

# DINÁMICA DE LA GANADERÍA VACUNA EN URUGUAY: UN MODELO DE SIMULACIÓN<sup>1</sup>



Ing. Agr. (Dr) Gabriel Chiara<sup>a</sup>  
Ing. Agr. (PhD) Gustavo Ferreira<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Investigador asesor de INIA para esta investigación

<sup>b</sup> Director Regional INIA Tacuarembó

## INTRODUCCIÓN

Existe una creciente preocupación por la sostenibilidad del actual crecimiento económico de la ganadería y por las vías de intensificación que posibilitan 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 estos sistemas (Chiara, et al. 2008; Ferreira et al 1998).

En este trabajo se describe una herramienta de análisis elaborada con el enfoque y técnicas de dinámica de sistemas que capta la estructura y funcionamiento del sector de ganadería de carne vacuna en Uruguay.

El modelo desarrolla la estructura del stock y el recurso forrajero en interacción con variables de precio, focali-

zando en los mecanismos de retroalimentación existentes entre estas variables.

Los coeficientes son estimados en forma independiente del modelo, en base a datos anuales. La validación indica que el modelo es capaz de generar trayectorias temporales adecuadas de las principales variables de estado del sistema ganadero.

Se realizan experimentos, sometiendo el modelo a diferentes perturbaciones tales como alternativas de precios de exportación de carne, precios agrícolas y exportaciones de ganado en pie.

La elaboración del modelo se realiza con el software iThink<sup>2</sup>, por referencias metodológicas consultar [www.iseesystems.com](http://www.iseesystems.com).

En esta revista se presenta un resumen del trabajo completo, que se encuentra en prensa, por lo que se omiten muchos detalles que el lector interesado podrá encontrar en el trabajo completo que saldrá publicado en una serie técnica.

## SISTEMA Y ESTRUCTURA

El sistema a estudio es el sector pecuario productor de carne vacuna, considerado en forma agregada, es decir sin individualizar agentes. El sistema incluye el stock vacuno, la base forrajera y variables de precio que se consideran relevantes. Se generan trayectorias de variables como: procreo anual, stock de todas las categorías, extracción de vacas y novillos, inversión en alternativas forrajeras, precio del novillo gordo, precio del ternero, y un índice de carga en relación a la disponibilidad forrajera.

<sup>1</sup> Trabajo realizado en INIA Tacuarembó, 2005 y actualizado en 2011.

<sup>2</sup> iThink es un software para construir modelos de sistemas dinámicos, producido por ISEE Systems. [www.iseesystems.com](http://www.iseesystems.com)

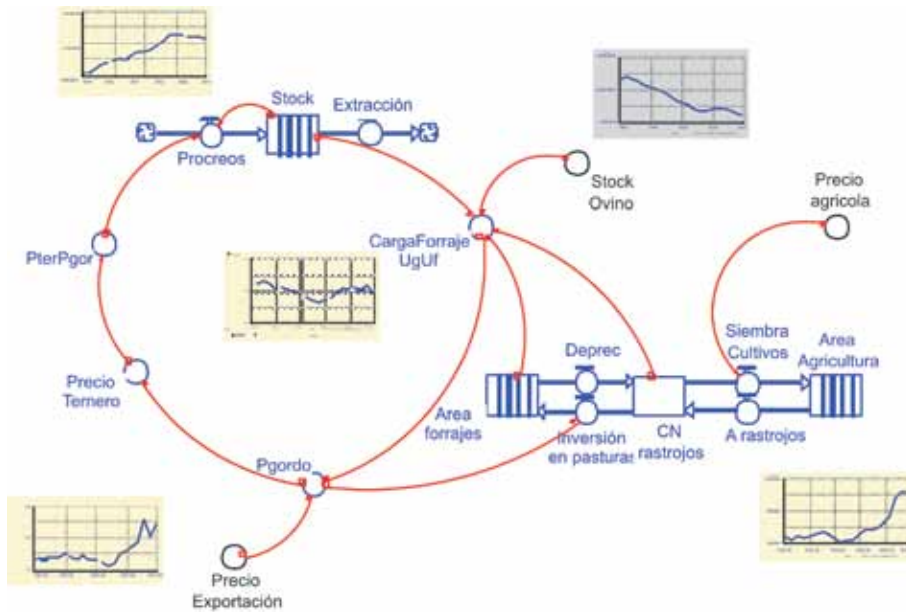


Figura 1 - Estructura del sistema productor de carne vacuna.

