.556	1.868	2.11	1.947	1.854	1.954
Exportaciones en pie (mill. de cabezas)	0	0.046	0.009	0.132	0.142	0.034	0.052	0.12	0.034	0.047
Faena + exportación en pie	1.3283	1.4627	1.3918	1.797	1.698	1.902	2.162	2.067	1.888	2.001
Stock total (mill. Cabezas)	9.001	9.67	10.217	10.51	10.45	10.65	10.53	10.3	10.389	10.38
TE (%)	14.8	15.1	13.6	17.1	16.2	17.9	20.5	20.1	18.2	19.3

disminución de la edad media de faena de los novillos. Entre inicios y mediados de la década del noventa el porcentaje de novillos de 8 dientes (boca llena) en la faena disminuye de un 70% a menos del 50%. Concomitantemente se observa un aumento de la faena de animales de 2 y 4 dientes.

En función de algunos supuestos lógicos se puede pensar que la edad promedio de faena de los novillos pasó de algo más de cuatro años y medio, a inicios de la década, a algo más de tres años y medio al finalizar la década. Dicha transformación operó en la primera mitad de la década, estabilizándose luego. Como consecuencia de esto, aumentó el stock de novillos con edades entre 2 y 3 años y disminuyó la proporción de novillos mayores a 3 años. Este aumento de la velocidad de engorde de los animales será fundamental para explicar la demanda de terneros y el cambio de precios relativos de las categorías de cría y engorde.

Eficiencia de la cría

El cambio más significativo en la década es la recomposición de la categoría vacas de cría. En el año de la crisis de la sequía (1989) el stock en esta categoría cayó a un nivel inferior a los dos millones y medio de animales. Para el año 1996, en función de las buenas expectativas y a los buenos precios recibidos por los terneros, el stock se había recompuesto y había superado los tres millones y medio de cabezas: un cambio de un millón de animales en solo cinco años. Simultáneamente, disminuyó la edad al primer entore y la categoría vaquillona de más de 2 años, conti-

nuó cayendo hasta estabilizarse en el medio millón de animales. Las vacas de internada disminuyeron consistentemente a lo largo de toda la década del noventa desde el millón inicial al medio millón final. Esto se debió a que se comenzó a generalizar la práctica de refugar las vacas falladas (por tacto), por lo que dicha categoría empieza a estar menos tiempo en el sistema.

En síntesis, en la cría se produce una disminución de la edad al primer entore, un aumento de las vacas de cría hasta estabilizarse en un nivel de tres millones y medio en el último quinquenio y una disminución de las vacas de internada. El porcentaje de destete se estabiliza en un nivel cercano al 60%, lo que significa una producción de terneros algo superior a los dos millones de cabezas, lo que permitió sostener el crecimiento en la extracción e implicó un progreso modesto en la eficiencia de la cría: se consigue aumentar la proporción de hembras entoradas a los dos y tres años sin disminuir los porcentajes de destete.

Sin embargo en la década del 90 se producen una serie de transformaciones que rompen la inercia de la cría:

- i) un aumento del número de empresas dedicadas a la cría en detrimento de las de ciclo completo o internada (Laca, 2001);
- ii) una mejora en las relaciones de precio entre las categorías de reposición (terneros y novillo flaco) y las categorías terminadas (novillo);
- iii) el ajuste de una serie de tecnologías de producción de pasturas y manejo animal orientadas específicamente a la mejora del desempeño reproductivo de las vacas.

Síntesis de los características de la década

La descripción anterior permite identificar un padrón claro de ruptura del estancamiento productivo y ubicación en un nuevo nivel de actividad. Sintetizaremos estos resultados en una serie de premisas que orientarán la formulación del modelo explicativo a desarrollar posteriormente.

Premisa 1- Sobre mediados de la década del noventa se produce una acumulación de cambios en la oferta y la demanda que conducen a la ruptura del padrón productivo anterior. La evidencia más clara es el fin del denominado "ciclo ganadero" con la estabilización del stock vacuno en un valor algo superior a los diez millones de cabezas.

