

GESTIÓN EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE BOVINA Y OVINA DE CARNE: HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA DISEÑAR Y EVALUAR ESCENARIOS PRODUCTIVOS.

Beef cattle and sheep systems management:
Computer tools to design and evaluate productive scenarios.

Rodrigo Allende V.¹ y Claudio Aguilar G.²

INTRODUCCIÓN

El aumento de la población humana y su consumo de proteína animal han provocado una mayor complejidad en la definición de prácticas integradoras para desarrollar sistemas productivos eficientes. La sustentabilidad biológica y económica de los sistemas pecuarios puede ser enfocada en dos líneas: aumento en la eficiencia de uso de los recursos con una suficiencia interna del sistema y la estructuración de sistemas integrales funcionales (Gibon *et al.*, 1999). La liberalización de los mercados, expectativas cambiantes de los clientes, discontinuidades tecnológicas y competencia global provocan que las fuentes de ventajas competitivas se modifiquen, lo que obliga a las empresas a responder continuamente a las exigencias de un entorno dinámico. La adopción de un modelo de gestión con orientación hacia la calidad es una de las alternativas que ha tenido más éxito para enfrentar los retos de este entorno global y competitivo. Sin embargo, la orientación hacia la calidad requiere generalmente de innovaciones que deben ser evaluadas para verificar si crean valor en la empresa. La evaluación de creación de valor es un concepto que no ha sido aplicado con profundidad en el sector de producción bovina y ovina y es probablemente, lo que explica la renuencia de los productores a adoptar alternativas tecnológicas innovativas. La creación de valor está relacionada con el enfoque con que se abordan los objetivos de la empresa, que han evolucionado desde un objetivo único, que es la maximización del beneficio, hasta el más reciente en que se reconoce la coexistencia de una pluralidad de objetivos. Esta diversidad de objetivos puede integrarse en uno, que es la maximización del valor de la empresa en el mercado. La generación de

valor y su optimización, dentro de las restricciones impuestas por la sociedad, constituye una condición necesaria para la satisfacción de la variedad de objetivos señalada (Allende *et al.* 2003). Por otra parte, la empresa ganadera es también una unidad económica de producción que combina recursos humanos, físicos, culturales y económicos mediante una determinada técnica, con el objetivo de entregar bienes al mercado constituyendo una unidad de control y toma de decisiones con la misión de alimentar al hombre. Este sistema organizacional debe adaptarse a la dinámica impuesta por el mercado, en términos de demanda y calidad, por lo tanto las unidades de negocios pecuarios no escapan del proceso de globalización (Allende *et al.*, 2007).

La necesidad de evaluar escenarios productivos dinámicos ha demandado la definición, desarrollo e implementación de herramientas para apoyar la toma de decisiones. Estas constituyen un conjunto relacionado y articulado de instrumentos, agrupados con diferentes nombres que incluyen títulos tales como; sistemas de apoyo a la toma de decisiones o sistemas de gestión (Vera y Morales, 2001). Incluyen metodologías tan diversas como modelos computacionales, sistemas expertos, sistemas de gestión predial, sistemas de información geográfica, grupos de discusión, investigación participativa y procesos estructurados de razonamiento. Los objetivos que persiguen son suministrar información más estructurada, con mayor objetividad y eficiencia en el uso de los recursos en apoyo a dicha toma de decisiones (Stuth y Smith, 1993). La información es un factor que se debe considerar como un insumo intangible con un alto valor estratégico si se genera e interpreta adecuadamente, lo que permitiría tomar decisiones más informadas con un menor sesgo y a tiempo para ser más rentables. Para la obtención de esta información existen variados mecanismos, destacándose en el último tiempo la informática como una herramienta de gran potencia que permite el

¹Sub gerencia Innovación y Desarrollo
Carnes Ñuble S.A. E-mail: rallende@carnes.cl,

²Departamento de Ciencias Animales, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, P. Universidad Católica de Chile. E-mail: daguilag@uc.cl.

manejo de una infinidad de variables a la vez. Existen algunas técnicas desarrolladas para computadores que generan información útil para el productor o técnico y que si es bien utilizada puede mejorar la gestión de las empresas agropecuarias. A estas técnicas se les ha denominado herramientas de gestión o herramientas de apoyo a la toma de decisiones.

