



INSTITUTO
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGROPECUARIA

URUGUAY



DINÁMICA DE LA GANADERÍA VACUNA EN URUGUAY

DICIEMBRE 2011

SERIE
TÉCNICA **196**
INIA TACUAREMBÓ

DINÁMICA DE LA GANADERÍA VACUNA EN URUGUAY

Editores: Gabriel Chiara*
Gustavo Ferreira**

*Ing.Agr., Dr en Economía, Investigador asesor de INIA

**Ing.Agr. PhD., Director Regional INIA Tacuarembó (Investigador principal Agroeconomía y Sistemas)

Título: DINÁMICA DE LA GANADERÍA VACUNA EN URUGUAY

Editores: Gabriel Chiara, Gustavo Ferreira

Serie Técnica N° 196

© 2011, INIA

ISBN: 978-9974-38-339-5

Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA
Andes 1365, Piso 12. Montevideo, Uruguay
<http://www.inia.org.uy>

Quedan reservados todos los derechos de la presente edición. Este libro no se podrá reproducir total o parcialmente sin expreso consentimiento del INIA.

Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria

Integración de la Junta Directiva

Ing. Agr., MSc. Enzo Benech - Presidente

Ing. Agr., Dr. Mario García - Vicepresidente



Dr., MSc. Pablo Zerbino

Dr. Alvaro Bentancur



Ing. Agr., MSc. Rodolfo M. Irigoyen



Dynamics of beef cattle in Uruguay

A simulation model

SUMMARY

Competitiveness and profitability of livestock production systems are of paramount importance nowadays. Dynamic competitiveness requires knowledge as a key component to make more informed decisions, and in this regard we usually use mental models, which are built on the basis of our experience and previous knowledge. However, in the understanding of complex systems, simulation models are of great assistance in decision making. The aim of this models is to capture the relationships between technological as well as economic variables. In this way it is possible to experiment and asses the bioeconomic impact of alternative scenarios. This paper describes a simulation model developed using systems approach and development dynamic tools such as “iThink” in order to better understand the livestock production sector in Uruguay. The purpose is to offer a conceptual framework to analyze how different variables and parameters can affect livestock production systems performance at a national level.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. SISTEMA Y ESTRUCTURA	1
III PRINCIPALES RELACIONES	3
A. Procreos	4
B. Formación de precios	5
C. Inversión en praderas y mejoramientos de campo	7
D. Área agrícola	10
E. Extracción	10
F. Exportación de ganado en pie	14
G. Faena de ganado con engorde a corral	14
IV VALIDACIÓN	15
V. EJERCICIOS DE SIMULACIÓN	20
VI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	27
VII. REFERENCIAS	30

DINÁMICA DE LA GANADERÍA VACUNA EN URUGUAY¹

I. INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación por la sostenibilidad del crecimiento de la ganadería y por las vías de intensificación que posibiliten un aumento de la producción sin detrimento de los componentes social y ambiental. Hoy se da un fuerte crecimiento de la agricultura y la forestación desafiando a sistemas productivos de ganadería más tradicionales. Para comprender mejor la dinámica de la intensificación de los sistemas de producción agrícola-ganaderos se requiere de herramientas que permitan un estudio más adecuado de las interrelaciones y sinergias que se establecen en estos sistemas ante posibles intervenciones. El enfoque y las herramientas de análisis de sistemas son muy adecuadas para representar las variaciones e interrelaciones dinámicas de los mismos (Chiara, et al. 2008; Ferreira et al. 1998).

El objetivo del presente trabajo es desarrollar una herramienta de investigación que permita reproducir los aspectos centrales de la dinámica del sistema ganadero, para contribuir a mejorar la capacidad de análisis sobre el sector. Mediante el enfoque y técnicas de dinámica de sistemas se logra captar la estructura y funcionamiento de la ganadería de carne vacuna en Uruguay y generar trayectorias temporales de las principales variables de estado del sistema ganadero frente a shocks de distinta naturaleza.

El modelo desarrolla la estructura del stock y el recurso forrajero en interacción con variables de precio, focalizando en los mecanismos de retroalimentación existentes entre estas variables.

Los coeficientes son estimados fuera del modelo, en base a datos anuales. Una primera elaboración del modelo² utiliza datos del período 1980-2002. En 2011 se volvieron a estimar todas las ecuaciones y se trabaja con series anuales para el período 1990-

2010. Si bien se cuenta con series desde el año 1985, se opta por trabajar con estimaciones basadas en un período más reciente por considerar que reflejan mejor la situación actual de la ganadería. La sección II describe a grandes rasgos la estructura del sistema y sus principales relaciones, en la sección III se describen con mayor detalle las relaciones entre variables. La sección IV comenta el procedimiento de validación del modelo mediante el cual se comparan las trayectorias de las variables de estado generadas por el modelo con las trayectorias de las series reales. Se concluye que la herramienta es capaz de reproducir en forma adecuada la evolución de todas las variables del sector. No obstante, su principal utilidad es como herramienta de análisis y no como herramienta de predicción.

En la sección V se realizan experimentos, sometiendo el modelo a diferentes alternativas de precios de exportación de carne, precios agrícolas y exportaciones de ganado en pie y se discuten las respuestas temporales de las distintas variables. Finalmente, en la sección VI se resumen las principales conclusiones y se realizan sugerencias de posibles líneas de investigación futura.

El Apéndice I describe en detalle las series temporales empleadas y sus fuentes de información.

La elaboración del modelo se realiza con la herramienta iThink³, por referencias metodológicas consultar www.iseesystems.com.

II. SISTEMA Y ESTRUCTURA

En esta sección se presenta la estructura del sistema y las relaciones más relevantes entre las distintas variables.

El sistema a estudio es el sector pecuario productor de carne vacuna, considerado en este trabajo en forma agregada, es decir sin individualizar agentes. El sistema incluye el

¹ Trabajo realizado en INIA Tacuarembó, 2005 y actualizado en 2011.

² Gabriel Chiara, Gustavo Ferreira, Oscar Pittaluga. Dinámica del sector productor de carne vacuna en Uruguay, 2do Congreso Regional de Economía Agraria, XXXIX Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Montevideo, 5 de noviembre de 2008.

³ iThink es un software para construir modelos de sistemas dinámicos, producido por ISEE Systems. www.iseesystems.com subsector vacuno.

stock vacuno⁴, la base forrajera y variables de precio que se consideran relevantes. Se generan trayectorias de variables como: el procreo anual, stock de todas las categorías, la extracción de vacas y novillos, la inversión en alternativas forrajeras, el precio del novillo gordo, el precio del ternero, y un índice de carga en relación a la disponibilidad forrajera. Entre las variables exógenas, no generadas por el modelo, se encuentran: el precio de exportación de carne, el stock ovino, un índice de precios agrícolas, área forestal, exportaciones de ganado en pie.

El sistema real bajo estudio presenta un elevado grado de complejidad que no se pretende abarcar en su totalidad. La representación del sistema propuesta en este trabajo es una simplificación útil que intenta captar solamente los aspectos centrales de la dinámica del sistema con el propósito de contar con una herramienta de investigación sobre su funcionamiento.

La representación de la estructura del sistema consiste en establecer las relaciones entre las variables de estado del sistema y las variables flujo que son las responsables del cambio en las variables de estado a través del tiempo. A su vez, un conjunto de variables auxiliares actúan sobre las variables de estado a través de su influencia sobre las variables de flujo. Entre estas variables auxiliares se encuentra un número elevado de parámetros que fue necesario estimar.

La Figura 1 muestra un diagrama simplificado de los bloques principales de la estructura del sistema y sus interrelaciones. Al operar el modelo, los valores de todas las variables del sistema se actualizan en cada período de tiempo que en nuestro caso es de un año, así por ejemplo los niveles de stock y área forrajera estarán determinados por los valores de años recientes pero también por la evolución de todas las variables desde el inicio del período que se considera en las simulaciones.

El stock de cría crece en función de los procreos y decrece de acuerdo a las tasas de extracción y mortalidad. Los precios inciden directa o indirectamente en la tasa de pro-

creos y en la tasa de extracción; las tasas de mortalidad son exógenas.

Los procreos están determinados por la relación precio del ternero a precio del novillo gordo. A su vez el precio del novillo gordo actúa indirectamente sobre la tasa de extracción. Si mejora el precio del ternero en relación al del novillo gordo aumenta el porcentaje de procreo del siguiente año, a su vez una suba en el precio del ternero reduce la faena de vacas.

Los precios del novillo gordo y la relación precio ternero/precio novillo gordo se determinan en el modelo, es decir que se opta por incluir dentro del sistema el proceso de formación de estos precios por considerar que son parte esencial de los mecanismos de retroalimentación del sistema. La variable exógena que actúa en la formación de estos precios es el precio promedio de exportación de carne.

El precio del novillo gordo al productor queda determinado por el precio de exportación y la carga global en relación a la disponibilidad forrajera. La mejora en el precio de exportación y la reducción en el stock total en relación a la capacidad forrajera determinan un aumento en el precio al productor.

A su vez, el precio del ternero se determina en función del precio del novillo gordo.

El recurso forrajero se compone de variables de estado que representan las hectáreas de campo natural y de los distintos mejoramientos. Cada categoría forrajera se incrementa de acuerdo a una tasa de inversión y decrece de acuerdo a una tasa de pérdida que es función de los años de vida útil. La tasa de inversión para los distintos mejoramientos es determinada por el precio del novillo gordo. La base forrajera se resume en un indicador de área forrajera que a su vez determina un indicador de carga global relativo al área forrajera. En la carga global incide el stock vacuno determinado en forma endógena y también la evolución del stock ovino incluido en forma exógena. La variable carga/forraje es la que actúa en la formación de los precios endógenos.

⁴ Se trabaja con stock vacuno total lo que incluye el stock lechero. Se cuenta con información de DICOSE para considerar el stock vacuno de carne en forma separada, pero no se dispone de las series de recursos forrajeros ni de faena específicas para cada subsector vacuno.

Estructura del modelo

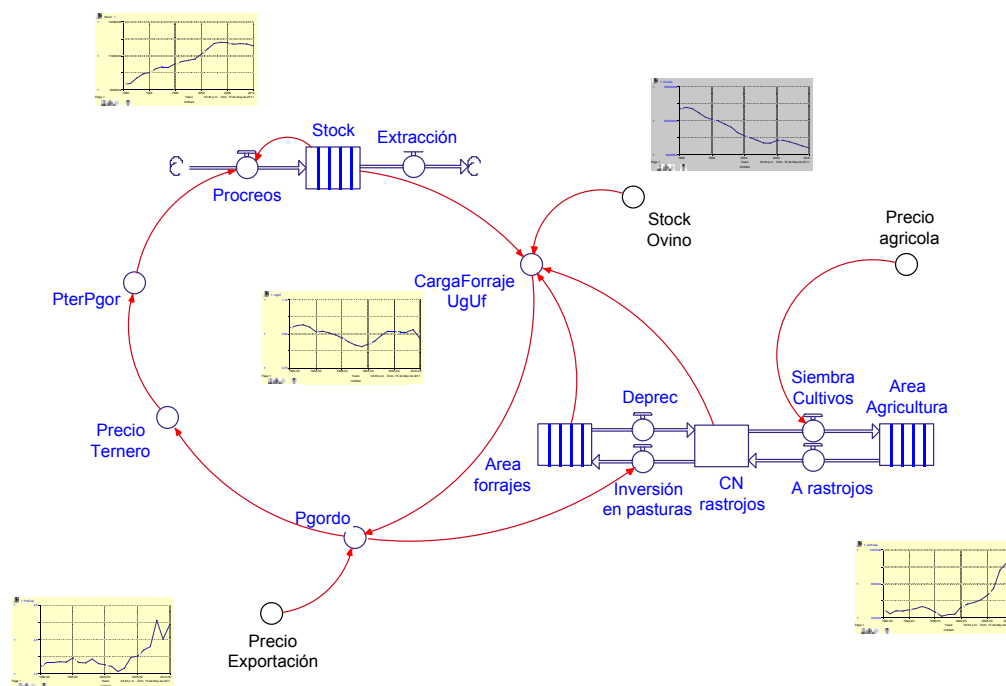


Figura 1. Estructura del sistema productor de carne vacuna

De lo mencionado se puede resaltar la existencia de varios mecanismos de retroalimentación: si sube sostenidamente el precio del novillo gordo sube la relación precio ternero/precio novillo gordo y suben los procreos, además disminuye la extracción de vacas y como consecuencia crece el stock y esto determina una reducción del precio de los novillos y de los terneros, para un precio de exportación de carne dado. Se está en presencia de un claro mecanismo de retroalimentación negativo.

Se establece una segunda retroalimentación entre los precios y la base forrajera. Cuando sube el precio del novillo gordo sube la inversión en mejoramientos forrajeros, sube el área de los mismos y se reduce la carga global en relación al forraje, lo que determina una suba del precio del novillo gordo al productor, es decir una retroalimentación positiva sobre el precio.

La evolución del stock frente a variaciones endógenas de precios originadas por varia-

ciones en el precio exógeno de exportación u otras perturbaciones dependerá de la fuerza de cada uno de estos procesos de retroalimentación. Según domine la retroalimentación negativa o la positiva un aumento de los precios externos podrá traducirse en un aumento más o menos persistente del stock. La estructura del sistema implementada en el modelo permite la inclusión de aleatoriedad en cualquiera de las variables consideradas, en la medida que se tenga información sobre las distribuciones de probabilidad de las mismas.