Premisa 2- La actividad pecuaria, vista a nivel agregado, mejora su eficiencia por un aumento de la relación flujo/stock. La tasa de extracción cambia de nivel para ubicarse en el entorno de 19% y con oscilaciones muy inferiores a las ocurridas en el pasado.

Premisa 3- Dado que el peso promedio de faena se mantuvo, el aumento de la tasa de extracción (en cabezas) significó también un incremento en producción (en toneladas). El tipo de animales demandados no cambió significativamente con el ingreso a los mercados del denominado circuito no aftósico.

Premisa 4- La transformación más importante se produjo en la edad media de faena de los novillos. Presumiblemente dicha variable pasó de algo más de cuatro años y medio a algo más de tres años y medio, habiendo ocurrido la mayor transformación en la primera mitad de la década del noventa.

Premisa 5- La mayor velocidad de engorde se logró con una mejor alimentación del ganado. Esto tuvo dos componentes fundamentales: una mejora inicial en la base forrajera disponible para la invernada (praderas y verdeos anuales) seguida luego por un crecimiento de los mejoramientos extensivos destinados a la cría. Asimismo la caída drástica del stock ovino también contribuyó a mejorar la oferta forrajera para los vacunos.

Premisa 6- La cría vacuna progresa lentamente en todo el período. El porcentaje de destete se mantiene básicamente estabilizado y sólo se observa una mejoría en la proporción de hembras de dos y tres años que son entoradas. Luego de la sequía de 1989 las vacas de cría se estabilizan

en tres millones y medio, lo que con un destete ligeramente superior al 60% consigue producir cada año los terneros necesarios (más de dos millones) para alimentar el sistema en su conjunto. Presumiblemente una mejor alimentación del rodeo general contribuyó a disminuir la mortandad.

La pregunta a responder es, entonces, cuál es el conjunto de indicadores técnicos (productivos y reproductivos) que son compatibles o consistentes con las distintas tasas de extracción. Esto permitirá distinguir dos aspectos sustantivos:

a- ¿Cuáles son las tasas de extracción sustentables a lo largo del tiempo que el país puede lograr?

b- ¿Cuánto deberá avanzar la cría y la invernada para llegar a dichas tasas de extracción?

UN MODELO PARA LAS RELACIONES ENTRE LA CRÍA Y LA INVERNADA

A continuación se presentará un modelo simple que representa una situación de estado estacionario, que permite evaluar las tasas de extracción sustentables o de equilibrio. Para las hembras, un único parámetro (α) determina conjuntamente la reposición necesaria para el rodeo de cría y la eficiencia reproductiva del mismo⁶. En primer término se resuelve un modelo sin incluir la mortandad, por simplicidad.

El Modelo 1: análisis global de eficiencia

Supongamos que cada año nacen $2K^7$ animales, mitad hembras y mitad machos. Al año siguiente una proporción αK de las hembras se mantiene en el stock mientras que las $(1-\alpha)K$ restantes se venden: constituyen un flujo. Así tenemos de manera secuencial un modelo de generaciones superpuestas. La estructura del stock en un año representa también la historia de una generación a lo largo de su vida donde el denominado "Año 0" representa a las hembras menores a 1 año, el "Año 1" a las hembras menores a 2 años y así sucesivamente.

De igual manera se desarrolla el modelo para los machos, salvo que se puede mantener una proporción de la generación en el stock, lo que permite tener una estructura de edades diferenciada de la de hembras. La población tiene "infinitas" generaciones (con $0 < \alpha, \beta < 1$), lo que simplifica la resolución matemática.

⁶Una variante que separa ese parámetro en dos permitiendo elegir cuantas terneras se utilizarán para la reposición de la cría (β) y por otra parte cuánto rendirá cada hembra (d) se encuentra en Caputi & Murguía, 2002.

⁷ El tamaño del problema no es relevante. Observase que históricamente K era aproximadamente un millón de cabezas, en el Uruguay.