SIMULACIÓN EN SISTEMAS BOVINOS Y OVINOS DE CARNE

El concepto de innovación de procesos en la cadena agroalimentaria bovina y ovina implica incorporar metodologías cuantitativas y/o cualitativas para evaluar los componentes de la cadena de valor en la producción, procesamiento y comercialización, destacándose a la simulación, como una confiable herramienta para evaluar temporalmente innovaciones tecnológicas y sensibilizar las partes del proceso en función del o de los productos generados en un componente específico de la cadena. Permite analizar cuantitativamente e identificar variables con un grado mayor de sensibilidad sobre las respuestas disminuyendo el sesgo en la toma de decisiones. Los modelos de simulación se diseñan y construyen con el propósito de entender, explicar o mejorar el funcionamiento de un sistema real, concepto u objeto. Pueden cumplir un papel importante en la evaluación a nivel temporal de los sistemas de producción pecuaria, proporcionando parámetros de referencia para la recopilación de información existente sobre procesos especiales y pueden ser utilizados para identificar conocimientos deficitarios, generando lineamientos a seguir en la investigación (Allende *et al.*, 2007). Bernues *et al.*, (1995) enunciaron las ventajas de los modelos de simulación:

- a) Permite el estudio de sistemas en situaciones en las que la experimentación real sería imposible o muy costosa en recursos humanos y materiales.
- b) Permite el estudio de efectos a largo plazo, ya que el horizonte temporal es fijado por el investigador o usuario.
- c) Permite incorporar los elementos de incertidumbre inherentes a cualquier sistema biológico.
- d) Son capaces de trabajar con un amplio rango de variables que pueden ser modificadas simultáneamente.
- e) Generan gran cantidad de resultados con escaso consumo de tiempo.
- f) Entregan antecedentes para priorizar líneas de investigación para evaluar soluciones a problemas detectados.
- g) Apoyo en la formulación de planes de manejo y desarrollo para una empresa ganadera, señalando tres funciones definidas: cuantificar requerimientos y limitaciones nutricionales, investigar los efectos *ex ante* de nuevas opciones tecnológicas y definir la pauta para la obtención

futura de datos, así como detectar los puntos débiles de un nuevo sistema de producción.

Los modelos de simulación se clasifican en mecánicos que describen los mecanismos subyacentes que interactúan para representar el comportamiento de un sistema complejo, empíricos que generan resultados a partir de datos obtenidos mediante observación. Se clasifica como determinístico cuando las variables matemáticas del modelo se determinan con certeza absoluta. Los modelos estocásticos permiten introducir elementos de incertidumbre en el comportamiento del sistema a través de la consideración de distribuciones de probabilidad adecuadas. El modelo dinámico es el que incorpora el tiempo como variable, lo cual presupone que debe estar relacionada con otras variables y por lo tanto, estas varían en función del tiempo. Por otro lado, un modelo será estático si los valores de sus variables no cambian con el tiempo.

Modelo engorda bovina feedlot

(Allende *et al.*, 2003a): Estima el comportamiento del peso vivo en novillos confinados integrando los principales componentes del sistema de producción: animal, medio ambiente y la dieta. Las interrelaciones biológicas cuantificadas son el consumo voluntario de materia seca y balances nutricionales de energía metabolizable y proteína digestible. El consumo potencial estimado por la madurez fisiológica dependiente de la raza, sexo y edad fue corregido por índices relacionados con el tamaño de la partícula alimenticia y digestibilidad real de la dieta. Ésta fue estimada mediante el desarrollo y validación de índices y funciones de corrección considerando el nivel de taninos, sílice, proteína cruda y carbohidratos no estructurales junto con el tamaño de partícula. La confianza del modelo para predecir la tasa de incremento del peso vivo fue evaluada mediante la prueba de *t* student con datos experimentales de novillos de razas de madurez fisiológica precoz durante 119 días ($P=0,56$). El análisis de regresión entre variables simuladas y observadas presentó similar tendencia ($R^2=0,99$; *S.E.*: 5,56). El modelo permite evaluar innovaciones de procesos para determinar funciones de producción relacionadas con el peso vivo en diferentes escenarios de razas bovinas, calidad de dieta por efecto de digestibilidad de la dieta, tamaño de partícula, velocidad del viento y temperatura ambiental. Este modelo se le incorporó una subrutina que incorpora estructura de costos operacional: ración, sanidad, horas hombre y de maquinaria, valor reposición, % de rendimiento canal caliente, valores de mercado para reposición y animal terminado complementado con la utilidad operacional esperada (%). Está subrutina permite evaluar las estrategias de alimentación complementado con el valor de venta para obtener la rentabilidad operacional esperada en función de la estructura de costos directos (Figura 1).

