

Modelación de sistemas productivos y parámetros a tener en cuenta en el diseño de planes ganaderos en sistemas pastoriles

Ferrán A. M.¹; Giorgis. A. O.²; Castaldo, A. O.³

1 Profesor Adjunto de Economía Agraria. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Pampa, Calle 5 esquina 116, General Pico, La Pampa (6360).

aferran@vet.unlpam.edu.ar

2 Profesor Adjunto de Economía Agraria. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Pampa.

3 Profesor Adjunto de Introducción a la Producción Animal. Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad Nacional de La Pampa.

RESUMEN

El modelado de los sistemas ganaderos permite analizar problemas complejos y generar conocimientos que ayudan a tomar decisiones con información. Este trabajo revisa la bibliografía más actualizada y utilizada en el ámbito académico y profesional. Se compone de dos secciones: Sistemas y modelos ganaderos y caracterización de modelos ganaderos. La sección sistemas y modelos ganaderos revisa y analiza el estado actual del conocimiento, así como la conceptualización, el valor y las limitaciones de los modelos para la toma de decisiones. La sección destinada a la caracterización de los modelos ganaderos describe la forma de presentarlos y la caracterización de los componentes técnicos y productivos del submodelo rodeo de un modelo ganadero bovino de ciclo completo destinado a la producción de carne. Se explica cómo realizar la conceptualización, caracterización y parametrización de los rodeos destinados a la producción de carne. Si bien la revisión bibliográfica y la experiencia de campo revela que el uso de sistemas de soporte para la toma de decisiones no se ha generalizado en las explotaciones pecuarias, se considera que son herramientas que a futuro pueden contribuir en forma significativa al desarrollo de una ganadería nacional de precisión, mejorando su competitividad.

Palabras clave: sistemas ganaderos, modelos ganaderos, conceptualización y caracterización de modelos ganaderos, parametrización de modelos ganaderos.

Modeling of productive systems and parameters to bear in mind in the design of cattle breeding plans in pastoral systems.

ABSTRACT

Modeling of cattle breeding systems allows us to analyze complex problems and generate knowledge that help making informed decisions. This article reviews the most updated



and used bibliography in academic and professional fields. It is made up of two sections: cattle breeding systems and models, and characterization of cattle breeding models. The first section reviews and analyses the current state of knowledge, as well as the conceptualization, value, and limitations of the models for making decisions. The section devoted to the characterization of the cattle breeding models describes the way of presenting them and the characterization of the technical and productive components of the rodeo sub model of a full cycle bovine livestock model intended for meat production. It is explained how to conceptualize, characterize, and parametrize rodeos for meat production. Even though the bibliographic review and field experience reveal that the use of supporting systems in making decisions have not been generalized in livestock development, they are considered to be tools that in the future can significantly contribute to the development of a precise national cattle breeding, improving its competitiveness.

Keywords: cattle breeding systems, cattle breeding models, conceptualization and characterization of cattle breeding models, parametrizing of cattle breeding models.

INTRODUCCIÓN

El plan de explotación es un instrumento para analizar y evaluar alternativas en la toma de decisiones con respecto al uso de recursos para la consecución de los objetivos de la explotación agropecuaria (EAP). La EAP es la unidad de organización de la producción y en consecuencia es la unidad de toma de decisiones. Varias unidades económicas de producción agrícola bajo la misma propiedad o bajo la misma gerencia general pueden ser consideradas como explotaciones separadas si son manejadas por personas distintas (FAO, 1998).

El Documento Conceptual del Censo Nacional Agropecuario, CNA 2018; define a la EAP como la unidad de organización de la producción. Establece que para ser considerada como tal debe producir bienes agrícolas, pecuarios o forestales destinados al mercado, tener una dirección única que asume la gestión de la EAP, representada en la figura del productor agropecuario (PA) y utilizar, en su totalidad o en parte, los mismos medios de producción de uso durable y la misma mano de obra en las diversas parcelas que la integran (INDEC, 2018).

Colombo et al. (2007) en Normas de Gestión Agropecuaria, expresa que "La gestión administrativa de una empresa es un proceso dinámico donde conviven el futuro, el presente y el pasado". En estos tres momentos en el tiempo, se evalúan y seleccionan las alternativas a ejecutar, se toma la decisión de implementar las más convenientes y se realiza el control comparando lo realizado con lo proyectado.

La planificación consiste en la elaboración de un plan en el tiempo donde se detalla qué acciones se implementarán, de qué manera, y cuándo se llevarán a cabo. Debe incluir los indicadores claves para cumplir con los objetivos propuestos, fijar plazos y períodos más o menos constantes (semestral, anual, bienal o quinquenal) (BPA, 2019). Esto implica la necesidad de llevar medidas de eficiencia y productividad de las actividades que desarrollan los establecimientos agropecuarios. Estas medidas se llevan mediante índices o indicadores que no son más que valores o magnitudes dados en unidades físicas o monetarias.