Cuadro 2. Evolución en el tiempo de stock y flujos de machos y hembras.

AÑOS	STOCK HEMBRAS	STOCK MACHOS	FLUJO HEMBRAS	FLUJO MACHOS
0	K	K		
1	αK	βK	$(1-\alpha)K$	$(1-\beta)K$
2	$\alpha^2 K$	$\beta^2 K$	$(1-\alpha)\alpha K$	$(1-\beta)\beta K$
3	$\alpha^3 K$	$\beta^3 K$	$(1-\alpha)\alpha^2 K$	$(1-\beta)\beta^2 K$
...
∞	$\alpha^\infty K$	$\beta^\infty K$	$(1-\alpha)\alpha^{\infty-1} K$	$(1-\beta)\beta^{\infty-1} K$

Se puede calcular el stock de hembras⁸ como:

$$S^? = ? + \mathbf{a}^? + \mathbf{a}^2 K + \mathbf{a}^3 K + \Lambda + \mathbf{a}^\infty K = K \left[\frac{1}{1-\mathbf{a}} \right] \quad (1)$$

De igual manera se calcula el stock de machos:

$$SM = ? + \mathbf{b}^? + \mathbf{b}^2 K + \mathbf{b}^3 K + \Lambda + \mathbf{b}^\infty K = K \left[\frac{1}{1-\mathbf{b}} \right] \quad (2)$$

Con lo que a partir de (1) y (2) se calcula el stock total del rodeo:

$$ST = K \left[\frac{1}{1-\mathbf{a}} + \frac{1}{1-\mathbf{b}} \right] \quad (3)$$

Se puede calcular el flujo de hembras como:

$$F^? = (1-\mathbf{a})^? + (1-\mathbf{a})\mathbf{a}^? + (1-\mathbf{a})\mathbf{a}^2 K + \Lambda + (1-\mathbf{a})\mathbf{a}^{\infty-1} K = \frac{(1-\mathbf{a})K}{1-\mathbf{a}} = K \quad (4)$$

De igual manera se calcula el flujo de machos:

$$FM = (1-\mathbf{b})^? + (1-\mathbf{b})\mathbf{b}^? + (1-\mathbf{b})\mathbf{b}^2 K + \Lambda + (1-\mathbf{b})\mathbf{b}^{\infty-1} K = \frac{(1-\mathbf{b})K}{1-\mathbf{b}} = K \quad (5)$$

En esta primera versión sin mortandad, el flujo anual de equilibrio es igual al ingreso de animales (2K). Los anteriores cálculos permiten determinar cual es la tasa de extracción de estado estacionario dados los parámetros α y β , como se observa en la ecuación (6). La tasa de extracción es la cantidad de animales que se faenan en un período de tiempo en relación al stock al inicio de dicho período. En este caso el stock es constante ya que estamos en

un estado estacionario y por lo tanto dicha tasa es sostenible indefinidamente a lo largo del tiempo, dicho de otra forma no generará variaciones del stock.

$$T = \frac{2K}{K \left[\frac{1}{1-\mathbf{a}} + \frac{1}{1-\mathbf{b}} \right]} = \frac{2}{\left[\frac{1}{1-\mathbf{a}} + \frac{1}{1-\mathbf{b}} \right]} \quad (6)$$

⁸ Aplicando las propiedades de convergencia de series.

Eficiencia en la cría: restricciones adicionales sobre a

a. El PER y la restricción biológica sobre a

En primer lugar definiremos el indicador apropiado de eficiencia en el proceso de producción de terneros. Como señala Rovira (p.p 115)

"..en Nueva Zelanda.... consideran que al estimar el porcentaje de procreo de un rodeo de cría, la cantidad de terneros producidos se debe referir no sólo a los vientres entorados, sino también incluyendo las vaquilloncitas que no hubieran sido entoradas"

Este cociente (número de terneros destetados sobre hembras potencialmente fértiles) lo denominaremos en este trabajo como PER (Parámetro de Eficiencia Reproductiva)⁹. Este indicador incluye dos aspectos diferentes: por un lado qué proporción de hembras mayores a un año están en condiciones de ser entoradas y por otro cuál es la proporción de terneros nacidos en relación a las hembras entoradas (Ecuación 7).