Modelo de engorda de corderos en la estepa

(Allende et al, 2007a): Estima el comportamiento del peso vivo de corderos en función del aporte de energía metabolizable y proteína degradable y no degradable en el rumen, como herramienta para evaluar *ex antes* la engorda post destete de corderos (Figura 2). El modelo incorpora el efecto de la tasa de disipación de calor en corderos por efecto ambiental del viento y temperatura ambiental. El modelo ha permitido evaluar el efecto de carga instantánea, suplementación estratégica y efecto del tiempo de pastoreo sobre la pradera. Además, se ha incorporado una subrutina de optimización para estimar la carga animal que responde al mínimo costo de producción operativa según la simulación de las variables de ingreso definidas por el usuario.

Modelo de rebaño ovino en la estepa-secano mediterráneo (Aguilar et al., 2006): Permite evaluar el margen operacional y financiero de un sistema de rebaño, considerando superficie predial, plan pastoril, suplementación, estructura de rebaño y de costos fijos y variables (Figura 3). El modelo permite evaluar *ex antes* la creación de valor de estrategias de manejo al comparar rentabilidades operacionales y financieras, ésta última incluyendo la rentabilidad de mercado al capital invertido en tierra.

OPTIMIZACIÓN EN SISTEMAS BOVINOS Y OVINOS.

Implica la búsqueda de una función objetivo de minimización de costos en función de combinaciones lineales de un conjunto de alimentos disponibles, de manera que las cantidades calculadas cumplan con los requerimientos de los animales y al mismo tiempo minimicen el costo de la ración. El sistema crea el modelo de programación lineal y lo resuelve, proporcionándole información sobre identificación de la dieta, alimentos disponibles y tipo de requerimiento (Figura 4). Entre las principales ventajas que se pueden mencionar al formular dietas mediante un programa de computador, se pueden mencionar:

- a) Se obtienen respuestas rápidas, permitiendo hacer cualquier cambio de requerimientos, precios o valores nutritivos.
- b) Se puede manejar un alto número de ingredientes.
- c) Se puede incluir restricciones de nutrientes e ingredientes.
- d) Permite obtener información adicional al resultado final que puede usar como elementos de juicio para la compra de materias primas y para mejorar los niveles de producción.

Para formular una ración se requiere contar con información que debe ser ingresada al programa para hacer los cálculos. Esta corresponde a las constricciones del modelo matemático y el aporte de nutrientes de cada alimento o ingredientes disponibles

junto con su precio. La base de datos del sistema es muy flexible y tiene consigo información que se podrá ampliar de acuerdo a los alimentos usuales y disponibles en la zona de trabajo.

SISTEMAS DE GESTIÓN OVINA

Permite registrar, listar y evaluar eventos de manejo predial incluyendo actividades a nivel de rebaño y/o animal, de potrero. Este modelo está incorporándose un sistema de trazabilidad electrónica para obtener información en tiempo real de peso de los animales, para ser incorporada, ya sea modelos de optimización alimentaria y/o modelación de crecimiento de ovinos (Figura 5).