Entre las variables exógenas, no generadas por el modelo pero que afectan el comportamiento del sistema, se encuentran: el precio de exportación de carne, el stock ovino, un índice de precios agrícolas, área forestal, exportaciones de ganado en pie.

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 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 el valor de las variables de un año particular estarán determinadas por los valores del año anterior y de esta manera cada variable depende de la historia pasada del sistema.

El stock vacuno crece en función de los procreos y decrece de acuerdo a la tasa de extracción.

Los precios inciden directa o indirectamente en ambas tasas interactuando para determinar la evolución del stock. A su vez los precios están en relación con la base forrajera.

Todas las relaciones del modelo están apoyadas en el análisis de series históricas anuales para el período 1990-2010, obtenidas de estadísticas oficiales<sup>3</sup>.

Estas se determinan en base a regresiones que tratan de captar los determinantes fundamentales de cada una de las variables relevantes. Los coeficientes estimados son empleados en el 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 es el aplicado usualmente en la metodología de dinámica de sistemas empleada.

### PRINCIPALES RELACIONES

**Procreos.** Los datos históricos muestran una fuerte asociación positiva entre el porcentaje de procreo<sup>4</sup> y la relación: precio ternero/precio novillo gordo del año anterior. El porcentaje de procreo presenta además una asociación negativa con el stock vacuno total del año anterior. Los procreos quedan determinados por tanto por la relación de precios y por el stock vacuno total<sup>5</sup>.

**Formación de precios.** El precio del novillo gordo en pie se puede explicar por el precio de exportación y la carga global en relación a la disponibilidad forrajera (unidades ganaderas totales/unidades forrajeras<sup>6</sup>).

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 del novillo gordo.

<sup>3</sup> DICOSE, DIEA, OPYPA, INAC.

<sup>4</sup> Medido como número de terneros al 30 de junio en porcentaje del total de vientres del período anterior.

<sup>5</sup> Las ecuaciones de regresión estimadas se incluyen en detalle en el trabajo en prensa mencionado en la introducción.

<sup>6</sup> Para convertir el stock a unidades ganaderas se emplean los coeficientes usuales, para convertir área de pasturas a unidades forrajeras se utilizan: área de campo natural = 0.75, mejoramientos = 1,25, praderas y verdeos = 1,75.