III PRINCIPALES RELACIONES

En esta sección se describe con más detalle la forma en que se determinan: los procreos, la extracción de vacas y de novillos, la inversión en pasturas y la formación de precios del novillo gordo y del ternero.

Todas las relaciones del modelo están apoyadas en el análisis de las series temporales.

Estas relaciones entre variables se estiman en base a regresiones que incluyen los determinantes fundamentales de cada una de las variables relevantes. Las estimaciones se realizan mediante ecuaciones independientes, por lo general con una o dos variables explicativas. Los coeficientes estimados serán empleados en las relaciones del modelo y las interacciones entre todas las variables son captadas por la estructura del mismo.

La capacidad explicativa del modelo y su utilidad se evalúan mediante un procedimiento de validación que consiste en contrastar las series históricas generadas por el modelo con las series históricas reales. Este procedimiento para juzgar la utilidad del modelo es el aplicado usualmente en la metodología de dinámica de sistemas empleada. Se describe en detalle este procedimiento en la sección sobre validación.

Para las estimaciones se emplean series históricas anuales para el período 1990-2010, la descripción de las series utilizadas se incluye en el Apéndice.

Seguidamente se explicitan las relaciones encontradas entre las variables clave.

A. Procreos

Los datos históricos para el período 1990-2010 muestran una fuerte asociación entre el porcentaje de procreo⁵ y la relación: precio ternero/precio novillo gordo del año anterior (Figura 2). Una regresión simple entre estas variables indica que el 62% de la variación del porcentaje de procreo puede ser explicada por las variaciones en la relación de precios⁶.

La asociación entre estas dos series temporales parece robusta ya que en la primera versión del modelo se encontró similar relación para el período 1985-2002, donde el 58% de la variación en el porcentaje de procreo se explicaba por el precio relativo del ternero al novillo gordo.

También se encuentra una relación de causalidad a la manera de Granger de precios relativos a porcentaje de procreo. Esta causalidad sólo indica precedencia en el tiempo y no causalidad en el sentido corriente del término⁷.

El porcentaje de procreo presenta además una asociación negativa con el stock vacuno total del año anterior. Los procreos quedan

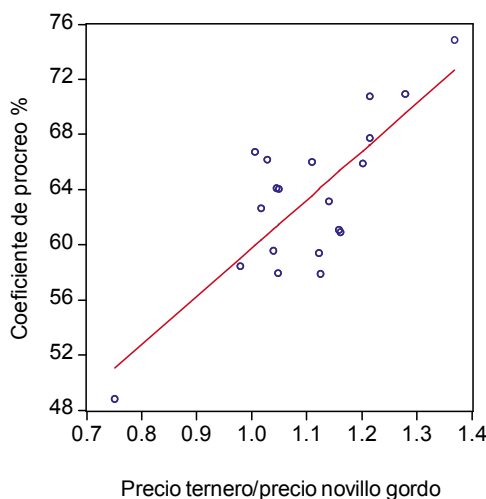


Figura 2. Relación entre precio ternero/precio novillo gordo del año anterior y porcentaje de procreo

⁵ Medido como número de terneros al 30 de junio en porcentaje del total de vientres del período anterior.

⁶ Se puede considerar la relación precio ternero/precio de vaca gorda pero el precio de la vaca está altamente asociado al del novillo por lo que no se gana información al incluir otro precio.

⁷ Se podría plantear la hipótesis que un porcentaje de las vacas que van a faena están preñadas y dado que al caer el precio del ternero aumenta la faena de vacas, también aumenta el número de terneros que van a faena antes de nacer, con lo cual baja el número de terneros logrados en relación al stock de vientres del año anterior. La 2da auditoría de calidad de la cadena cárnica 2007-2008 (INAC-INIA) muestra que el 9,4 % de las vacas adultas faenadas estaban preñadas.

determinados por tanto por la relación de precios y por el stock vacuno total de acuerdo a la siguiente ecuación, y al diagrama de la Figura 3.

$$\text{Procreo en \%} = 70,7 + 30,09 * \text{pterpgor}(-1) - 0,00404 * \text{stock}(-1)$$

(p: 0.0002)

(p: 0.0108)

$R^2 = 0.73.$

pterpgor(-1): relación precio del ternero/precio del novillo gordo del año anterior

stock(-1): stock vacuno total en miles de cabezas del año anterior

Los valores entre paréntesis debajo de los coeficientes indican el valor p o nivel observado de significancia para el estadístico t.

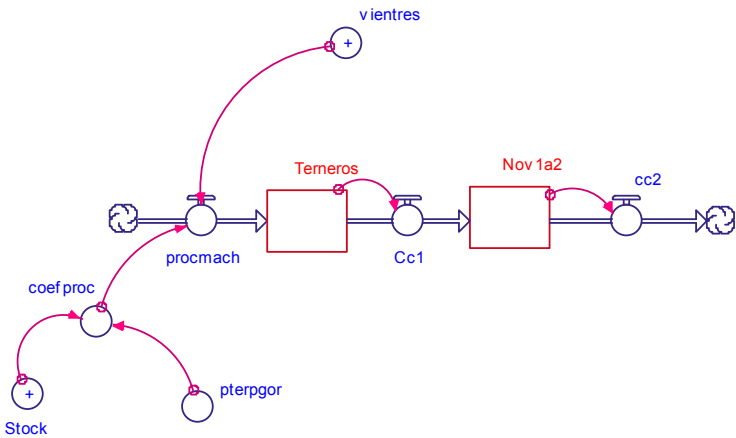


Figura 3 Determinación del porcentaje de procreo

B. Formación de precios

El precio al productor del novillo gordo en pie para el período 1990-2010 se puede explicar por el precio de exportación y un índice de

la carga global (unidades ganaderas totales/ unidades forrajeras⁸). La relación estimada entre estas variables para el período se resume en la siguiente ecuación:

$$\text{pnov} = 0,96 + 0,388 * \text{preexp} - 0,883 * \text{uguf}$$

(p=0,0000)

(p = 0,0007)

$R^2= 0,97$

pnov: precio del novillo gordo U\$S/kg en pie

preexp: precio promedio de exportación de carne U\$S/kg peso carcasa

uguf: relación unidades ganaderas totales / unidades forrajeras totales

La Figura 4 indica la evolución del precio del novillo gordo en pie y la del precio promedio de exportación de carne, convertido en kilos en pie para permitir su comparación gráfica. Trabajando con el período 1984-2005 se en-

contró que la brecha entre el precio de exportación y el precio al productor del novillo gordo se correlacionó con la relación carga/forraje medida a través del índice unidades ganaderas totales/unidades forrajeras.

⁸ Para convertir el stock a unidades ganaderas se emplean los coeficientes usuales, para convertir hectáreas de pasturas a unidades forrajeras se utilizan: has de campo natural = 0.75; mejoramientos = 1,25; praderas y verdeos = 1,75.

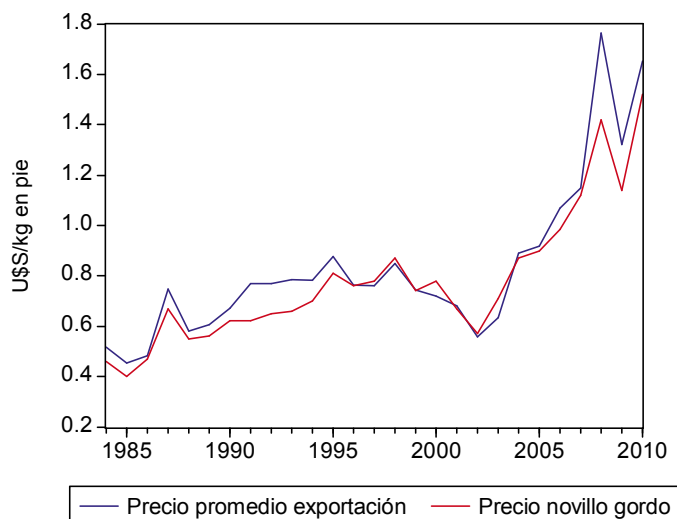


Figura 4. Precio del novillo gordo y precio de exportación.

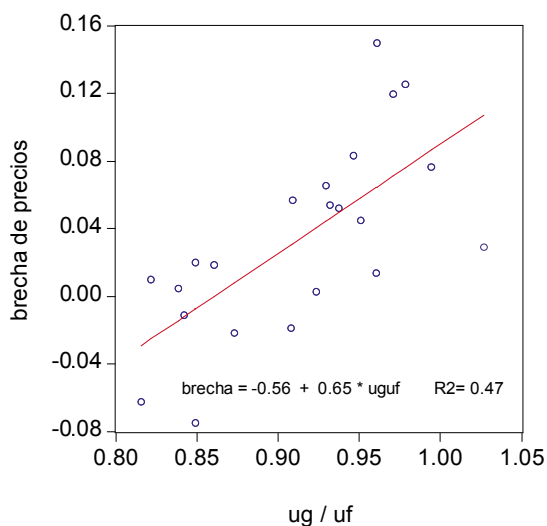


Figura 5. Relación brecha de precios a carga

El cociente carga/forraje (UgUf) explicaba la mitad de la variación en la brecha de precios durante este período, Figura 5.

Esta relación no se mantiene al incluir los años 2005 a 2010. En estos años la brecha

de precios fue importante, pero la relación carga a forraje fue de las más bajas de todo el período (Figura 6). Claramente en los años recientes otros factores están incidiendo en la determinación de la brecha de precios.

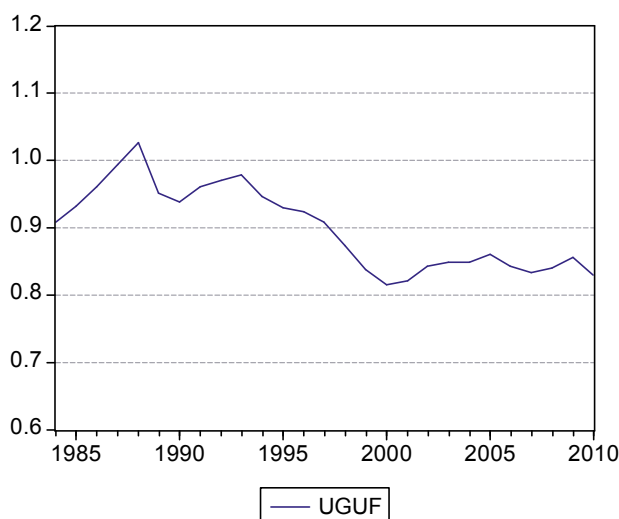


Figura 6. Carga animal en relación a un índice de capacidad forrajera

Finalmente el precio del ternero es función del precio del novillo, del stock total de terneros y de la relación carga/forraje. El coeficiente del precio del novillo gordo en la ecuación indica que un aumento de 10 centavos de dólar en el precio del novillo gordo determina un aumento de 11 centavos en el precio del ternero según esta ecuación, esto equi-

vale a una elasticidad del precio del ternero al precio del novillo unitaria para este período: 1% de aumento en el precio del novillo gordo determinaba un incremento de 1% en el del ternero. Sin embargo para el período anteriormente analizado (1984-2002) el precio del ternero es más sensible al precio con una elasticidad de 1,25.

$$\text{pter} = 0,517 + 1,108 * \text{pnov} - 0,000000114 * \text{teroas} - 0,289 * \text{uguf} \quad R^2 = 0,95$$

(p = 0,0000) (p=0,04) (p=0,44)

pter. precio del ternero en U\$/kg en pie

pnov: precio del novillo gordo U\$/kg en pie

teroas: stock de terneros y terneras en cabezas

uguf: relación unidades ganaderas totales/unidades forrajeras totales

C. Inversión en praderas y mejoramientos de campo

Trabajando con las series históricas hasta el año 2002 se observa una fuerte asociación entre el precio del novillo gordo y la inversión en nuevas pasturas intensivas y mejoramientos. La Figura 7 ejemplifica esta afirmación para el caso de los mejoramientos extensivos y de las praderas, a través de las trayectorias normalizadas⁹ del precio del no-

villo gordo y el incremento anual en el área de pasturas extensivas y de praderas. La variable precio del novillo explica el 74% de la variación en la inversión en praderas y el 64% de la variación en la inversión en mejoramientos extensivos en el período 1984-2002.

En los años recientes el área destinada a cultivos agrícolas compite por el suelo con las praderas pasando a ser una variable explicativa de importancia. Sólo con el precio

⁹ Para obtener los valores normalizados se dividen los datos anuales por el valor medio de la serie.

del novillo no se explica la evolución reciente de la inversión en praderas. Por lo tanto en el presente trabajo se utiliza una ecuación de determinación de la inversión en praderas para el período 1990-1998 con el precio

del novillo gordo como única variable explicativa, y una ecuación para el período 1999-2010 que incluye el precio del novillo gordo y el área de chacra¹⁰.