CONCLUSIONES

El mercado de la carne se está modificando al incorporar conceptos de aseguramiento de la calidad, ética y salud. Este escenario plantea un nuevo modelo emergente de desarrollo, en donde la productividad está asociada con la sustentabilidad y equidad. Uno de los desafíos más importantes que deberá enfrentar la producción animal será la de responder a la demanda de los productos tradicionales con mayores costos operativos por legislaciones más estrictas y una disminución de tecnologías aplicables. La creación de valor en cualquier empresa está directamente relacionada con el uso adecuado de los recursos y con su capacidad para implementar y evaluar innovaciones que le creen una ventaja competitiva en el mercado. El esquema lógico y tradicional de investigación en producción animal se realiza a partir de la observación de un fenómeno biológico analizando las relaciones causa - efecto. Esta dinámica de evaluación presenta limitaciones en términos temporales, de costos involucrados, de riesgo de fracaso y de desagregación relativa de los agentes causales. La cuantificación *ex ante* confiable de las respuestas productivas frente a modificaciones de manejo es una necesidad tecnológica a nivel predial, relacionada con innovaciones de procesos.

La incorporación de un conjunto relacionado y articulado de herramientas computacionales agrupadas *sistemas de apoyo a la toma de decisiones (SATD)* o *sistemas de gestión* permitirá definir mejores estrategias prediales con un menor riesgo para la toma de decisiones informadas y no sesgadas, ya que permiten analizar varios y complejos escenarios alternativos mediante tendencias, determinación de funciones de producción y análisis bioeconómicos. Los SATD incluyen metodologías tan diversas como modelos de simulación, sistemas expertos, sistemas de información geográfica, grupos de discusión, investigación participativa, y procesos estructurados de razonamiento. A su vez, pueden ser usados por individuos o para asistir a grupos de tomadores de decisiones.

La utilización de herramientas computacionales permite apoyar a la teoría sistémica mediante el conocimiento de la estructura funcional de las partes desde una aproximación al del funcionamiento del todo, porque son las interrelaciones e interacciones entre dos componentes las que definen la integridad de su organización e identidad.

REFERENCIAS

C. Aguilar, R. Vera, R. Allende and P. Toro., 2006. Supplementation, stocking rates, and economic performance of lamb production systems in the Mediterranean-type region of Chile. *Small Ruminant Research* 66,(1-3), 108-115.

Allende, R. Cubillos, G., Aguilar, C. y Gompertz, G., 2003. Fattening of steers: Evaluation of feedlot scenarios by the simulation. Proceeding IX World Conference on Animal Production, Porto Alegre, Brasil.

Allende, R., Morales, S., y Aguilar, C., 2003a. Análisis de sistema de producción de carne de bovinos en confinamiento. *En: Aguilar, C., Allende, R., y Morales, S. Gestión de sistemas pecuarios. Modelos para evaluar alternativas tecnológicas y creación de valor en la empresa pecuaria. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura, Santiago de Chile.* p: 143-177.

Allende, R., Gompertz, G., Avila, J., Gallardo, M. y Garcia, F. 2007. Grazing Beef Cattle Fattening Simulation: Model Validation and Experimentation. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 2007 (in submitted).

Allende, R. Delorenzo D., Matetic C., y Briones I., 2007a. Modelo de engorda de corderos destetados: Interacción pastoreo alfalfa (*Medicago sativa*)-suplementación. XXXII Reunión anual de la Sociedad Chilena de Producción animal, Frutillar, Chile.

Bernues, A.; Herrero, M.; Dent, J. 1995. El estudio de los sistemas ganaderos mediante simulación: Una revisión de los modelos de ovinos a nivel del animal individual, del rebaño y de la explotación. *Investigación Agropecuaria : Producción y Sanidad Animal. Vol. 10* (3), 243-272.

Gibon, A., A.R. Sibbald; J.C. Flamant; P. Lhoste; R. Revilla; R. Rubino; J.T. Sorensen.1999. Livestock farming system research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61:121-137.

Stuth, J.W y Smith,M. 1993. Decision support for grazing lands: an overview. *In: Stuth,J. and Lyons,B.*

Decision support systems for the management of grazing lands: emerging issues. Paris .UNESCO Man and the Biosphere series. Vol.11 pp 1-35.