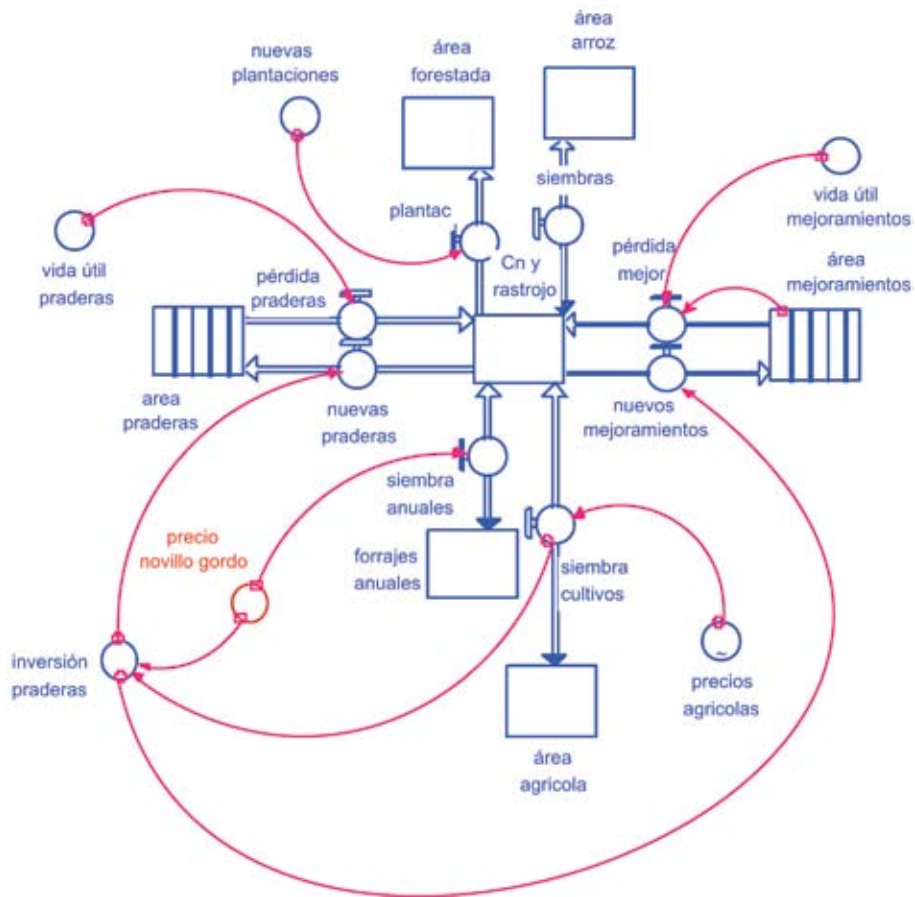


Figura 2 - Esquema de la dinámica del uso del suelo

El precio del ternero se asocia positivamente al precio del novillo, y negativamente al stock total de terneros y a la relación carga/forraje. La variable exógena que actúa en la formación de estos precios es el precio promedio de exportación de carne.

**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 (Figura 2).

La inversión en praderas es función del precio del novillo gordo para el período 1990-1998 y del precio del novillo gordo y el área de chacra<sup>7</sup> para el período 1999-2010, período en el que el área destinada a cultivos agrícolas

compite por el suelo con las praderas, pasando a ser una variable explicativa de importancia.

El área de nuevos mejoramientos se determina en función del área de praderas ya que ambas se encuentran altamente correlacionadas.

La base forrajera se resume en un indicador de área forrajera que a su vez determina un indicador de carga global, variable que actúa en la formación de los precios endógenos y 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.

Una diferente evolución del área agrícola o forestal incide 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.

<sup>7</sup> 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.

Las trayectorias para el área forestal y de arroz se incluyen exógenamente y el área agrícola medida por el área de chacra<sup>8</sup> queda determinada por un indicador exógeno de precios agrícolas.

**Faena de vacas.** El porcentaje de vacas manufactura y conserva que van a faena disminuyen fuertemente si aumenta el precio del ternero.

Además el stock de vacas de internada presenta una fuerte asociación negativa<sup>9</sup> con el precio del ternero lo que está indicando que el pasaje de vacas de cría a vacas de internada 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 (Figura 3). Para simplificar el gráfico se omiten variables que están presentes en el modelo tales como mortalidad de cada categoría y exportación en pie.

**Faena de novillos.** La extracción de novillos presenta una alta correlación con las hectáreas de pasturas intensivas (praderas más verdes).

Dada la importancia que ha tomado en los años recientes la modalidad de engorde de novillos a corral parece importante su consideración, sin embargo no se cuenta con datos precisos sobre el volumen de la faena proveniente de corrales y por tanto aun no se ha podido incluir en el modelo.

**Exportación de ganado en pie.** Si bien en promedio del período las exportaciones de ganado en pie 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). Las exportaciones en pie se consideran exógenas, introdu-

ciendo al modelo la trayectoria histórica o bien posibles escenarios alternativos. Las cabezas exportadas pueden salir de las distintas categorías, de acuerdo a porcentajes de participación asignados según información complementaria.