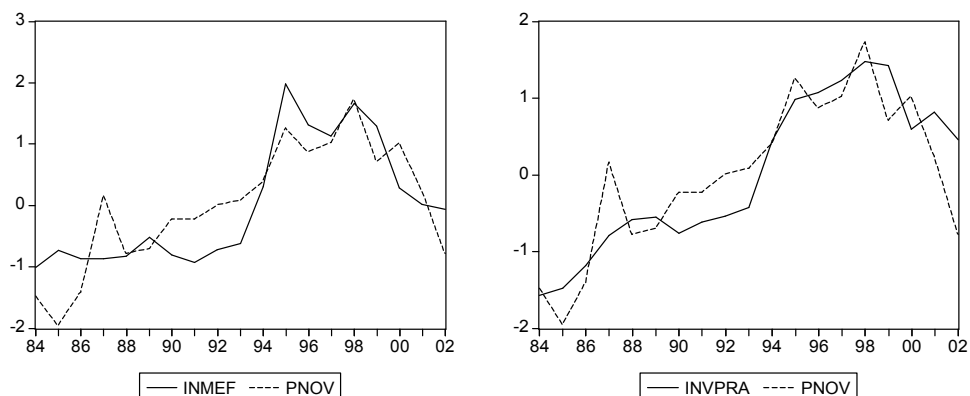


Figura 7. Evolución del precio del novillo gordo e inversión en pasturas

Período 1990-1998	$\text{inpra} = -578493 + 1292958 * \text{pnov}$	$R^2 = 0,91$
	(p: 0,0001)	
Período 1999-2010	$\text{inpra} = 346614 + 263892 * \text{pnov} - 0,323 * \text{archasa}$	$R^2 = 0,56$
	(p: 0,06) (p: 0,01)	

inpra: área de nuevas praderas en has
pnov: precio del novillo gordo U\$/kg en pie
archasa: área de chacra en has

Para el período bajo estudio la inversión en mejoramientos muestra un comportamiento similar a la inversión en praderas, el área de

nuevos mejoramientos se determina entonces en función del área de praderas según la siguiente ecuación.

$$\text{inmef} = -25353 + 0,404 * \text{inpra} \quad R^2 = 0,73$$

(p: 0,0000)

inmef: área de nuevos mejoramientos en has

La siembra de cultivos forrajeros anuales se explica principalmente por el precio del novillo gordo según:

$$\text{sieanu} = 94012 + 263260 \text{Pnov}(-1) \quad R^2 = 0,65$$

(p: 0,0000)

sieanu: área de cultivos forrajeros anuales
pnov(-1): precio del novillo gordo U\$/kg en pie del año anterior

¹⁰ Área de chacra determinada por DIEA, corresponde a la suma del área de cultivos de invierno y verano menos el área de cultivos de segunda, no se incluye en esta variable el área de arroz.

La Figura 8 ilustra la generación del área de pasturas. Se observa que se determinan separadamente el incremento del área de mejoramientos extensivos, de praderas y el área de forrajes anuales. El área de cada categoría de pasturas es una variable de estado, el nivel de la variable de estado en cada año está dado por el número de hectáreas. El proceso de crecimiento del área de las distintas categorías forrajeras está regulado por el flujo de inversión y por el flujo de pérdida. El flujo de inversión depende de las ecuaciones de inversión mencionadas anteriormente. El flujo de pérdida depende de la duración o persistencia de cada mejoramiento, siendo la tasa de pérdida la inversa de la vida útil. Una vida útil de 5 años corresponde a una tasa de pérdida anual de 20% del área en stock.

La vida útil de cada mejoramiento se incluye como un parámetro que indica el número de años que cada mejoramiento se mantiene productivo, luego de cumplida su vida útil el área revierte a campo natural. Los valores base de estos parámetros son: vida útil de 3 años para las praderas y de 7 para los mejoramientos extensivos.

Como se mencionó en párrafos anteriores, la carga en relación al forraje incide en la formación de los precios del novillo y del ternero, por lo tanto el área forrajera es determinante de los precios endógenos, por lo que el área de pasturas juega un rol importante en los mecanismos de retroalimentación característicos de la dinámica del sector.

Las áreas forestada y de cultivos también inciden en la dinámica del uso del suelo. El área forestada se incluye como una variable exógena que refleja la trayectoria del período 1990-2010 al igual que el área de arroz. Ambas trayectorias pueden fácilmente transformarse en endógenas.

El área de cultivos agrícolas extensivos está determinada, como se verá en el próximo literal, por el nivel de precios agrícolas.

Con esta dinámica se pretende captar las interacciones entre las evoluciones del área de los distintos componentes de la base forrajera de la ganadería con el área agrícola y forestal. Una diferente evolución del área agrícola o forestal estará teniendo su incidencia en el área forrajera de la ganadería y a través de la relación carga forraje en la formación de precios y por tanto en toda la dinámica del sistema.

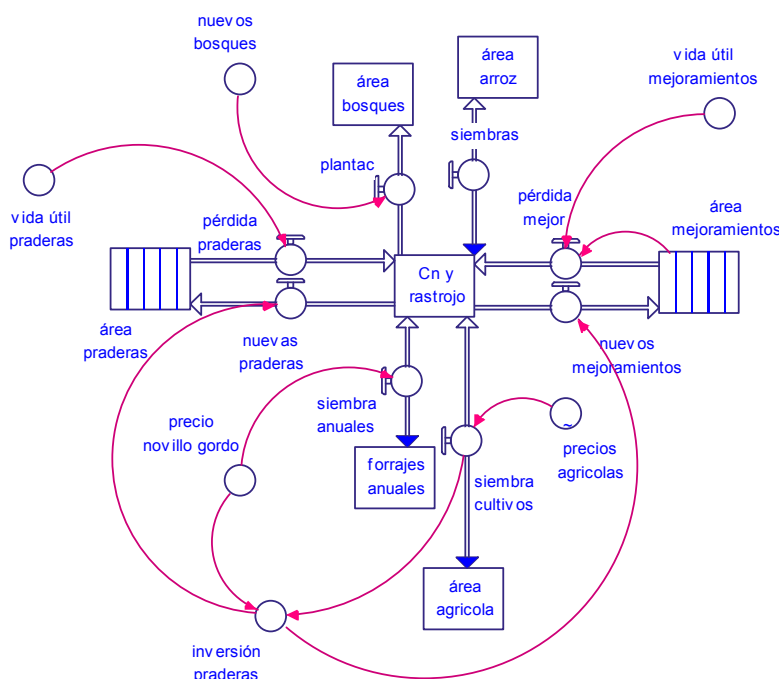


Figura 8. Esquema de la dinámica del uso del suelo

D. Área agrícola

Bajo el supuesto que el área agrícola anual responde a los precios de mercado se determina un precio agrícola global y se estudia su relación con el área de chacra. La serie de precios agrícolas se elabora ponderando para cada año los precios de mercado en

US\$ por tonelada por la producción en toneladas de cada cultivo, se excluyen de este indicador los cultivos de arroz y avena. El área de chacra es elaborada por DIEA.

La relación entre el indicador de precios agrícolas y el área de chacra es fuerte, la Figura 9 muestra la evolución de ambas variables para el período.

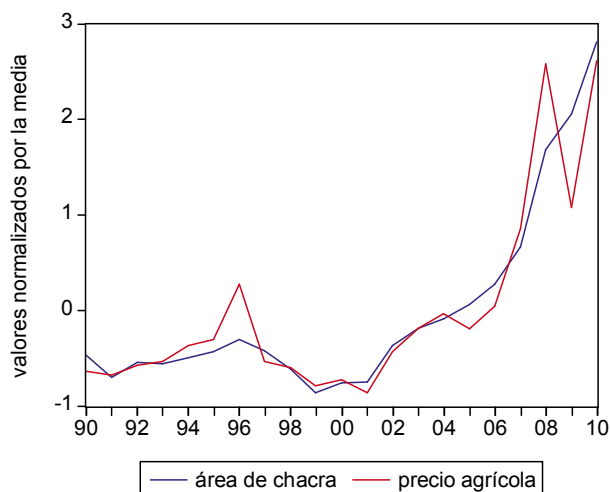


Figura 9. Evolución precio agrícola y área de chacra

$$\text{área chacra} = 55459 + 181311 * \text{dumagri2006} + 2630,8 * \text{preag} \quad R^2 = 0,9$$

(p:0,05) (p:0,0000)

preag: indicador de precios agrícola.

dumagri2006: variable cualitativa que capta el diferente comportamiento a partir del año 2006.

E. Extracción

Faena de vacas

El análisis de los datos históricos sugiere distintos determinantes para la faena de vacas y de novillos. En el caso de las variables que inciden en la extracción de vacas se destacan dos relaciones.

Por un lado el porcentaje de vacas manufactura y conserva que van a faena dependen del precio del ternero, disminuyendo la faena fuertemente si aumenta el precio del ternero. Además el stock de vacas de invernada pre-

senta una fuerte asociación negativa¹¹ con el precio del ternero lo que está indicando que el pasaje de vacas de cría a vacas de invernada se retrasa al aumentar dicho precio, contribuyendo al aumento del stock de cría. Estas dos relaciones junto al proceso natural de envejecimiento del stock de cría determinan el número de vacas que se faenan. La Figura 10 ilustra el proceso de determinación de la faena de vacas en el modelo. Para simplificar el gráfico se omiten variables que están presentes en el modelo tales como mortandad de cada categoría y exportación en pie.

¹¹ Coeficiente altamente significativo (Valor P=0.0005)

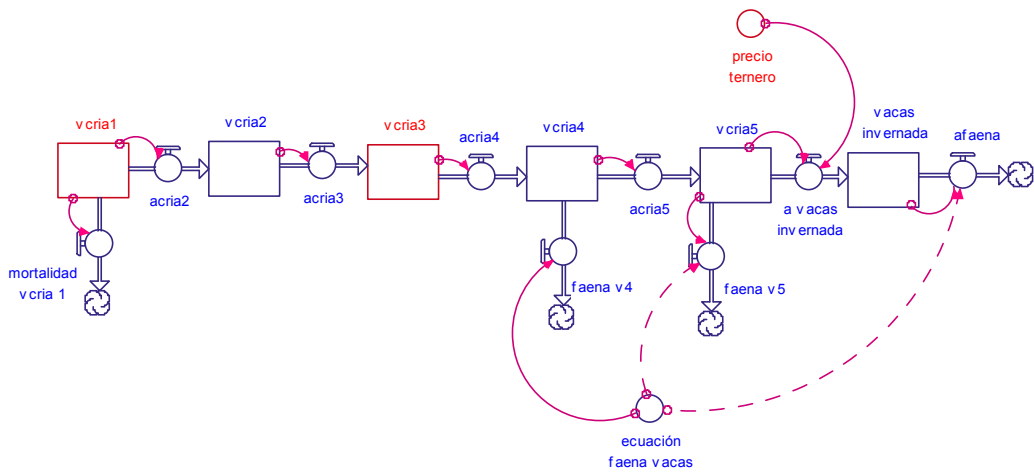


Figura 10. Esquema de la extracción de vacas para faena

Para el período 1990-2010 se estima una ecuación de faena de vacas en la que se incluye una variable tiempo para captar la tendencia lineal que se observa en la serie de vacas faenadas. Se incluye además

la variable precio del ternero y una variable cualitativa para captar años anormales como los posteriores al episodio aftosa y la seca de 1989-90. Se encuentra la siguiente relación:

$$\text{faena vacas} = - 58977947 + 30001 * \text{time} - 286588 * \text{preter} \quad R^2 = 0,81$$

(p: 0,0003) (p: 0,056)

faena de vacas en cabezas
time: variable de tiempo toma el valor del año
preter: precio del ternero en U\$/kg

La variable cualitativa aftosa (años 2001-2003) desplaza el intercepto en -322086 (p: 0,0004)

La Figura 11 grafica la serie real y la serie generada por la ecuación de faena.

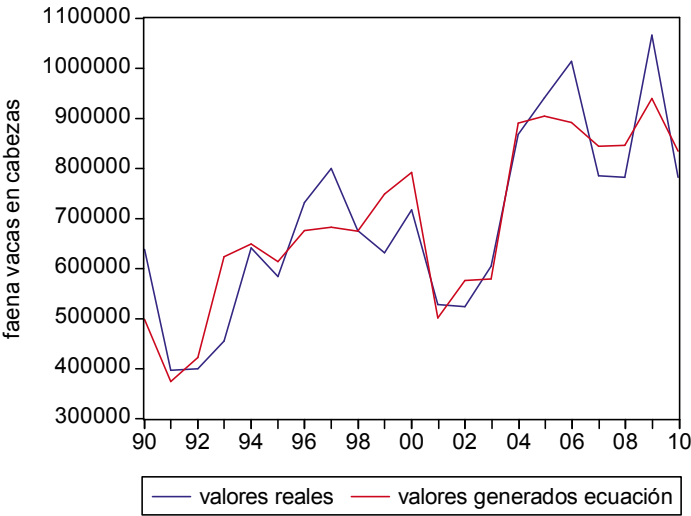


Figura 11. Serie real de vacas faenadas y serie generada por la ecuación de faena

Como se mencionó se aprecia una relación negativa entre el stock de vacas

de invernada y el precio del ternero según:

$$\text{vacas de invernada} = 781475 - 272879 * \text{pter} \quad R^2 = 0,46 \\ (p: 0,0007)$$

vacas de invernada en cabezas
pter: precio del ternero en U\$/ kg

Se interpreta esta relación como un enlentecimiento en el pasaje de vacas de 5ª parición a vacas de invernada, ver esquema de la Figura 10. Una suba en el precio del ternero induce también por esta vía a retener vacas en el stock de cría. Teniendo en cuenta la ecuación se regula el pasaje a vacas de invernada de acuerdo a una relación negativa lineal que toma un valor de 1 (100% de las vacas pasan a invernada) cuando el precio del ternero es de U\$S 0,40 por kg en pie y de

0,25 (25% de las vacas pasan a invernada) cuando el precio es de U\$S 1,50 o mayor.