$$PER = \frac{N^{\circ} \text{ terneros}}{\text{Hembras} \geq 1 \text{ año}} = \frac{2K}{aK} = 2 \times \frac{(1-a)}{a} \quad (7)$$

El PER se puede calcular fácilmente multiplicando el porcentaje de destete por la proporción de hembras potencialmente fértiles que han sido entoradas. Lo interesante del PER es su interpretación directa: a mayor PER cría más eficiente. Usando este indicador no se generan contradicciones como ocurre con los análisis más parciales que se realizan de la eficiencia en la cría. Como el PER está acotado ($0 < PER \leq 1$) debido a que a diferencia de los ovinos en los vacunos no se dan los partos múltiples, se impone una nueva restricción para α que se deriva de la misma ecuación (7): $\alpha \geq 2/3$. Una medida más ajustada de eficiencia sería la de los kilos destetados en relación a los kilos necesarios en el rodeo de cría para producir este resultado; esta forma de medir el progreso en la cría es sumamente compleja y de difícil mensura a nivel agregado.

Eficiencia en la invernada

Un indicador de la eficiencia de la invernada es la edad media de faena de los novillos (EM). Vale aquí la observación hecha anteriormente: no solo importarían las cabezas faenadas sino también los quilos que se obtienen. De todos modos dado un flujo de K machos, el sistema será

más eficiente cuanto menor sea el stock necesario para generarlos, de modo de tener una alta tasa de extracción. La edad media de faena de los Machos (EM) y de las hembras (EH) se puede calcular como ¹⁰:

$$EM = \frac{1}{1-b} \quad (8)$$

$$EH = \frac{1}{1-a} \quad (9)$$

Estudio de la tasa de extracción : tres variantes

Si definimos la función tasa de extracción en función de sus parámetros originales, $T = f(\alpha, \beta)$ de acuerdo a la ecuación (6) ésta presenta las siguientes propiedades ¹¹:

$$\frac{\partial T}{\partial a}, \frac{\partial T}{\partial b} < 0$$

Los signos de la matriz hessiana son:

$$H = \begin{matrix} - & + \\ + & - \end{matrix}$$

y su determinante es 0, por lo que la forma cuadrática es negativa semidefinida. Esto quiere decir que la función es cuasi-cóncava y presentará un máximo y tramos donde se comporta en forma lineal. En la Figura 1 se presentan las curvas de iso-tasa de extracción (isoT), para los diversos valores de α, β .

Una segunda posibilidad es definir la tasa de extracción en función de indicadores agregados, como son la edad media de faena de machos y hembras, o sea $T = f(EH, EM)$. Sustituyendo las ecuaciones (8) y (9) en (6) se obtiene:

$$T = \frac{2}{[EH + EM]} \quad (10)$$

Definida de esta manera T depende negativamente de la edad de faena de las dos categorías del rodeo, algo lógico ya que en la medida que se alarga la estructura de edades, mayor es la edad media de faena y mayor el stock, lo que lleva a una menor tasa de extracción. Además am-

⁹ Siguiendo la terminología utilizada por Adler & Murguía.

¹⁰ El procedimiento de cálculo se encuentra en Caputi & Murguía, 2002.

¹¹ Para la demostración de las propiedades de la función ver Caputi & Murguía, 2002.