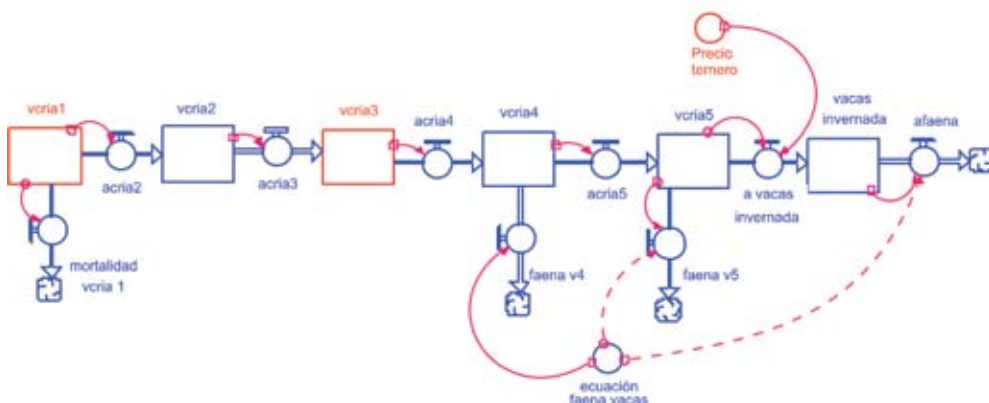
**Mecanismos de retroalimentación.** De lo mencionado se puede resaltar la existencia de varios mecanismos de retroalimentación: Si sube el precio del novillo gordo sube la relación precio ternero/precio novillo gordo y suben los procreos, además disminuye la extracción de vacas y como consecuencia crece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

Hay 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 es decir una retroalimentación positiva sobre el precio.

La evolución del stock frente a variaciones endógenas de precios originadas por cualquier perturbación dependerá de la fuerza de cada uno de estos procesos de retroalimentación.

**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 contrastación de las trayectorias reales con las generadas por el modelo permite apreciar en qué medida la estructura propuesta junto a los coeficientes elegidos captan la dinámica del sistema real. Se debe tener presente que la simulación se realiza alimentando el modelo sólo con los datos iniciales para 1990, por lo tanto en cada año



**Figura 3** - Esquema de la extracción de vacas para faena.

<sup>8</sup> 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 a partir de datos de DIEA.

<sup>9</sup> Coeficiente altamente significativo (Valor P=0.0005)

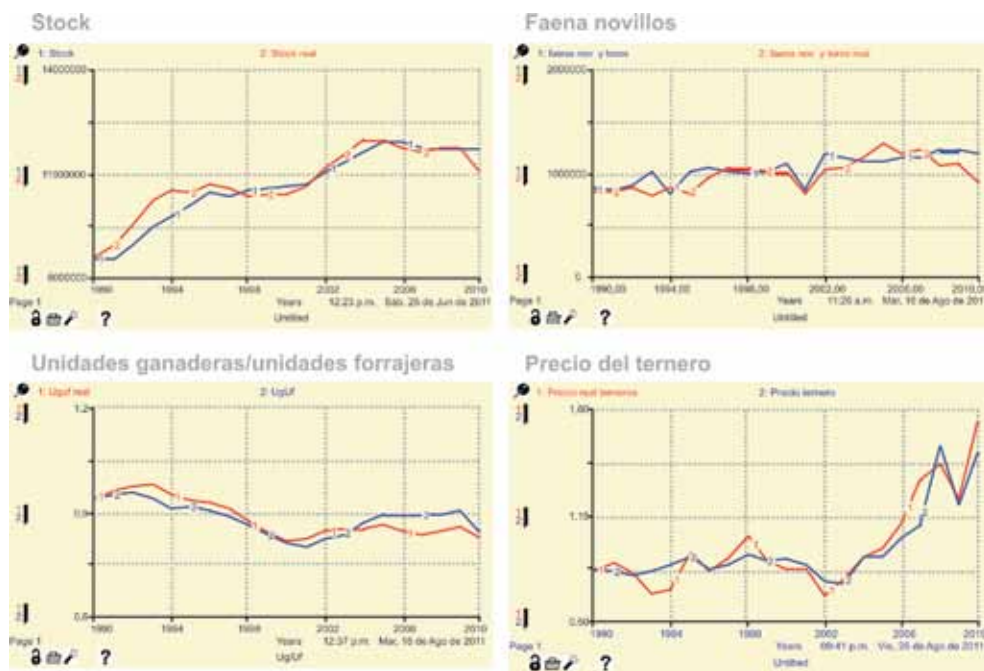


Figura 4 - Trayectorias de las distintas variables reales — simuladas —

los valores de todas las variables del sistema son calculados por el modelo a excepción de las variables exógenas cuyos valores se toman de la trayectoria incluida exógenamente<sup>10</sup>.