Faena de novillos

La extracción de novillos presenta una alta correlación con las hectáreas de pasturas intensivas: praderas más verdes. Se incluye en el modelo la siguiente ecuación para determinar el número de cabezas faenadas:

$$\text{fanov} = 237207 + 0,502 * \text{pastint} \quad R^2 = 0,71 \\ (p: 0,0000)$$

fanov: número de novillos faenados en cabezas

pastint: área de praderas más cultivos forrajeros anuales en hectáreas (has)

Se incluye una variable cualitativa para captar el efecto aftosa (año 2001), el intercepto se desplaza en -289726. La ecuación genera la trayectoria de la Figura 12.

En otra sección se discute la posibilidad de incluir el efecto de engorde a corral sobre la faena de novillos. Esta posibilidad es uno de los puntos de investigación abiertos para la mejora de la presente herramienta de análisis.

La Figura 13 indica las relaciones que determinan la faena de novillos de las distintas categorías. Para simplificar su lectura el esquema no incluye todas las variables

consideradas, así por ejemplo cada categoría tiene un flujo de mortandad en función de un coeficiente exógeno de mortalidad, se omite además en el esquema el flujo de exportación en pie en cabezas para todas las categorías, ambas variables que representan salidas se indican como ejemplo sólo para la categoría de novillos de 1 a 2 años. Se omite también un coeficiente que multiplica la faena determinada por la ecuación para considerar la faena no habilitada. La faena de toros que se considera exógena se descuenta del stock de novillos de 5 y más años. En rigor, el esquema representa la evolución de los machos y no sólo de los novillos.

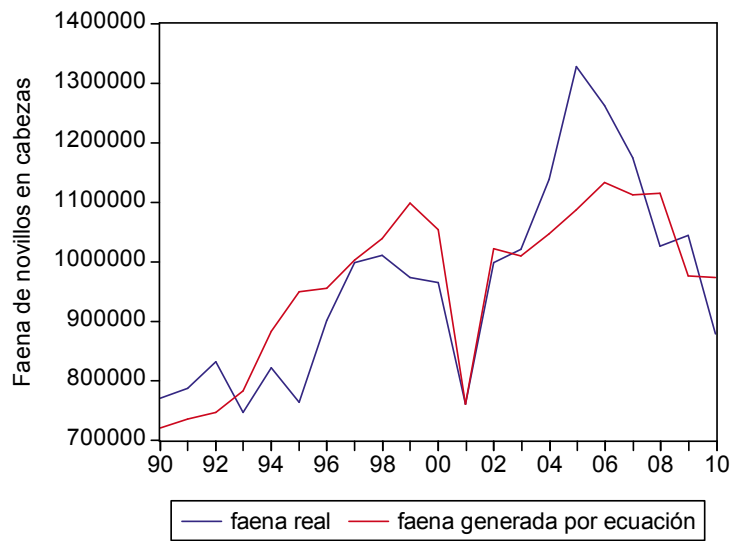


Figura 12. Extracción de novillos real y generada por la ecuación.

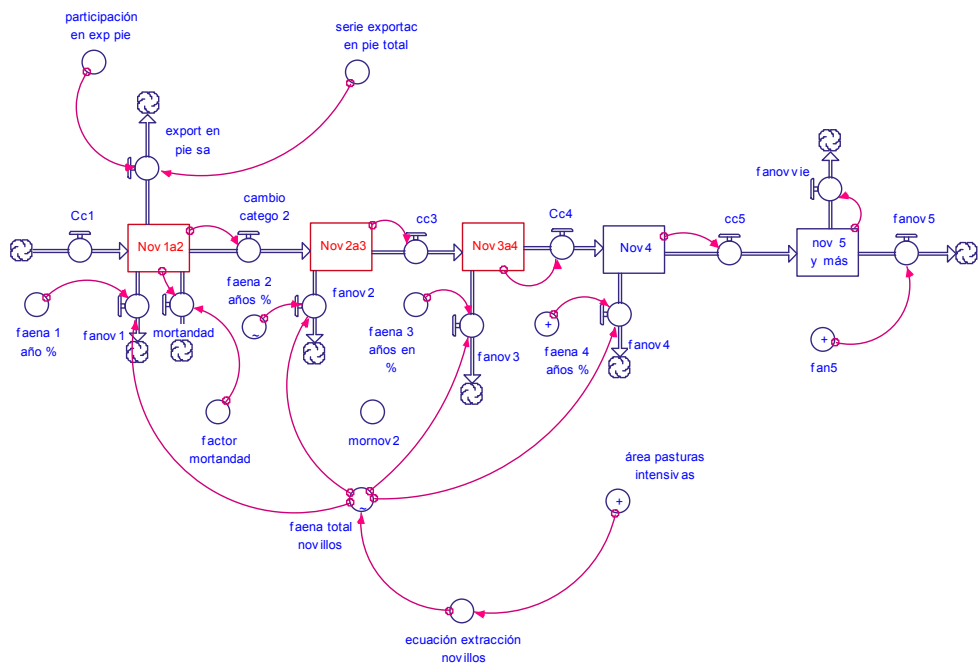


Figura 13. Extracción de novillos

Una vez que se determina la faena total de novillos en base a la ecuación de extracción descrita, se asigna la faena en las distintas categorías de edad mediante porcentajes de participación en la faena total, obtenidos de los datos de faena de 4 categorías de novillos de los años 2001-2010 (INAC). La última categoría (novillos 5 y más) acumula hasta el año siguiente todos los novillos que no se faenan.

F. Exportación de ganado en pie

La Figura 14 muestra la trayectoria de las exportaciones de ganado en pie¹², si bien en promedio del período éstas han representado sólo un 3,7% de la extracción total, su evolución reciente indica que puede constituirse en una variable relevante en la dinámica del stock vacuno (10% de la extracción total en promedio de 2009-2010).

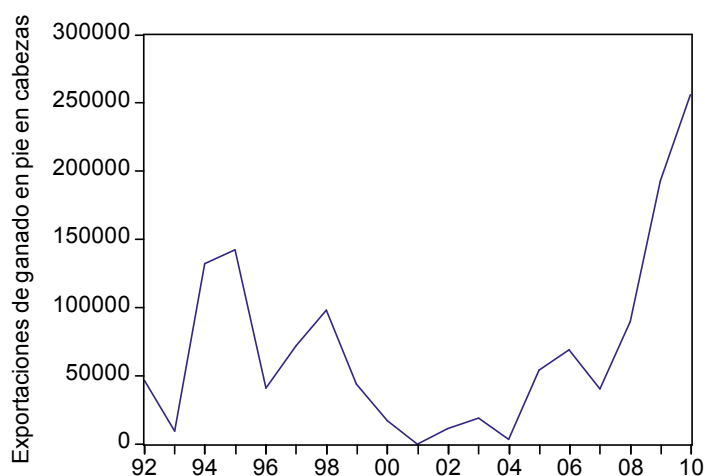


Figura 14. Exportaciones totales de ganado en pie

Su inclusión en el modelo presenta dificultades por falta de información detallada sobre la apertura en categorías de las cabezas exportadas. Se hace necesario un análisis a fondo de los microdatos relevados por la Dirección Nacional de Aduanas donde se registran las transacciones individuales para contar con las series de exportación en pie de las diferentes categorías de ganado.

Las exportaciones en pie se consideran exógenas, introduciendo al modelo la trayectoria histórica. Las cabezas exportadas pueden salir de las distintas categorías, de acuerdo a porcentajes de participación asignados en forma arbitraria según información complementaria. En el esquema de la Figura 13 se pone como ejemplo la exportación en pie para los novillos sobreaño. Este esquema se repite para todas las categorías de novillos y de hembras en el stock y permite simular alternativas de exportación en pie como se verá más adelante.

G. Faena de ganado con engorde a corral

Dada la importancia que ha tomado en los años recientes la modalidad de engorde a corral parece importante su consideración. Sin embargo no se cuenta con datos precisos sobre el volumen de la faena proveniente de corrales.

A partir del año 2005 INAC publica la distribución de precios logrados por los animales faenados. Se intenta una proxy de la faena de animales engordados a corral a partir de esa información. Para ello se considera que el premio mínimo pagado por ganado de corral es de 8% sobre el promedio en cuarta balanza. Se calcula así semanalmente el porcentaje de los kg faenados que reciben como mínimo ese sobreprecio. Los datos se resumen en el cuadro 1.

¹² Datos correspondientes a año agrícola, fuente DIEA para años 1992-95 y anuarios OPYPa para restantes años.

Cuadro 1. Proxy de la faena proveniente de corrales de engorde**% kg faenados con precio > 8% promedio ¹³**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ene	5,33	7,69	6,22	7,23	13,4	6,3
feb	6,61	5,59	8,14	8,31	11,7	6,4
mar	7,38	7,69	8,96	7,05	12,3	5,5
abr	4,35	3,55	6,35	6,08	9,6	6,0
may	6,80	7,93	4,99	5,76	12,0	7,4
jun	7,56	8,42	6,61	15,30	14,5	9,2
jul	8,13	6,32	6,77	15,69	16,3	9,1
ago	5,00	4,16	7,23	14,80	17,3	10,5
sep	7,31	5,47	6,70	8,72	14,9	15,8
oct	3,71	7,39	5,68	19,14	12,5	
nov	4,13	9,08	7,50	13,31	11,8	
dic	6,85	5,85	6,18	12,42	10,3	
Prom	6,10	6,60	6,78	11,15	13,06	8,48

No se incluye en el modelo la faena de novillos provenientes de corrales. Este es otro de los aspectos que deberá ser tenido en cuenta en futuras mejoras del mismo. Pero para ello se deberá contar con mayor información.

IV VALIDACIÓN

Para validar el modelo se generan las trayectorias de las variables de estado para el período 1990-2010 y se las compara con sus trayectorias reales.

La comparación de las trayectorias reales con las generadas por el modelo permite apreciar en que medida la estructura propuesta junto a los coeficientes elegidos captan la dinámica del sistema real. La simulación se realiza alimentando el modelo sólo con los datos iniciales para 1990, por lo tanto en cada año los valores de todas las variables del sistema son calculados en base a datos generados por el modelo, a

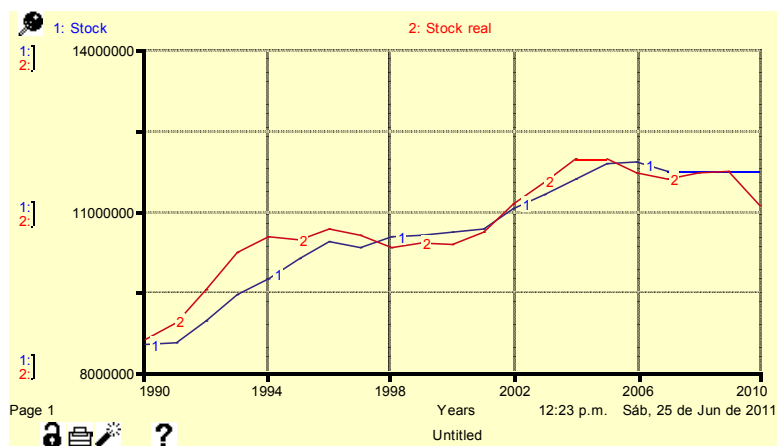
excepción de los valores de las variables exógenas que se toman de la trayectoria incluida exógenamente. Si por ejemplo el stock de vientres estuviera sobreestimado, se produciría sobreestimación en el número de terneros y terneras del siguiente año lo que a su vez determinaría sobreestimaciones del stock de vientres en forma acumulativa y explosiva hacia los años futuros.

En la Figura 15 se presentan las trayectorias reales y simuladas para algunas de las variables del sistema. Se concluye que el modelo capta adecuadamente el comportamiento de sus variables de estado y sus tasas de cambio a través del tiempo y por lo tanto constituye una herramienta útil para entender su dinámica.

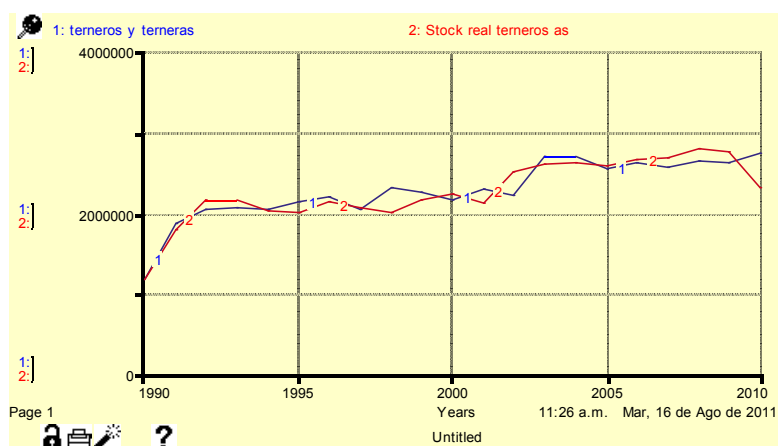
En la siguiente sección se ensayan ejercicios de simulación que permiten evaluar impactos de diferentes perturbaciones que pueden actuar sobre el sistema.