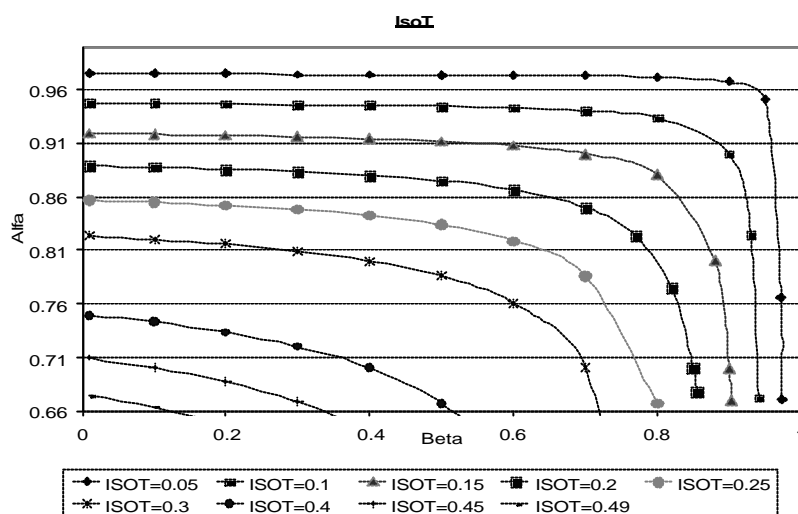


Figura 1. Curvas de iso-tasa de extracción.

bas variables se comportan como "sustitutos perfectos": las IsoT en este caso son líneas rectas.

La mínima edad promedio de faena de los machos es de 1 año, mientras que la de las hembras, debido a la restricción de que $\alpha \geq 2/3$, es de 3 años. De esta manera el valor máximo de la tasa de extracción tiende a 0,5. Desde el punto de vista práctico, esta forma de aproximarse a la tasa de extracción de equilibrio es compleja, al menos hasta que estén implementados sistemas de trazabilidad que registren con precisión en la industria la edad exacta de faena de machos y hembras.

La tercera forma de presentar el problema está más relacionada con la forma habitual de pensar los problemas de la ganadería en el país, dado que los técnicos fácilmente pueden identificar los valores razonables de los parámetros de la función. En la misma se expresa la tasa de extracción en función de la edad media de faena de los machos y del parámetro de eficiencia de la cría, $T=f(\text{PER}, \text{EM})$. Sustituyendo las ecuaciones (7) y (8) en (6) se obtiene:

$$T = \frac{2}{\left[1 + \frac{2}{\text{PER}} + \text{EM}\right]} \quad (11)$$

La Tasa de extracción depende positivamente del PER y negativamente de EM. A mayor eficiencia de la cría, menor stock de hembras será necesario para producir 2K terneros y por lo tanto menor es EH.

Inclusión de mortandad en el modelo

La mortandad se incluye considerándola como la proporción del stock en un año de una determinada generación ($0 < \theta < 1$) que muere, por lo que no llega a ser parte del stock del año siguiente. De esta manera se puede construir la estructura de edades de la población en forma análoga al caso sin mortandad y calcular los flujos y stock. Los stocks tanto de hembras, como de machos y en consecuencia el total son iguales al caso sin mortandad, por lo que se puede usar la ecuación (3) para el cálculo de la tasa de extracción.

El nuevo flujo es

$$F = K \left[\frac{1 - (a + q)}{1 - a} + \frac{1 - (b + q)}{1 - b} \right] \quad (12)$$

Por lo que dividiendo (12) entre (3) y realizando el álgebra correspondiente, tenemos que:

$$T(a, b, q) = \frac{2}{\left[\frac{1}{1 - a} + \frac{1}{1 - b} \right] - q} \quad (13)$$

o también

$$T(a, b, q) = T(a, b) - q \quad (14)$$

Esta formulación que incluye la mortandad la podemos utilizar para describir la ecuación (11), de modo que

$$T = \left[\frac{2}{1 + \frac{2}{PER} + EM} \right]^{-q} \quad (15)$$

Esta ecuación es una especie de "solución general" para evaluar la evolución de la ganadería en un país a lo largo del tiempo o inclusive entre países. A pesar de las simplificaciones introducidas es sorprendente lo razonable que resultan los resultados finales generados por esta ecuación: una edad media de faena de machos de 4.5 años, un PER de 0.42 y una mortandad promedio de 3.5% en la ecuación (15) producen como resultado una tasa de extracción del 16%, que describe muy bien la situación productiva de Uruguay en el promedio de los años 1984-88. También con una edad media de faena de machos de 3.7 años, un PER de 0.44 y una mortandad promedio de 2.5% en la ecuación (15) se obtiene como resultado una tasa de extracción del 19%, que describe muy bien la situación productiva de Uruguay en el promedio de los años 1994-98. Estos dos períodos se eligieron por ser de estabilidad en su producción, lo que hacía suponer que se podía estar en la vecindad de un estado estacionario.