En la Figura 4 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.

## EJERCICIOS DE SIMULACIÓN

En esta sección se resumen algunos ejercicios de simulación para evaluar los posibles impactos de perturbaciones sobre el sistema ganadero. Todos los resultados de las simulaciones que se presentan están limitados a la estructura del modelo, es decir a la forma en que se relacionan las variables y a los valores de todos los parámetros. Por razones de espacio sólo se incluyen las trayectorias del stock, el cociente carga/forraje, el precio del ternero y la extracción (Figura 5). La publicación técnica en prensa describe las trayectorias para el conjunto de las variables relevantes.

**Ejercicio 1: Simulación sin perturbaciones.** El primer ejercicio consiste en simular 10 años más de funcionamiento del sistema sin aplicar perturbaciones.

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. Se pretende contestar a la siguiente pregunta: ¿Cuál sería la trayectoria del stock y variables relevantes si el entorno externo al sistema y sus condiciones estructurales y relaciones de comportamiento se mantienen por 10 años, a partir de 2010?

La variable 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 en el ejercicio 1. En este caso, en la Figura 5 la alternativa 1 indica la posible evolución del stock.

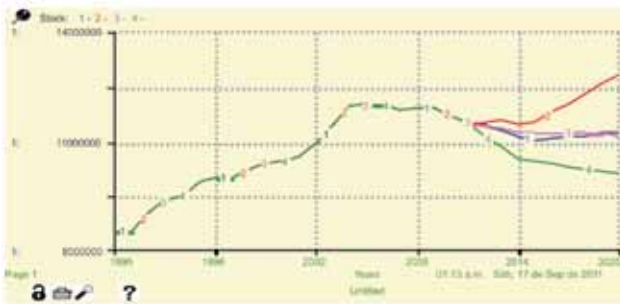
La trayectoria del gráfico refleja un sistema muy estable que de no variar condiciones importantes presenta un stock en equilibrio en torno a 11 millones de cabezas. La tasa de salida del sistema, que incluye faena, exportación en pie a los niveles de 2010 y tasas de mortalidad están en equilibrio con la tasa de entrada representada por los procreos. El sistema no manifiesta condiciones para crecer a partir de un escenario como el del año 2010, bastante favorable en precios externos y en relación carga/forraje en términos históricos (ver gráficos Figura 4.)

### **Ejercicio 2: Sube el precio de exportación de carne.**

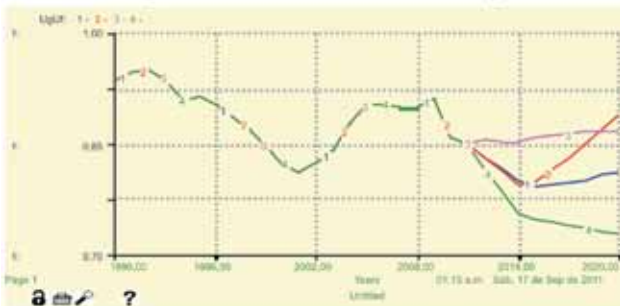
El precio de exportación de carne se mantiene por 10 años en U\$S 4000 dólares la tonelada peso carcasa, para reflejar un precio externo más acorde a las buenas condiciones de 2011. Se observa que luego de un período de relativa estabilidad de 4 años el stock comienza a recuperarse llegando a la cifra de 12,8 millones de cabezas (Figura 5 alternativa 2).

<sup>10</sup> Precio de exportación, precio agrícola, stock ovino, área forestal.