¹³ Fuente: Gabriel Chiara, a partir de datos de INAC.

Stock vacuno real — y simulado — en cabezas



Stock terneros real — simulado — en cabezas



Stock vientres real — y simulado — en cabezas

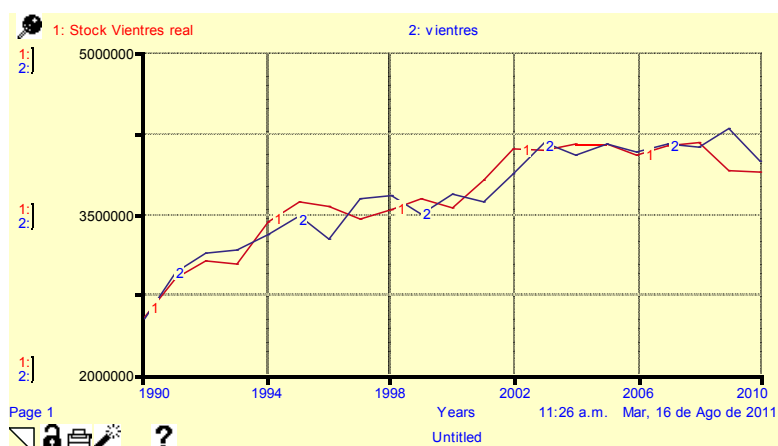
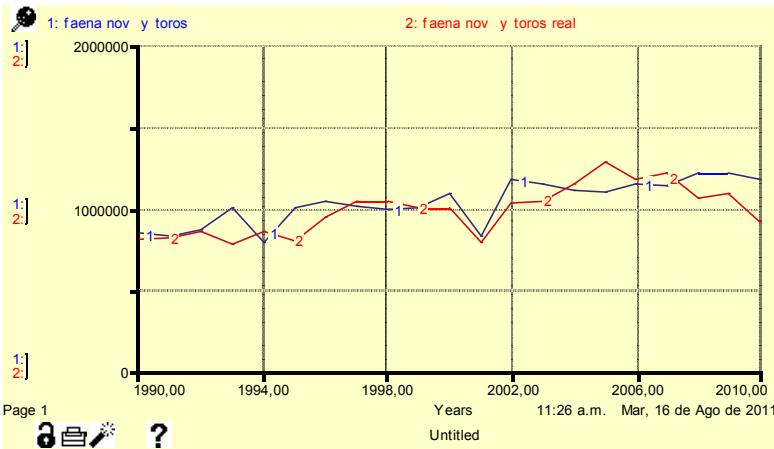
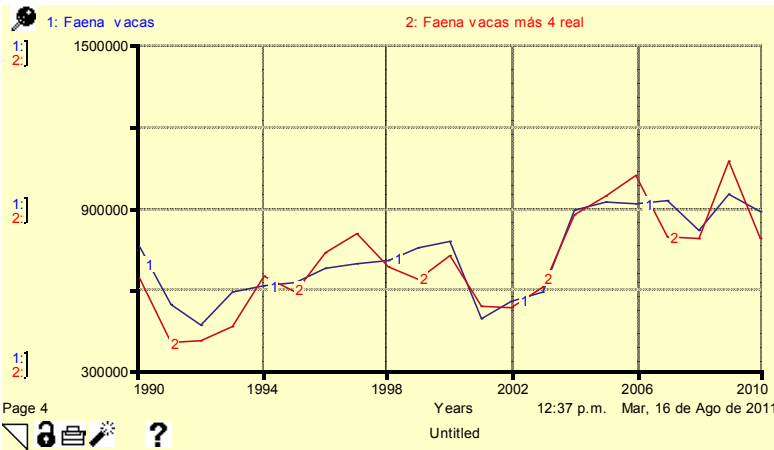


Figura 15 a. Trayectorias reales y simuladas de variables relevantes

Faena de novillos y toros real y simulada en cabezas



Faena de vacas real y simulada en cabezas



Relación unidades ganaderas / unidades forrajeras real y simulada

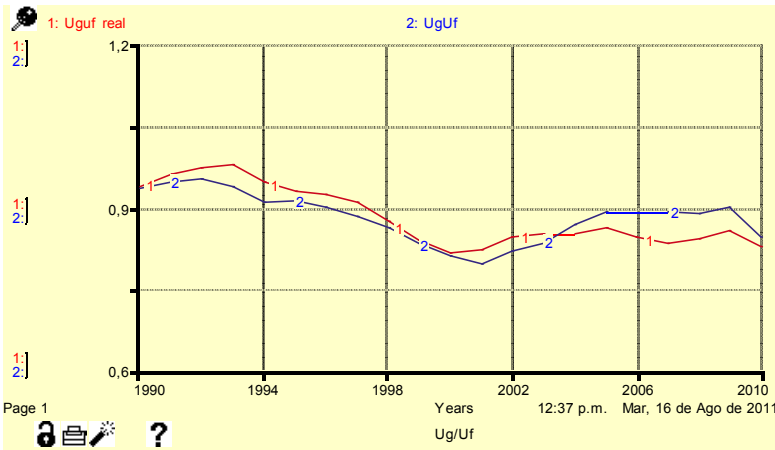
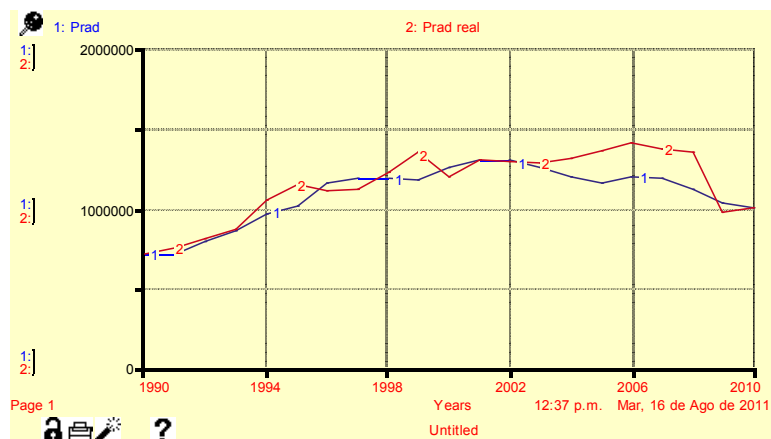
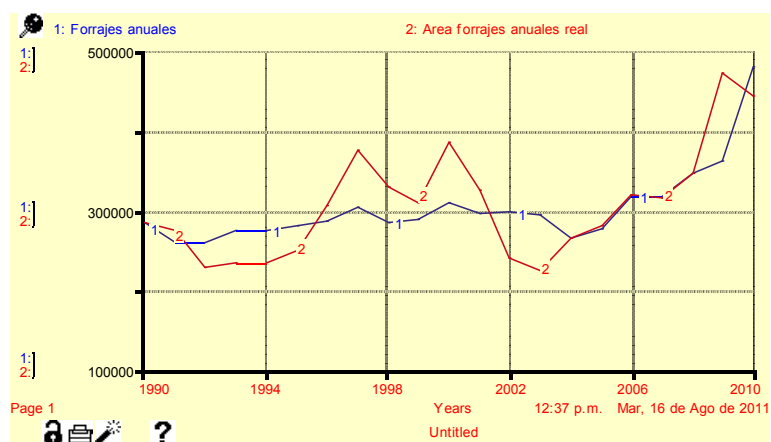


Figura 15 b. Trayectorias reales y simuladas de variables relevantes

Área de praderas real — y simulada — en has.



Área de verdes real — y simulada — en has.



Unidades forrajeras totales reales — y simuladas —

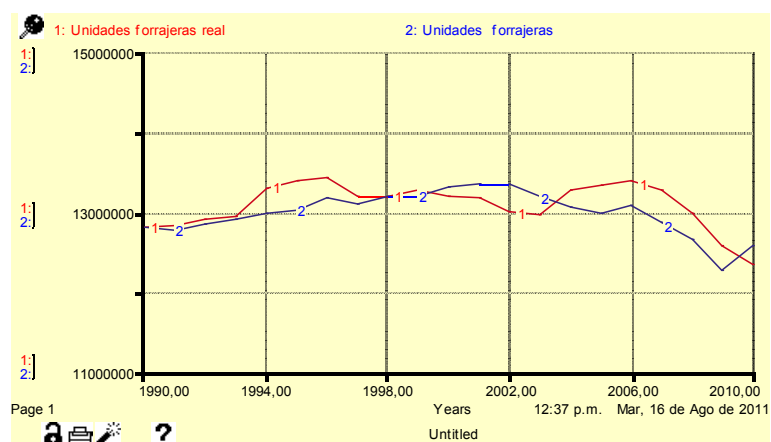
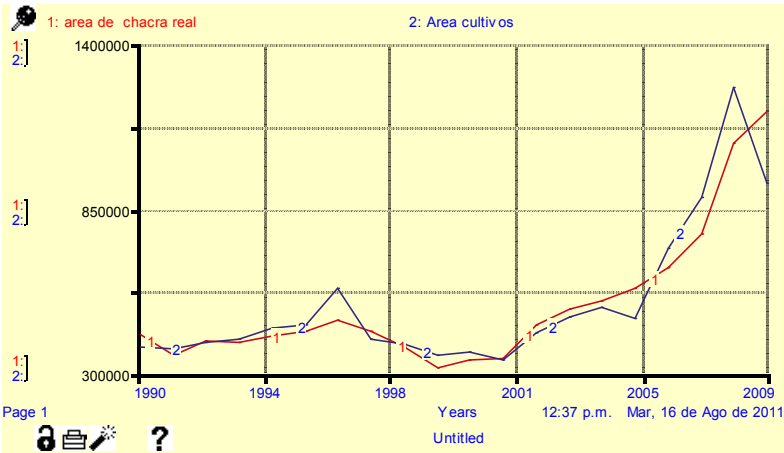
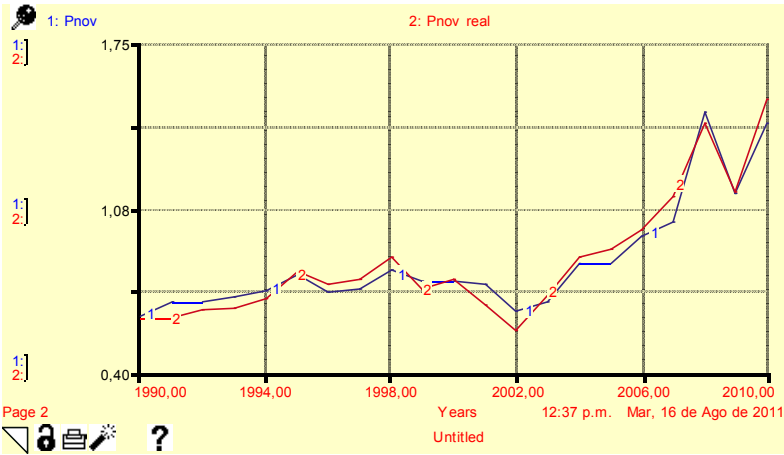


Figura 15 c. Trayectorias reales y simuladas de variables relevantes

Área de chacra real — y simulada — en has.



Precio novillo gordo real — y simulado — en U\$/kg en pie



Precio ternero macho real — y simulado — en U\$/kg en pie

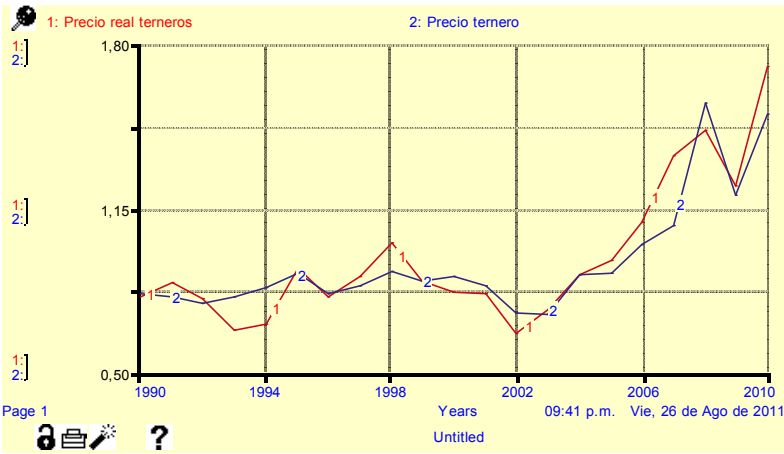


Figura 15 d. Trayectorias reales y simuladas de variables relevantes

V. EJERCICIOS DE SIMULACION

En esta sección se resumen algunos ejercicios de simulación para evaluar los posibles impactos de perturbaciones sobre el sistema ganadero. El objetivo de la presente herramienta no es pronosticar el futuro sino analizar la dinámica del sistema para comprender mejor su funcionamiento. Todos los resultados de las simulaciones que se presentan están limitados por la estructura del modelo, es decir por la forma en que se relacionan las variables y por los valores de todos los parámetros.

Para la obtención de dichos parámetros se analizó rigurosamente el comportamiento de un conjunto de series históricas, lo que da un fuerte fundamento empírico a las relaciones del modelo. Pero es necesario tener presente que el comportamiento del modelo, y por lo tanto la respuesta a las perturbaciones propuestas depende de esas relaciones.