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN

El modelo teórico descrito en el capítulo anterior tiene la virtud de relacionar las tres variables claves para la interpretación del desarrollo de la ganadería: la tasa de extracción (eficiencia global), la edad media de faena de los novillos (eficiencia de la invernada) y el parámetro de eficiencia reproductiva (eficiencia de la cría). Sin embargo se podrían objetar los supuestos sobre los cuales es construido: es de horizonte infinito, se asume una única mortandad, existe un único parámetro para el pasaje entre categorías (o complementariamente el refugio), no se discriminan los toros del total de machos y el porcentaje de destete es único, entre otros aspectos. Todas estas restricciones se levantaron en la formulación de un modelo de simulación¹², que permite incorporar para cada categoría sus parámetros específicos (mortandad, refugio, entore, destete, etc.) posibilitando un mejor ajuste a la realidad. Este modelo es una versión ajustada del presentado en Adler y Murguía, 2000.

Definición de los períodos representativos de cada sistema

Para definir los indicadores de la "situación tradicional" o *Sistema 1*, habría que referirlo a algún período anterior a la sequía de 1989, ya que a partir de esta cambian muchos elementos. Por otra parte una segunda limitación es que en 1982 se produce la quiebra del sistema de fijación del tipo de cambio que trajo importantes consecuencias en la liquidación de stock de los años subsiguientes. En base a estas consideraciones se definieron los indicadores del Sistema 1 con los promedios de cinco años 1984-1988.

La definición de los indicadores representativos de la "situación actual" o *Sistema 2*, fue relativamente más simple. Como fue señalado en el capítulo 2, la ganadería nacional se estabiliza en sus principales indicadores (stock, flujo, tasa de extracción, dentición de novillos a la faena) sobre mediados de la década del noventa. Para mantener la simetría se establecieron los indicadores del Sistema 2 en base a los promedios de cinco años 1994-1998.

En relación al *Sistema 3*, señala un horizonte alcanzable en el mediano plazo si los parámetros siguen la trayectoria definida en la simulación.

Características del modelo de simulación y resultados

El modelo se construye en base a una definición de equilibrio: los parámetros deberán ser tales que permitan mantenerlo funcionando indefinidamente. En términos prácticos quiere decir que una vez suministrados los parámetros básicos y verificadas las restricciones técnicas respectivas (por ejemplo que se generen los terneros necesarios) los flujos generados podrían reproducirse año a año. La principal implicancia es que las tasas de extracción logradas (faena sobre el stock) son sustentables en el tiempo, contribuyendo a establecer en qué momentos la faena está por encima del equilibrio (en forma global o por categorías) y en que momentos está por debajo.

En base a los antecedentes de la bibliografía nacional se introdujeron en el modelo los coeficientes técnicos (mortandad, proporción de entore y destete por categoría, refugio o venta por categoría, entre otros) que difieren de un sistema a otro. En el cuadro 3 se reportan los principales resultados obtenidos con el modelo de simulación para los tres sistemas. Los dos primeros, al contrastarse con los resultados históricos, muestran que el modelo es consistente y por lo tanto puede utilizarse para realizar proyecciones en base a ciertos supuestos.

¹² Disponible solicitándolo a los autores.

Cuadro 3. Resultados de la implementación de un modelo de simulación.