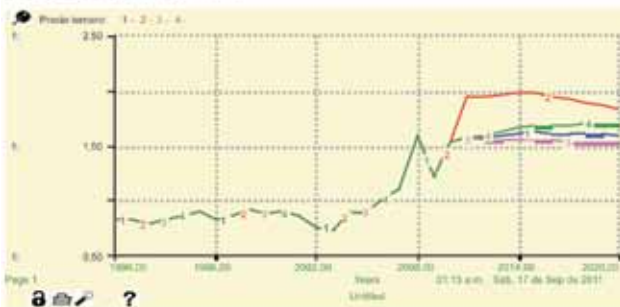
Stock



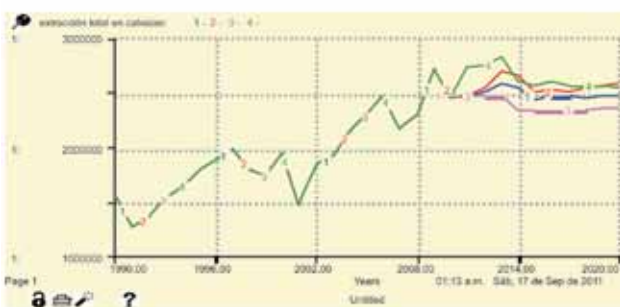
Unidades ganaderas/unidades forrajeras



Precio del ternero



Extracción total en cabezas



Un aumento del precio del ternero determina menor faena de vacas y un mayor coeficiente de procreo en los primeros años, que redundan en un crecimiento del stock de todas las categorías. La faena de vacas disminuye pero la de novillos aumenta, la extracción total en número de cabezas incluida la exportación en pie se estabiliza en el entorno de 2,5 millones de cabezas lo que representa un 20% del stock del final del período de simulación (Figura 5 alternativa 2).

Hacia el final del período el coeficiente de procreo disminuye como consecuencia del efecto negativo del stock sobre los procreos.

Este resultado no deseado pone en evidencia la presencia 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.

**Ejercicio 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 de 935.000 hectáreas a 1,3 millones de hectáreas en el área de chacra.

El área de pasturas intensivas decae en forma importante con el aumento del área agrícola y sube la carga en relación al forraje, cayendo por tanto el precio del novillo gordo.



- 1 Sin perturbaciones
- 2 Precio exportación carne 4000 us\$/ton
- 3 Aumento de 50% precios agrícolas
- 4 Duplicación exportaciones en pie

Figura 5 - Trayectorias simuladas

Cae también el precio del ternero y la relación precio ternero/precio novillo gordo. Esto determina un aumento en la faena de vacas, pero la caída importante en el área de pasturas intensivas va asociada a una importante caída en la faena de novillos.

El resultado es que la extracción total en cabezas se reduce, lo que finalmente determina una trayectoria del stock total muy similar a la trayectoria básica (Figura 5 alternativa 3).

**Ejercicio 4: Duplicación de la exportación en pie.** La serie de exportación en pie indica que en 2010 se exportaron 256.000 cabezas.

El ejercicio consiste en duplicar en forma permanente esta cifra para los 10 años restantes de la simulación a partir de 2011. En el ejercicio se extraen 70% de los animales exportados de la categoría novillos sobreaño y 30% de la categoría vaquillonas sobreaño.

Al aumentar las cabezas exportadas cae en forma permanente el stock de novillos formados, lo que determina una caída importante en la faena de novillos.

Los precios del novillo y del ternero se incrementan, este último determina una disminución leve en la faena de vacas. Considerada globalmente, la extracción en cabezas se mantiene relativamente constante en los años finales de la simulación, por encima de la extracción de la simulación base (Figura 5 alternativa 4).

Se describieron algunos ejercicios de simulación tratando en forma aislada diferentes impactos sobre la evolución esperada de algunas variables. La herramienta de análisis que se discute permite la combinación si-

multánea de perturbaciones al sistema, como podría ser una determinada trayectoria de precios agrícolas y de la carne, junto a una determinada evolución de las exportaciones de ganado en pie o cualquiera de las restantes variables exógenas.

### CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS A FUTURO

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. Sin embargo, 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 entonces continuar esta línea de investigación incorporando al modelo las nuevas realidades que enfrenta la ganadería para poder contar con una herramienta que sirva de marco para la discusión profunda y con fundamentos sobre su futuro.

### 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.

High Performance Systems, I think, 2007, Systems thinking for business, ISEE SYSTEMS [www.iseesystems.com](http://www.iseesystems.com).

Richmond, B. 2001. An introduction to systems thinking, I Think, High performance systems, Inc 212 p. [www.iseesystems.com](http://www.iseesystems.com).