Los índices son insumos en los procesos de planificación y control de la empresa. Estos pueden ser el porcentaje de parición, de mortandad, de refugo, de toros en servicio, el porcentaje de praderas, la receptividad, la ganancia diaria promedio, la producción de carne anual; para citar algunos índices físicos utilizados en ganadería.

Para planificar la producción se debe disponer de coeficientes técnicos, que son índices que están relacionados con la función de producción de cada actividad. La función de producción representa el conjunto de relaciones técnicas que hacen corresponder una producción posible a un conjunto de factores medidos en unidades físicas (Vicién, 2015).

Cada actividad productiva va a realizarse con un nivel tecnológico; esto es la cantidad y tipos de recursos requeridos por unidad de producto (relaciones insumo - producto) y los rendimientos posibles de obtener. El nivel tecnológico empleado por un ganadero individual depende de los recursos climáticos, edafológicos, genéticos, humanos y económicos de que dispone (Vicién, 2015). Esto implica que los coeficientes técnicos van a definir tanto los productos que se originan en un sistema productivo, como el consumo de factores. Cuando existen y operan dentro de las actividades de producción individuales y

definen explícita o implícitamente la interrelación existente, se denominan también coeficientes estructurales internos (McConnell y Dilllon, 1997).

Para poder estimar estos valores en explotaciones ganaderas se debe conocer el plan de reproducción del sistema de cría y la curva de crecimiento del sistema de recría y de engorde (Rodríguez Alcaide et al., 1993). Si la explotación es de cría deben definirse el ciclo productivo, las exigencias en factores de cada categoría animal y los medios e índices de producción (preñez, parición, destete, carga animal, oferta forrajera, etc.). Si la explotación es de recría y engorde debe definirse el índice de conversión de alimentos, la ganancia de peso diaria, entre otros, de los diferentes sistemas de producción. Si la explotación es de ciclo completo (cría, recría y engorde), se deben considerar ambas funciones de producción y su sincronía en el tiempo.

Cuando se evalúan inversiones, se deben proyectar flujos de fondos que comparen la situación con y sin proyecto. El objetivo es determinar el atractivo de una inversión determinada mediante la estimación del rendimiento del capital invertido, siguiendo el principio de flujos de fondos actualizados. En inversiones ganaderas, la base de la proyección de los flujos de fondos es la proyección del número de cabezas en el horizonte de análisis. Para realizar esta compleja proyección del rebaño se aplican coeficientes técnicos (Gittinger, 1989).

McConnell y Dilllon (1997) plantean que “Un sistema agrícola es un conjunto de componentes que están unidos por alguna forma de interacción e interdependencia y que operan dentro de un límite prescrito para lograr un objetivo agrícola específico en nombre de los beneficiarios del sistema”. Desde un punto de vista práctico de producción, administración y gestión, “toda la agricultura” puede considerarse como un conjunto de sistemas.

Candelaria Martínez et al. (2011), refieren que “Un modelo es la representación simplificada de un sistema, donde se describen las variables dependientes e independientes de interés, características y restricciones, mediante símbolos, diagramas y ecuaciones.

Los aspectos considerados muestran la importancia del diseño de modelos que representen de la mejor manera a los sistemas ganaderos seleccionados para la elaboración de los planes de explotación y flujos de fondos de la EAP. El objetivo del presente documento es contribuir con una revisión y análisis de la literatura que refleja el progreso respecto a la importancia del uso de los modelos ganaderos en la planificación y evaluación de actividades ganaderas y los parámetros productivos que se deben considerar para una adecuada estructuración de los mismos.

Sistemas y modelos ganaderos

El enfoque sistémico estudia los problemas en forma global, a diferencia del enfoque analítico que lo hace en partes. Un sistema es una parte limitada de la realidad que contiene elementos interrelacionados. Es una entidad que existe y opera en un tiempo y en un espacio dado y depende de la interacción entre sus componentes, lo que le permite realizar procesos que dan la razón de ser al propio sistema, según sea su naturaleza o propósito (IICA, 2015). Estos componentes interactúan entre sí y con su entorno para determinar el comportamiento general del sistema (Jones, 2017).

El sistema se puede organizar desde el nivel de tejido descendiendo hasta la célula, el orgánulo y la molécula, y también puede subir a los niveles de órganos, organismos

y rebaños, simulando eventualmente una granja completa o incluso una región entera (Kebreab, 2019). Esta es una forma de jerarquización donde el investigador o el tomador de decisiones elige posicionarse; por encima del mismo hablamos de suprasistemas, por debajo de subsistemas.

Podemos decir que un sistema de producción es una forma de percibir y analizar la realidad como una combinación de componentes y métodos de producción que pueden ser aislados del resto y tienen un propósito común que le da entidad y soporte. Esto implica que los componentes operen unidos y que reaccionen como un todo frente a determinados estímulos (Dillon, 1976). Para que un conjunto de objetos pueda actuar como un sistema, tienen que existir relaciones o conexiones de alguna forma u otra entre las partes individuales que constituyen el sistema (Wadsworth, 1997).