<i>Resumen de indicadores</i>	<i>Sistema 1</i>	<i>Sistema 2</i>	<i>Sistema 3</i>
Tasa de extracción	16.0	19.2	22.3
Edad media faena (novillos)	4.5	3.7	3.1
Faena novillos 8 dientes (%)	71.0	52.6	30.3
Parámetro eficiencia reproductiva (PER)	41.6	43.6	49.6
Hembras mayores a 1 año entoradas (%)	64.9	70.4	72.9
Destete (%)	64.0	62.0	68.0
Mortandad promedio del rodeo (%)	3.9	3.4	3.3
Machos en el total del stock (%)	41.3	38.9	37.5

Transición entre el Sistema 1 y el Sistema 2: el cambio ganadero

El sistema tuvo un cambio significativo en sus tasa de extracción o eficiencia global, entre la situación "tradicional" y la situación "actual". Es importante diferenciar el efecto relativo de mejora de la eficiencia del efecto absoluto de aumento de la producción. Durante la primera parte de la década del noventa la producción total (medida en toneladas en pie o en toneladas de carne carcasa) aumenta sostenidamente por dos efectos: por un lado se recompone el stock con posterioridad a la sequía hasta alcanzar los diez millones y medio de cabezas (efecto absoluto) pero por otro mejoran los parámetros básicos que permiten lograr una mayor tasa de extracción sustentable (efecto relativo).

¿Era esta tasa de extracción lograda entre 1994-1998 sustentable en el tiempo? El promedio de los dos años siguientes se ubicó aproximadamente en esos niveles (19 %), debiendo recordarse que sobre finales del 2000 se detectó el primer foco de fiebre aftosa en Artigas, lo que disminuyó la faena de ese año.

El cambio más significativo se produce en el aumento de la velocidad de engorde de novillos. Entre un sistema y otro (tradicional y el actual) se produce una importante caída en la faena de animales de boca llena (8 dientes) desde algo más del 70% al 50%. En base a algunos supuestos se puede estimar que la edad media de faena de los novillos cayó desde los 4.5 años a 3.7 años, o sea algo menos de un año. Este cambio es el principal soporte del

aumento de la eficiencia en el uso de los terneros y explica aproximadamente un punto y medio de los tres puntos que mejoró la tasa de extracción.

Entre ambos sistemas el progreso de la cría vacuna es bajo; el porcentaje de destete no mejora sustantivamente y de hecho se produce una muy leve caída. El progreso de la cría explica aproximadamente medio punto de los tres puntos que mejoró la tasa de extracción¹³.

Un elemento que debe tenerse en cuenta es que durante el período asociado al sistema 2 (1994-1998) se comienzan a generalizar una serie de innovaciones en el manejo tecnológico de la cría vacuna (destete temporario y precoz, apoyos con mejoramientos extensivos, tacto como criterio de refugio, etc.) que producirán sus resultados en los años siguientes. Las relaciones de precios comienzan a ser francamente favorables para la cría, lo que fomenta la inversión. Por otra parte se comienzan a implementar una serie de programas públicos que señalan al desarrollo de la cría como una de las prioridades, lo que mejora las expectativas.

Las mejoras en la eficiencia de la invernada y la cría explican algo más de dos puntos porcentuales de los tres puntos que mejoró la tasa de extracción. Es presumible que en la medida que los animales pasaron a estar mejor alimentados, que se valorizó la hacienda y se incorporaron diversas tecnologías de manejo (sanidad, etc.), también disminuyó el porcentaje de mortandad en el rodeo. Este último aspecto no es fácil de verificar empíricamente con las bases de datos disponibles en el país.

¹³ Para la comprensión de este aspecto (como una aproximación), véase en la ecuación 15 el efecto de los cambios en la edad media de faena de los novillos.

Transición entre el Sistema 2 y el Sistema 3: el camino de desarrollo futuro

De no haberse producido la "*crisis de la aftosa*", o sea de haber podido mantener el país el acceso a los mercados del circuito no aftósico, habrían estado dadas las condiciones en el sector primario e industrial para continuar el camino de expansión.

La tasa de extracción podría evolucionar en el mediano plazo (en unos cinco años, una vez superadas las consecuencias de la aftosa) a un valor algo superior al 22 %. Este valor es significativamente inferior al que tiene Australia (30%), similar al que logra Argentina (23%) y significativamente superior al que logra Brasil (19%)¹⁴.