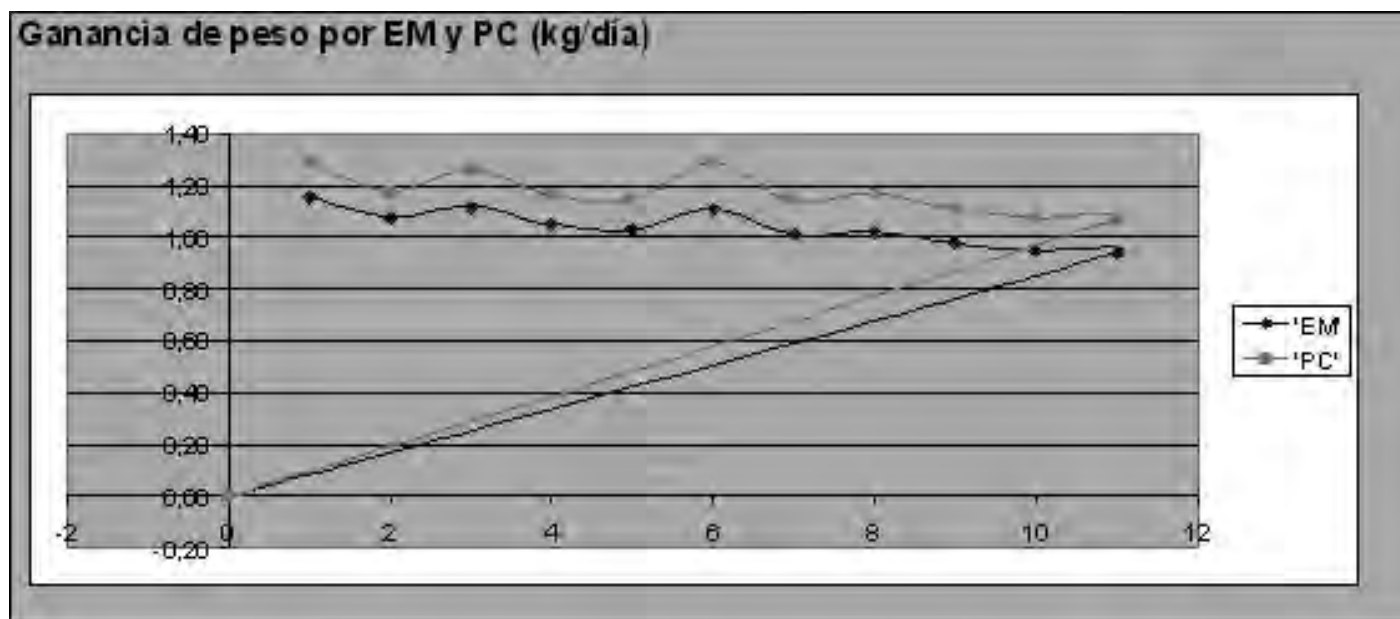
Vera, R.; J.S. Morales.2001. Decision support systems for pasture utilization: Developments, opportunities and constrains. In Simposio Internacional en producción Animal y Medio Ambiente. Proceedings XXVI Reunión anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal.

Datos productivos	Valor
Número de novillos del lote	100
Edad promedio novillos (meses)	15
Razas de novillos ¹	
Hereford-Angus	1
Overos-Holstein-Razas grandes	0
EM de la ración (Mcal/ración)	34,8
Consumo de materia seca (kg MS/día)	10
PC de la ración (kg/día)	1
FDN de la ración (kg/día)	4,5
PDR (kg /día)	0,55
Peso promedio de novillos al inicio (kg)	400

¹ Coloque un número 1 en la celda que corresponda la raza

Datos Económicos	Valor
\$ ración	750
\$ kg de peso vivo de novillos gordo	600
% de rendimiento en matadero	50
Semanas de engorda	12
Horas hombre día dedicadas a engorda (hh/día)	6
Costo hora hombre \$	100
Horas máquina dedicadas a engorda	3
Costo hora máquina, \$	3000
\$ kg de peso vivo de novillos comprado	540
% de utilidad esperado por kg de peso vivo incremental	5
Costo por sanidad, \$ animal/periodo	100
Horas hombre administración (día)	1
Costos hora hombre administración	7975
Mantenimiento equipos e infraestructura (año)	200.000

Figura 1. Variables de inicio de subrutina económica de modelo de engorda feedlot de bovinos y comportamiento del peso vivo simulado.