El número de variables para medir el comportamiento del sistema ganadero es elevado y lo interesante es el análisis de las trayectorias de las variables de interés a través del tiempo, esto dificulta la presentación de los resultados. Para facilitar la lectura y análisis de la información se elige un conjunto de 12 variables relevantes y sus trayectorias se in-

cluyen en 12 gráficas, en las Figuras 18 a 21. En cada gráfica se observa una trayectoria para el período 2000 a 2010 que es común a todas las simulaciones y diferentes trayectorias para el período 2011-2020 con la evolución de cada variable cuando el sistema se somete a diferentes perturbaciones.

Alternativa 1: No se aplica ninguna intervención

El primer ejercicio, que es considerado como la simulación base, consiste en simular 10 años de funcionamiento del sistema sin aplicar perturbaciones. Se pretende contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuál sería la trayectoria del stock y demás variables relevantes si el entorno externo al sistema y sus condiciones estructurales y relaciones de comportamiento se mantuvieran por 10 años, a partir de 2010. Todas las variables exógenas se mantienen en sus niveles de 2010, ellas son: precio de exportación de carne, precio agrícola, exportaciones en pie, stock ovino, área de arroz y área anual de nuevos bosques.

La variable exógena, precio de exportación, toma un valor en el año 2010 de U\$S 3117 / tonelada peso carcasa y ese valor se mantiene durante los 10 años siguientes. La Figura 16 indica la posible evolución del stock.

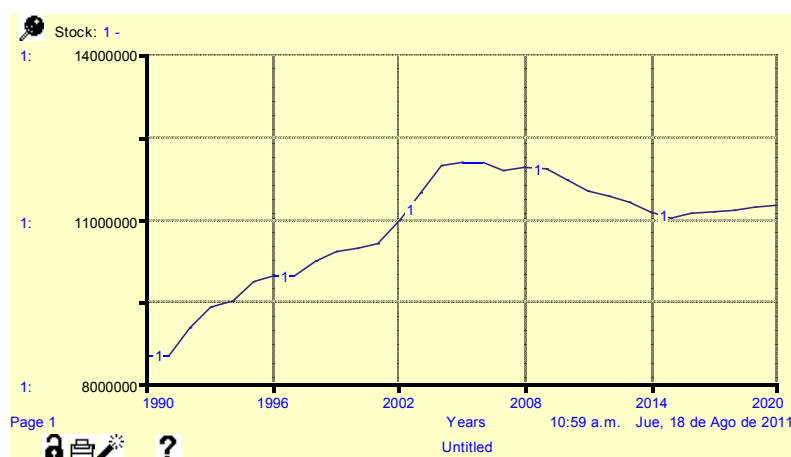


Figura 16. Evolución del stock sin perturbaciones

La trayectoria del gráfico refleja un sistema muy estable que de no variar condiciones importantes presenta un stock en equilibrio en torno a 11 millones de cabezas. El sistema no

manifiesta condiciones para crecer en un escenario como el del año 2010 aunque éste se presenta como bastante favorable en precios externos y en relación carga a forraje en tér-

minos históricos (ver Figuras 15 b y 15 d.) La tasa de salida del sistema, que incluye faena, exportación en pie a los niveles de 2010 y tasas de mortalidad está en equilibrio con la tasa de entrada representada por los procreos.

En los ejercicios siguientes, las trayectorias de la simulación sin intervención serán tomadas como referencia e identificadas como trayectorias base.

Alternativa 2: Sube el precio de exportación y se mantiene por 10 años a U\$S 4000 / ton

El precio de exportación de carne se mantiene por 10 años en U\$S 4000 dólares la tonelada peso carcasa, para reflejar un precio externo más acorde a las buenas condiciones de 2011.

Se describen seguidamente algunos efectos del shock permanente. Se observa que luego de un período de relativa estabilidad de 4 años el stock comienza a recuperarse llegando a la cifra de 12,8 millones de cabezas (Figura 17).

Este crecimiento del stock está asociado a un fuerte crecimiento del stock de cría (Figura 18 b, alternativa 2) que deriva del aumento del precio del ternero (Figura 20 c, alternativa 2). El aumento del precio del ternero determina menor faena de vacas (Figura 21 a, alternativa 2) lo que permite un crecimiento del stock de todas las categorías.

El incremento del área de pasturas intensivas inducido por el aumento del precio del novillo acompaña el crecimiento del stock, pero el balance carga/forraje igual aumenta (Figuras 19 c y 20 a, alternativa 2), crecen más las unidades ganaderas (8%) que las unidades forrajeras (4%). Esto a su vez determina que hacia el final del período de simulación tanto el precio del novillo gordo como el precio del ternero caigan levemente como consecuencia de mecanismos de retroalimentación, (Figuras 20 b y 20 c, alternativa 2). En este caso domina una retroalimentación negativa ya que luego de una suba inicial del precio del novillo la dinámica del sistema genera su caída.

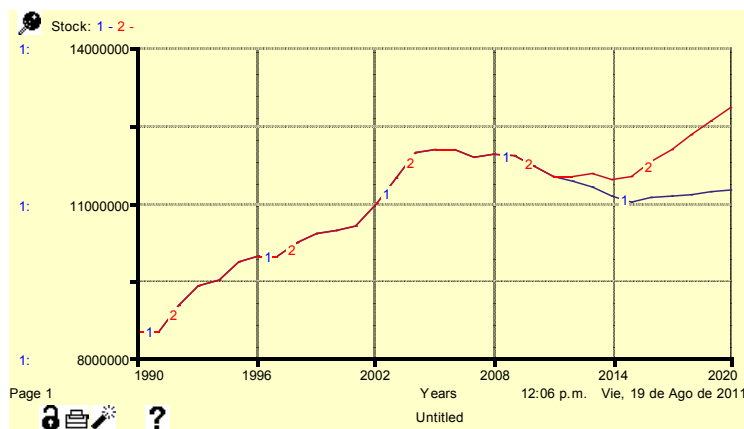


Figura 17. Trayectoria del stock

Simulación base — con precio de exportación a us\$ 4000 —

La faena de vacas disminuye pero la de novillos aumenta (Figuras 21 a y 21 b, alternativa 2), la extracción total en número de cabezas incluida la exportación en pie se estabiliza en el entorno de 2,5 millones lo que representa un 20% del stock al final del período de simulación (Figura 21 c, alternativa 2).

Profundizando en la evolución creciente de los terneros (Figura 18 c, alternativa 2), se

observa que está determinada por el aumento en el número de vientres más que por el aumento del coeficiente de procreo, éste por el contrario cae al final de la simulación a valores históricamente bajos (Figura 19 a, alternativa 2). Este resultado no deseado no es sorprendente si se tiene en cuenta que en el modelo el coeficiente de procreo está determinado por la relación: precio ternero/

precio novillo gordo y por el stock. La caída en el porcentaje de procreo es consecuencia de un fuerte mecanismo de retroalimentación incorporado al modelo a través de un conjunto de relaciones basadas en los datos históricos. Con esta estructura cualquier perturbación que determine un aumento del stock, no acompañado completamente por un aumento de la capacidad forrajera, estará generando condiciones para una futura disminución del porcentaje de terneros nacidos, lo que hace más dificultoso su crecimiento, el sistema es estructuralmente muy estable. La faena de novillos aumenta (Figura 21 b, alternativa 2) como consecuencia del crecimiento del área de pasturas intensivas (Figura 19 c, alternativa 2) y genera una fuerte caída en el stock de novillos de más de dos años (Figura 19 b, alternativa 2).

Alternativa 3. Suben los precios agrícolas

En este ejercicio se analiza un aumento permanente de los precios agrícolas de 50%, todas las demás variables exógenas se mantienen en sus niveles de 2010. Este aumento de precios determina un salto en el área de chacra que pasa de 935.000 has a 1,3 millones de has.

El área de pasturas intensivas decae con el aumento del área agrícola (Figura 19 c, alternativa 3). Al disminuir el área dedicada a la ganadería sube la carga en relación al forraje (Figura 20 a, alternativa 3), cae por tanto el precio del novillo gordo (Figura 20 b, alternativa 3). Cae también el precio del ternero (Figura 20 c, alternativa 3), y la relación precio ternero/precio novillo gordo. Esto determina un aumento en la faena de vacas (Figura 21 a, alternativa 3), pero la caída en el área de pasturas intensivas va asociada a una importante caída en la faena de novillos (Figura 21 b, alternativa 3). El resultado final es que la extracción total en cabezas se reduce y la trayectoria del stock es muy similar a la trayectoria básica (Figura 18 a, alternativa 3).

La caída en la faena de novillos asociada a la disminución en el área de pasturas intensivas no se daría si simultáneamente se incrementara el engorde a corral, pero como ya se mencionó, no hay información histórica

suficiente como para incluir explícitamente está tecnología en el modelo.

Alternativa 4. Duplicación de las exportaciones de ganado en pie

La serie de exportación en pie indica que en 2010 se exportan 256.000 cabezas. El ejercicio consiste en duplicar esta cifra para los 10 años restantes de la simulación a partir de 2011. En la simulación base se extraen las cabezas a exportar en pie en la proporción 70% novillos de sobreaño y 30 % vaquillonas de sobreaño. A los efectos del ejercicio se mantiene esa misma proporción.

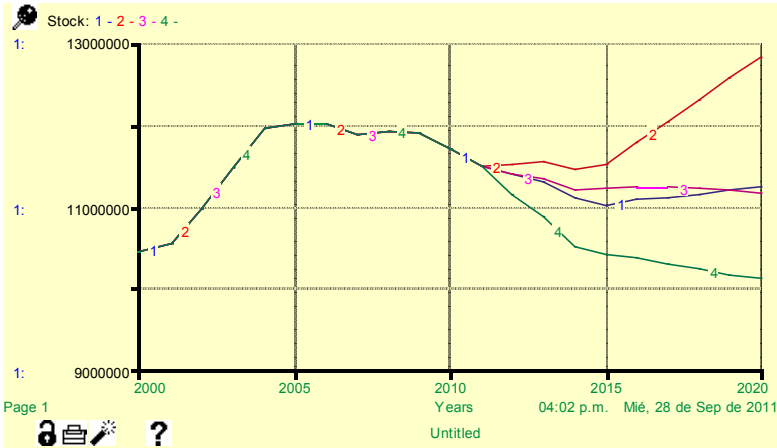
La Figura 19 b, alternativa 4 muestra que luego del incremento de cabezas exportadas en pie cae en forma permanente el stock de novillos formados y el stock total. Al caer el stock de novillos formados hay una caída importante en la faena de novillos (Figura 21 b, alternativa 4). El precio del novillo y del ternero se incrementan, este último determina una disminución leve en la faena de vacas. Considerada globalmente la extracción en cabezas, incluidas las cabezas exportadas en pie, se mantiene relativamente constante en los años finales de la simulación (Figura 21 c, alternativa 4).

Los terneros nacidos también se mantienen relativamente estables (Figura 18 c, alternativa 4) como consecuencia de un aumento en el coeficiente de procreo, compensado por una caída en el stock de vientres al salir del sistema un porcentaje de vaquillonas que se exportan en pie.

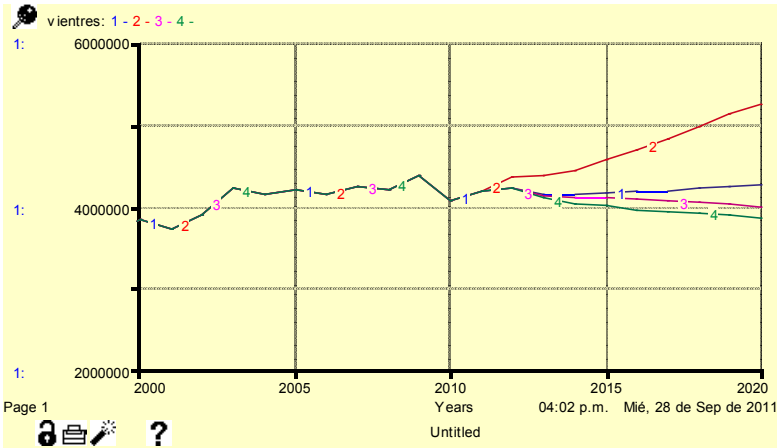
El aumento en el coeficiente de procreo (Figura 19 a, alternativa 4) deriva de una menor relación unidades ganaderas/unidades forrajeras (Figura 20 a, alternativa 4) y de una mejora en el precio del ternero. A su vez la mejora en esta relación es consecuencia del incremento en el área de pasturas intensivas y de la caída del stock.

Para ejemplificar la dinámica del sistema se describieron algunos ejercicios de simulación tratando en forma aislada los efectos de diferentes shocks. Sin duda la herramienta de análisis que se discute permite aplicar en forma simultánea perturbaciones a: precio agrícola, precio de exportación de carne, y exportaciones de ganado en pie o cualquiera de las restantes variables exógenas.