Esa mejora de tres puntos podría lograrse con diversas combinaciones cría-invernada y se puede aplicar sobre un tamaño del rodeo diferente. Parece razonable pensar que el crecimiento futuro de la ganadería no se producirá por crecimiento del stock sino por una mejora en la eficiencia global de la ganadería.

CONCLUSIONES Y POSIBLES EXTENSIONES DEL MODELO

Los cambios ocurridos en la ganadería uruguaya a lo largo de la década del noventa permitieron al país superar su estancamiento histórico alcanzándose una tasa de extracción ubicada entre 19% y 20%. Esta nueva tasa de extracción es sustentable en el tiempo, si se mantienen los indicadores técnicos logrados en la cría vacuna y en el engorde de animales.

El enfoque presentado permite separar el análisis relativo de eficiencia y sustentabilidad del análisis absoluto del crecimiento productivo, aspecto este que ha oscurecido algunas veces el debate sobre el desarrollo ganadero.

La extensión natural de este trabajo es el análisis sobre las causas que llevaron al país a seguir esta trayectoria de crecimiento y no otra. Como debería quedar claro, la combinación específica de eficiencia en cría e invernada que actualmente tiene el país es solamente una de las opciones que produce la tasa de extracción de equilibrio. Esta posible extensión del modelo remite principalmente a la restricción alimenticia del ganado y a su uso más económico.

Desde el punto de vista de las implicancias para el país y la cadena cárnica abre una interesante perspectiva. El aumento del PER aumentará la tasa de extracción, pero ese incremento será mayor si es acompañado por una disminución en la edad de faena de los animales. La industria uruguaya demanda animales muy pesados (promedialmente 440 kg), lo que para el pool genético disponible en Uruguay en este momento implica edades medias en torno a 3 años y medio. O sea que, en buena medida, una disminución de la edad de faena puede estar asociado a una disminución del peso medio de faena. Esto dependerá de la inserción comercial internacional de las carnes uruguayas y de la economía del proceso industrial. Este aspecto será desarrollado en futuras investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- ADLER, A. y MURGUÍA J.M. (2000). "Cambios estructurales en la producción ganadera bovina de carne a nivel nacional: representación del sistema productivo mediante el uso de un modelo de simulación", Tesis de graduación, Facultad de Agronomía, UDELAR.
- CAPUTI, P. (2001). "Análisis del desarrollo de la actividad ganadera en Uruguay y sus perspectivas futuras". Proyecto innovador para el aumento de la Competitividad de la Ganadería, MGAP-BID.
- CAPUTI, P. y MURGUÍA, J.M. (2002). "Modelo ganadero de generaciones superpuestas: una visión de dinámica poblacional para explicar la trayectoria de crecimiento", XXXIII Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Buenos Aires, 23 al 25 de octubre de 2002.
- ILUNDAIN, M.; LACA, H y LEMA, J. (2001). "Evolución de la ganadería de carne vacuna en el Uruguay en la década de los 90". En: 1º Congreso Rioplatense de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay.
- JARVIS, L.S. (1974). "Cattle as capital Goods and rancher as Portfolio Managers.". *J.Polit.Econ.* 82 p.p. 489-520.
- LACA, H. (2001). "Estructura productiva de la ganadería: una década de cambio". En: 1º Congreso Rioplatense de Economía Agraria, Montevideo, Uruguay.
- PEREIRA, G. (2001). "Efectos de las precipitaciones y la baja preñez del año 2000 sobre la producción nacional de terneros a destetar en 2002" (borrador), DIEA-MGAP
- Rovira, J. (1997). "Manejo nutricional de los rodeos de cría en pastoreo", Editorial Hemisferio Sur, Montevideo.
- SAPELLI, C. (1984). "Government Policy and the Uruguayan Beef Sector." Ph.D thesis, University of Chicago.

¹⁴La comparación más precisa es con la tasa de extracción en kilos y no en cabezas.