Datos de Inicialización	
Peso del cordero al inicio del mes (kg)	27,04
PC de la pradera (% de USJ)	10,0
FCM de la pradera (% de la USJ)	20,0
Disponibilidad de la pradera	60,0
PNCR (% de la PC)	20,0
Disponibilidad máxima pradera (kg USJ/día)	2300,0
Tasa de crecimiento pradera (kg USJ/día)	50,0
Periodo de simulación (semanas)	6,0
Carga animal (corderos/ha)	50,0
Ejido en m ² (ha)	1,0
Peso madre del animal (kg)	65,0
Peso al nacimiento (kg)	5,0
Cantidad de concentrado (kg USJ/cordero/día)	4,0
EM Concentrado (kcal/kg USJ)	100,0
PC del concentrado (% de USJ)	10,0
PNCR del concentrado (% del PC)	20,0

Los días de ingreso son variables con los días por el usuario. Permite estabilizar el problema en estado, resolviendo las variables de salida.

Figura 2. Variables de inicio del modelo de engorda de corderos

Producción de ovinos en la patagonia

Datos Simulación Aleatoriedad Escenarios AcercaDe Salir

Resultados

Días Simulados:

Ovejas	Corderos
Peso promedio al encaste (kg): <input type="text"/>	Peso promedio al nacimiento (kg): <input type="text"/>
Peso promedio al parto (kg): <input type="text"/>	Peso promedio al destete (kg): <input type="text"/>
Peso promedio al destete o venta (kg): <input type="text"/>	Peso promedio de venta (kg): <input type="text"/>
Producción total de lana limpia (kg): <input type="text"/>	Número de corderos vendidos (kg): <input type="text"/>

Balance Financiero	Balance Operacional
Ingresos Totales: <input type="text"/>	Ingresos Totales: <input type="text"/>
Costos Totales: <input type="text"/>	Costos Totales: <input type="text"/>
Ingresos Netos: <input type="text"/>	Ingresos Netos: <input type="text"/>

Imprimir resultados

Figura 3 Modelo de rebaño ovino estepa

Solución

Nombre de la ración	Tipo de ganado	Peso	Producción	Formulado por:	Solución:
Ejemplo1	Oveja Mant,80kg	80 kilos	0 kilos	Agrosis	FACTIBLE

Dieta calculada

Nombre Ingrediente	Cantidad (Kg) m.verde	Cantidad (Kg) m.seca	% del total m.verde	% del total m.seca	Precio (\$/Kg)	Costo total
AVENA ENSILAJE	7.70	1.57	100.00	100.00	3.35	25.80
T O T A L E S	7.70	1.57	100.00	100.00		25.80

Ingredientes no utilizados

Nombre Ingrediente	Precio	Costo a reducir	Precio a considerar
MELAZAN	25.50	12.54	12.96
MAIZ C/CORONTA	39.40	24.98	14.42
RAPS AFRECHO	150.00	135.06	14.94

Figura 4. Modelos de optimización ovino y bovino: ración de mínimo costo y balance nutricional (ración)

Agro Software V.1.0 - (VERSIÓN BETA) EMPRESA : los maitenes

Archivo Configuración Actividades Movimiento Comprobante Informes Ventana ?

Informes - Gestión Ovina 2005

Ficha Individual de Animales	Actividades por Rebaño
Ficha Grupal de Animales	Actividades Grupales
Potreros Existentes	Actividades Individuales
Compra de Animales	Actividades Por Potrero
Venta de Animales	Cambio de Animales por Potrero
Egresos Monetarios	Trazabilidad
Ingresos Monetarios	
Egreso de Suplementos	
Egreso de Fármacos	

Figura 5. Sistema de gestión ovina