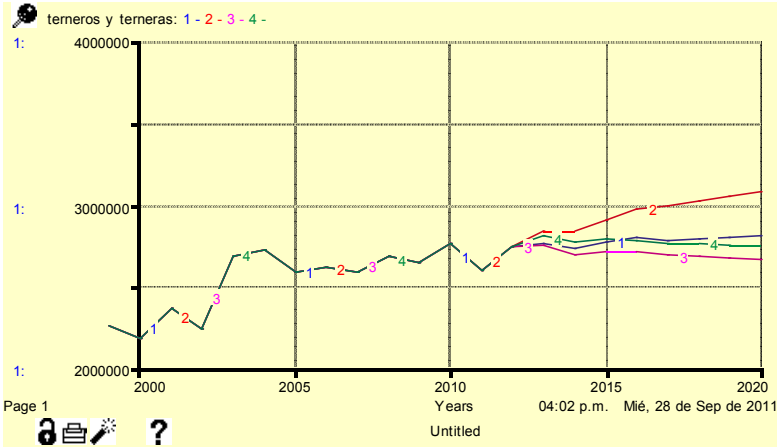
a. Stock en cabezas



b. Vientres en cabezas



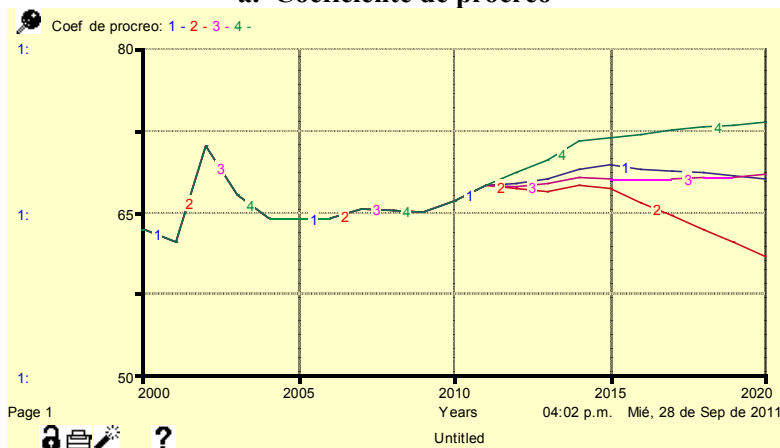
c. Terneros/as en cabezas



1. Simulación base 2. Precio export. U\$S 4000
3. Precio agrícola sube 50% 4. Duplicación export. en pie

Figura 18. Trayectorias de variables relevantes

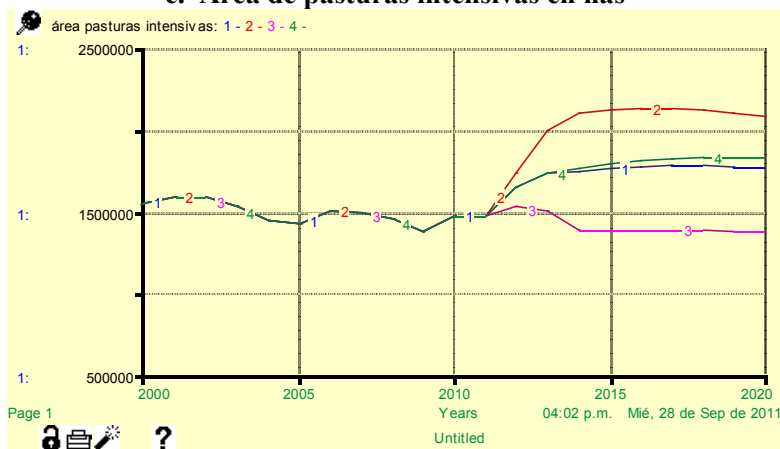
a. Coeficiente de procreo



b. Novillos + 2 años en cabezas



c. Área de pasturas intensivas en has



1. Simulación base

2. Precio export. U\$S4000

3. Precio agrícola sube 50%

4. Duplicación export. en pie

Figura 19. Trayectorias de variables relevantes

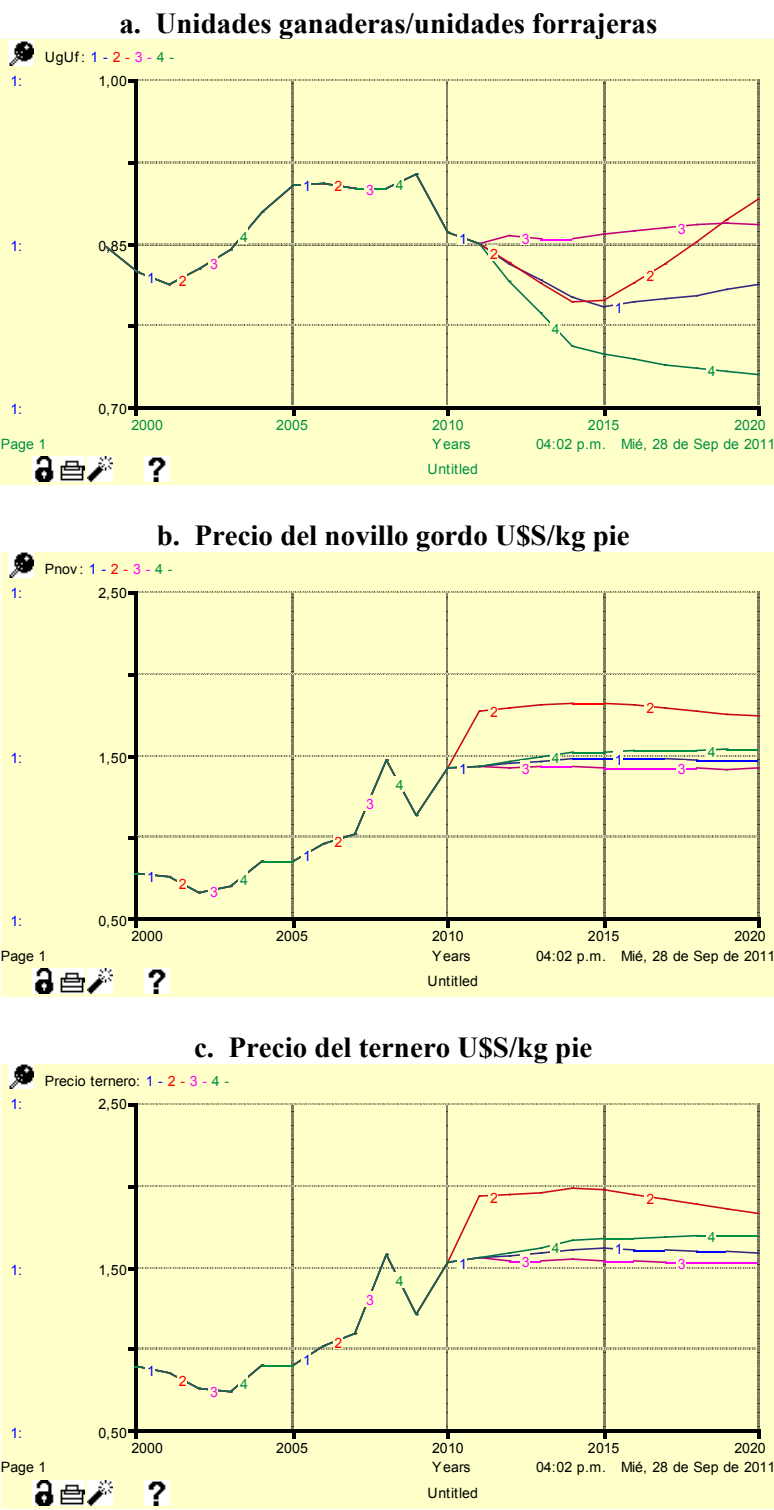
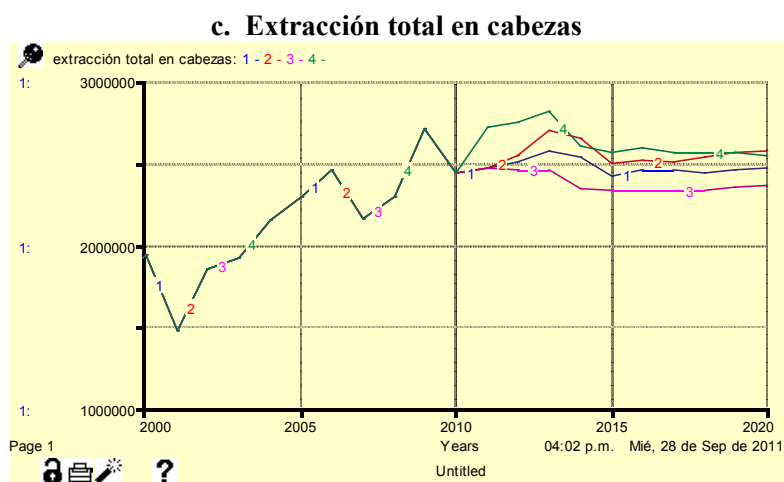
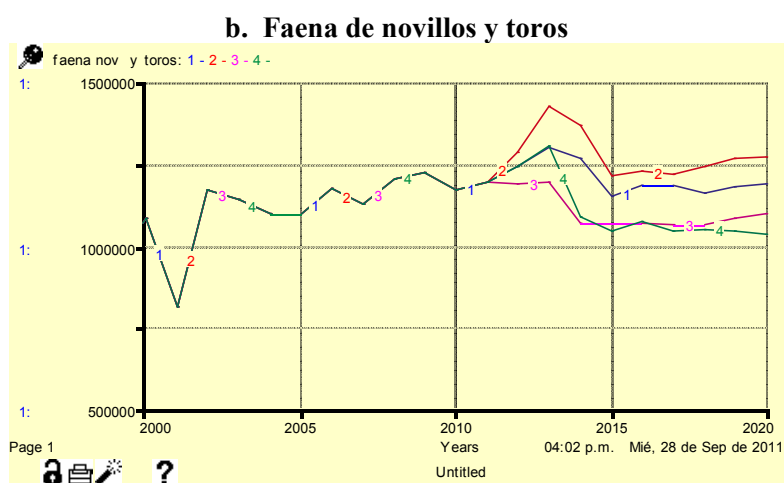
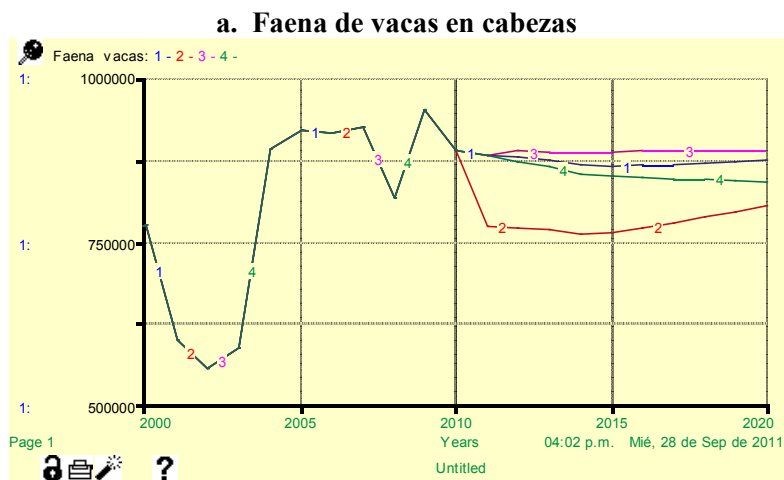


Figura 20. Trayectorias de variables relevantes



1. Simulación base 2. Precio export. US\$4000

3. Precio agrícola sube 50% 4. Duplicación export. en pie

Figura 21. Trayectorias de variables relevantes

VI. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

Se resumen en esta sección algunas conclusiones:

1) La principal conclusión es que se logró construir una herramienta de investigación que permite reproducir los aspectos centrales de la dinámica del sistema ganadero, y así contribuir a mejorar la capacidad de análisis sobre el sector.

2) Concluimos que se puede captar la dinámica de un sistema bio-económico como el ganadero con una estructura simple en la que el procreo, la faena y el área forrajera están directa o indirectamente determinadas por los precios del ternero y del novillo gordo. Y que esta estructura reproduce adecuadamente las consecuencias de las decisiones de los productores a nivel agregado.

3) Dicha estructura incluye mecanismos de retroalimentación que a la vez de dotar al sistema de una gran estabilidad actúan en determinadas circunstancias frenando el crecimiento. Tal es el caso de un aumento del stock provocado por un aumento inicial de los precios de exportación, que a través de la relación carga/forraje puede generar una caída en el precio al productor del novillo, del ternero y consecuentemente determinar un freno en el crecimiento del stock.

4) Recientemente se ha discutido en el ámbito técnico si el nivel del stock de los últimos 5 años que ha permanecido relativamente constante deriva de condiciones coyunturales o estructurales. Este trabajo sugiere que estamos en presencia de una respuesta del sistema a sus condiciones estructurales. No fue necesario recurrir a shocks climáticos de carácter coyuntural para reproducir las trayectorias reales del stock.

5) En la investigación realizada para determinar los coeficientes del modelo se encontraron algunas relaciones de importancia. Se destaca la asociación entre el cociente pre-

cio ternero/precio novillo gordo y la tasa de procreo. La relación precios-procreo encontrada, que evidencia un fuerte fundamento empírico, permitió modelar en forma sencilla una de las variables más importantes del sistema de cría. La relevancia de la relación encontrada estriba en que la tasa de procreo constituye la tasa de entrada al sistema. Además la relación de la tasa de procreo con los precios es parte fundamental del mecanismo de retroalimentación del sistema.

6) Uno de los aspectos más debatidos sobre el sistema ganadero es la lenta mejora en el índice de procreo a nivel global cuando existen tecnologías disponibles para lograr mejores resultados. El mecanismo de retroalimentación incorporado al modelo determina que si sube el precio del ternero, en relación al del novillo gordo, mejoran los procreos con lo que tiende a crecer el stock, pero si crece el stock tiende a caer la tasa de procreo. Esto determina en el modelo que si se dan condiciones de fuerte crecimiento del stock, no acompañadas por una relación de precio del ternero alta, no es posible mantener por períodos largos de tiempo un coeficiente de procreo elevado.

7) A su vez, con el crecimiento del stock crece la relación carga/forraje, a menos que se realicen inversiones en pasturas que acompañen el crecimiento del stock. Al aumentar la relación carga/forraje tiende a disminuir el precio del ternero, generando incentivos adversos sobre la tasa de procreo.

Se concluye que las condiciones para que se den mejoras sostenidas en los índices de procreo son una elevada relación precio ternero/precio novillo gordo y una baja relación carga/forraje durante períodos largos de tiempo, es decir un escenario muy favorable y sostenido y bastante poco probable, lo que sugiere una explicación sencilla para la manifiesta estabilidad de la tasa de procreo.

8) La relación encontrada entre la tasa de procreo y la relación precio ternero/precio novillo gordo del año anterior es robusta, sin embargo no necesariamente debe ser interpretada como una relación de causalidad sino como una asociación entre ambas variables observada empíricamente.

9) Otra relación muy relevante encontrada en la investigación es la relación entre el precio del novillo gordo y la inversión en pasturas mejoradas. El crecimiento del stock en la década del 90, así como los profundos cambios en la composición del rodeo que lo acompañaron, estuvo asociado a un importante crecimiento del área de pasturas intensivas y pasturas mejoradas.

Observando las trayectorias tanto reales como generadas por el modelo de los últimos 5 a 6 años se puede concluir que el sistema se encuentra totalmente estabilizado, está estabilizado el stock total, el stock de vientres, el stock de terneros, las faenas y también está estabilizada el área de pasturas intensivas.

Si el área de pasturas se incrementara ¿qué pasaría con el stock, faenas, etc.? El modelo sugiere que un incremento del área de pasturas intensivas y mejoradas va asociada al crecimiento del stock. En las simulaciones realizadas la única alternativa que genera un stock cercano a 13 millones de cabezas incluye un aumento de 33% en el área de pasturas intensivas (alternativa 2).

Esto nos está indicando que la inversión en pasturas sigue siendo un determinante fundamental del crecimiento de la ganadería, aunque recientemente se hayan incorporado tecnologías de suplementación con granos en las distintas etapas del sistema.

10) La inclusión de la relación entre la carga total de vacunos y lanares con la oferta forrajera global permite contar con una variable que capta los impactos de otras actividades como la agricultura y la forestación. Estas actividades, al utilizar el recurso suelo, afectan la relación carga/forraje, la que a su vez incide sobre los precios al productor y por tanto sobre la evolución de la ganadería. La inclusión de esta sencilla relación hace posible el análisis de los efectos que puedan tener las evoluciones de otras actividades sobre el sistema ganadero.

11) La validación del modelo permite concluir que éste reproduce en forma muy adecuada y robusta las trayectorias de las principales variables del sistema ganadero, lo que surge de la comparación de la evolución real y simulada de estas variables.

Para una correcta valoración de este resultado se debe recordar que las trayectorias simuladas que se comparan con las trayectorias reales surgen a partir de datos iniciales de todas las variables para el año 1990, y que a partir de este año y hasta el año 2010 todos los datos son generados por el modelo, a excepción de los valores de las variables exógenas los que por definición son externos al modelo. Así se puede concluir que solamente con la evolución de los precios de exportación de la carne, del stock ovino y de los precios agrícolas se logra generar trayectorias de todas las variables del sistema ganadero que reflejan en forma adecuada la evolución de las correspondientes series históricas reales.

12) Los resultados de las simulaciones realizadas permiten profundizar en la forma que tiene el sistema de reaccionar frente a perturbaciones externas. La simulación sin perturbaciones refleja un sistema muy estable que de no variar condiciones importantes presenta un stock en equilibrio en torno a 11 millones de cabezas. El sistema no manifiesta condiciones para crecer en un escenario como el del año 2010, aunque este se presenta como bastante favorable en precios externos y en relación carga a forraje en términos históricos. La tasa de salida del sistema, que incluye faena, exportación en pie a los niveles de 2010 y tasas de mortalidad está en equilibrio con la tasa de entrada representada por los procreos.

13) Si se mantiene por 10 años un precio de exportación de U\$S 4000 dólares la tonelada, 30% superior al de la simulación sin perturbaciones y más acorde con los niveles de precios del año 2011, se observa una importante respuesta del sistema. El stock crece llegando a la cifra de 12,8 millones de cabezas. Este crecimiento del stock está asociado a un fuerte crecimiento del stock de cría y de terneros, asociado al aumento del precio del ternero. El crecimiento del stock de terneros que sobrepasa los 3 millones de cabezas luego de 6 años de simulación, está determinado por el aumento en el número de vientres, más que por el aumento del coeficiente de procreo. Este por el contrario cae

hacia el final del período como consecuencia del fuerte aumento del stock.

El incremento del área de pasturas intensivas inducido por el aumento del precio del novillo acompaña el crecimiento del stock pero el balance carga/forraje igual aumenta, lo que determina que hacia el final del período de simulación tanto el precio del novillo gordo como el precio del ternero caigan levemente como consecuencia de mecanismos de retroalimentación. La extracción total en número de cabezas, incluida la exportación en pie, se estabiliza en el entorno de 2,5 millones lo que representa un 20% del stock al final del período de simulación.

14) Una conclusión importante que se extrae del ejercicio anterior, donde el stock crece pero los procreos caen, es que con esta estructura cualquier perturbación que determine un aumento del stock, no acompañado completamente por un aumento de la capacidad forrajera, estará generando condiciones para una futura disminución del porcentaje de terneros nacidos, lo que hace más dificultoso su crecimiento, el sistema es estructuralmente muy estable.

15) Si los precios agrícolas aumentan 50% en relación a los de 2010 y se mantienen por 10 años, el área agrícola se incrementa de 935.000 has a 1,3 millones de has. El área de pasturas intensivas decae con el aumento del área agrícola, sube la carga en relación al forraje, cae por tanto el precio del novillo gordo, el precio del ternero y la relación precio ternero/precio novillo gordo. Esto determina un aumento en la faena de vacas, pero la caída en el área de pasturas intensivas va asociada a una importante caída en la faena de novillos. El resultado final es que la extracción total en cabezas se reduce pero la trayectoria del stock es muy similar a la trayectoria básica.

Una menor faena con un stock similar no es un escenario favorable, por lo que la simulación sugiere que tal incremento de los precios agrícolas, con el consiguiente aumento del área de cultivos, afectaría el normal funcionamiento del sistema ganadero.

Sin duda estos resultados cambiarían si la caída en el área de pasturas se compensara

con un aumento del engorde a corral. Como ya se mencionó, no hay información histórica suficiente como para poder modelar los determinantes de esta tecnología de engorde, por lo que no tendríamos fundamentos para proponer una trayectoria de la faena proveniente de corrales.

16) El último ejercicio de simulación que se presenta intenta arrojar elementos para una discusión muy actual sobre los efectos del incremento de las exportaciones en pie. Los resultados de la simulación dependerán de qué categoría es exportada en pie. El ejercicio asume 70% de novillos sobreaño y 30 % vaquillonas sobreaño. Una duplicación de las cabezas exportadas en pie, respecto a la cifra de 2010, mantenida durante 10 años, determina en el modelo una caída permanente del stock de novillos formados y del stock total y una caída importante en la faena de novillos aunque la extracción total en cabezas, incluidas las cabezas exportadas en pie, se mantiene relativamente constante en los años finales de la simulación y en un nivel superior a la situación sin perturbaciones.

17) Para ejemplificar la dinámica del sistema se describieron algunos ejercicios de simulación tratando en forma aislada los efectos de diferentes shocks, pero las simulaciones pueden incluir perturbaciones que ocurran en forma simultánea.

18) Si bien para la elaboración del modelo fue necesario encontrar algunas relaciones simples entre variables de importancia del sistema, es necesario profundizar mediante investigaciones puntuales sobre: los determinantes de los precios al productor, los niveles de faena, las inversiones en pasturas, las tasas de mortalidad por categoría, el área agrícola y los determinantes del engorde a corral, entre otros.

19) Para determinar las relaciones empleadas en el modelo se contó con abundante información de gran calidad elaborada por distintas instituciones oficiales. Sin embargo, las estadísticas recopiladas no siempre satisfacen los requerimientos de una herra-

mienta que requiere un mayor grado de detalle. Sin duda en el futuro se contará con mayor información cuando se disponga de estadísticas surgidas del actual sistema de trazabilidad.

Algunos aspectos donde sería deseable mayor información son: registro de faena de animales provenientes de corral, mayor precisión en la edad de las distintas categorías faenadas, medida directa de la mortalidad de distintas categorías, registro de las categorías en los animales exportados en pie, utilización de suplementación, etc.

20) En este trabajo se ha presentado una herramienta de análisis que puede ser de utilidad para comprender mejor el funcionamiento del sector productor de carne vacuna en Uruguay. Los sistemas no son de estructura fija, se van adaptando cuando el ambiente cambia. La ganadería vacuna en particular está viviendo cambios que de persistir en el tiempo van a modificar la estructura y la dinámica del sistema. El desafío es incorporar al modelo las nuevas realidades que enfrenta la ganadería para poder contar con un marco para la discusión profunda y con fundamentos sobre su futuro.

VII. REFERENCIAS

Chiara, G, Ferreira, G y Pittaluga, O, 2008. Dinámica del sector productor de carne vacuna en Uruguay. Trabajo presentado en el 2º CONGRESO REGIONAL DE ECONOMÍA AGRARIA- XXXIX Reunión Anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria. Montevideo, 5 de noviembre de 2008. 17 p.

Dent, J.B., McGregor, M.J. and Edwards-Jones, G. 1994. Integrating livestock and socioeconomic systems into complex models. In: Gibon, A. and Flamant, J.C. (Eds) The study of livestock farming systems in a research and development framework. Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Farming Systems. September 11-12, 1992. Zaragoza: Wageningen Press pp. 25-36

High Performance Systems, iThink, 2007, Systems Thinking for Business, ISEE SYSTEMS, www.iseesystems.com

INAC. <http://www.inac.org.uy/>

MGAP DICOSE 2010, Declaraciones Juradas de DICOSE, <http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/dicose.htm>

MGAP DIEA Series históricas de precios, <http://www.mgap.gub.uy/DIEA/default.htm>

Richmond, B. 2001 An introduction to Systems Thinking. iThink, High Performance Systems, Inc 212p. www.iseesystems.com

Sørensen, J.T. and Kristensen, E.S. 1994. Computer Models, Research, and Livestock Farming Systems. In: Gibon, A. and Flamant, J.C. (eds) The study of livestock farming systems in a research and development framework. Proceedings of the Second International Symposium on Livestock Farming Systems. September 11-12, 1992. Zaragoza: Wageningen Press. pp. 391-398

Apéndice. Descripción de las series históricas para el período 1990-2010¹⁴

Descripción	Período	Unidades	Fuente
Stock de las diferentes categorías de ganado vacuno al 30 de junio de cada año	Anual	Cabezas	DICOSE
Stock ovino total al 30 de junio	Anual	Cabezas	DICOSE
Unidades ganaderas totales al 30 de junio	Anual	UG	Elab Propia en base a datos DICOSE
Unidades forrajeras totales al 30 de junio : CN = 0.75, Mejoramientos 1.25, praderas y verdeos = 1.75.	Anual	UF	Elab Propia en base a datos DICOSE
Área de campo natural, praderas y mejoramientos extensivos, al 30 de junio	Anual	Has	DICOSE
Área de nuevas praderas y mejoramientos al 30 de junio	Anual	Has	DICOSE
Faena vacunos, por categoría	Año agrícola	Cabezas	Estadísticas DIEA hasta 2006 Anuarios INAC en adelante.
Precio promedio de exportación de carne	Anual	U\$/ton peso carcasa	INAC
Precio novillo gordo	Anual	U\$/kg en pie	INAC
Precio ternero macho	Anual	U\$/kg en pie	Estadísticas DIEA hasta 2005, en adelante elaborada en base ACG.
Precio agrícola	Anual	U\$/ton	Elaboración propia a partir datos OPYPa –(G.Souto cp) Precio de mercado promedio ponderado por volumen de producción de Trigo, Soja, Girasol, Maíz, Sorgo.
Área de chacra	Año agrícola	Has	Anuarios DIEA. No incluye área avena ni arroz
Área de arroz	Anual	Has	DIEA
Exportaciones totales de ganado vacuno en pie	Año agrícola	Cabezas	DIEA 1992-1995 Anuarios Opypa 1996-2010.

¹⁴ Un número importante de series históricas se obtienen operando sobre las series originales.

Impreso en Diciembre de 2011
PRONTOGRAFICA S.A.
Cerro Largo 850 - Tel.: 2902 3172
E-mail: pgrafica@adinet.com.uy
Depósito Legal 356.924/2011