Pamio (2010) expresa que “la complejidad de los agrosistemas de producción es la resultante de un conjunto de interrelaciones de fuerzas naturales que, a su vez, están reguladas por otros factores, naturales o culturales (hombre), que le imprimen su característica dinámica”. La empresa agropecuaria¹ es el nivel central y principal de los agrosistemas y representa un tipo particular de sistema socio-económico. Posee ciertas características particulares derivadas especialmente de los subsistemas biológicos, de las tecnologías de producción específicas y del supersistema ecológico en el cual se sustenta. Las empresas agropecuarias son subsistemas de sistemas económicos de mayor complejidad, tales como el sistema agroindustrial o las economías regional, nacional y mundial (Grenón, 1994).

Aunque es útil estudiar los sistemas agrícolas en la naturaleza utilizando datos recopilados que caracterizan cómo se comporta un sistema en particular bajo circunstancias específicas, es imposible o poco práctico hacerlo en muchas situaciones (Jones, 2017). En consecuencia, los sistemas se estudian construyendo modelos que expliquen su funcionamiento. Los modelos son representaciones simplificadas de la realidad que permiten observar situaciones o relaciones entre sus componentes de forma concisa, eficiente y efectiva (IICA, 2015).

Todo modelo tiene limitaciones con respecto al sistema que trata de representar, dado que no puede tomar ni simular cada detalle del original (IICA, 2015). Un mismo sistema puede ser representado por distintos modelos según sean: el aspecto de ese sistema que se quiere estudiar; los fines que se pretenda obtener con dicho estudio o la perspectiva desde la que se desea enfocar el sistema (Méndez Acosta, 2012). Hay diversos tipos de modelos en uso y difieren entre ellos según el propósito que se persiga (Wadsworth, 1997). Desde los más básicos como pueden ser un bosquejo o un diagrama de flujo, hasta los más complejos como los modelos matemáticos. Pueden ser descriptivos, en los que se representan solamente los componentes del sistema, o de simulación donde se trata de imitar el funcionamiento del sistema, obteniéndose resultados predictivos (Candelaria Martínez, 2011).

Los sistemas de producción animal son complejos. Para mejorar la eficiencia de los sistemas, es necesario comprender cómo interactúan en la práctica la biología, el medio ambiente y la gestión. Los modelos matemáticos permiten el análisis cuantitativo y la integración de datos para describir estas interacciones y el comportamiento del sistema (McKnight, 2019).

1 En nuestro caso EAPs.

Los modelos de decisión en la empresa agropecuaria son representaciones matemáticas de una actividad o del conjunto de actividades de la explotación agropecuaria, que siguen un método, un orden, una estructura, y donde deben quedar plasmados los objetivos, y la participación de los factores o variables independientes, los procedimientos y procesos. Estos modelos matemáticos tienen la ventaja que pueden ser modificados en sus elementos, variables y parámetros, para probar diferentes alternativas, aspecto que se denomina simulación.

Entre los modelos de simulación se diferencian por un lado aquellos simuladores biofísicos, los cuales suelen ser relativamente complejos y motivados desde la investigación y destinados al estudio mayormente estratégico de tecnologías u opciones productivas, y por otro aquellas herramientas más simples y de uso más directo como apoyo a la toma de decisiones específicas (Machado y Berger, 2012). En la literatura sobre sistemas agropecuarios se destaca la importancia del uso de modelación para identificar senderos tecnológicos alternativos basados en la adopción de tecnologías o nuevas prácticas para mejorar la productividad, rentabilidad y gestión ambiental de sistemas pastoriles (Fernández Rosso, 2018).

Los modelos matemáticos más utilizados en el sector agropecuario se desarrollan inicialmente en un formato determinístico, lo que implica condiciones de certeza y la utilización de parámetros. Un parámetro es un valor que distingue un sistema de otro (Bordóns, 2001). En los modelos determinísticos un parámetro es un valor que permanece constante² a lo largo del período de tiempo de formulación del plan de explotación agropecuario, y son los valores que toman los índices técnicos utilizados en el diseño de las actividades que lo componen. En algunos casos se utilizan modelos de decisión estocásticos donde los índices son variables que presentan una determinada distribución de probabilidad³.

La mayoría de los modelos de producción animal actuales son deterministas y predicen el resultado para un animal que representa la media de un grupo de animales similares, en lugar de ser estocástico cuando se predice un rango de posibles resultados que representan la variabilidad natural (Black, 2014).

En forma general, la modelización y la simulación se deben considerar como una técnica que permite visualizar escenarios diferentes de un sistema con un rango de precisión cercano al valor real. En ambos casos debe permitir el análisis y la toma de decisiones sobre el comportamiento presente y futuro del sistema, con base en información obtenida en sistemas reales. (León Velarde, et al, 1997).

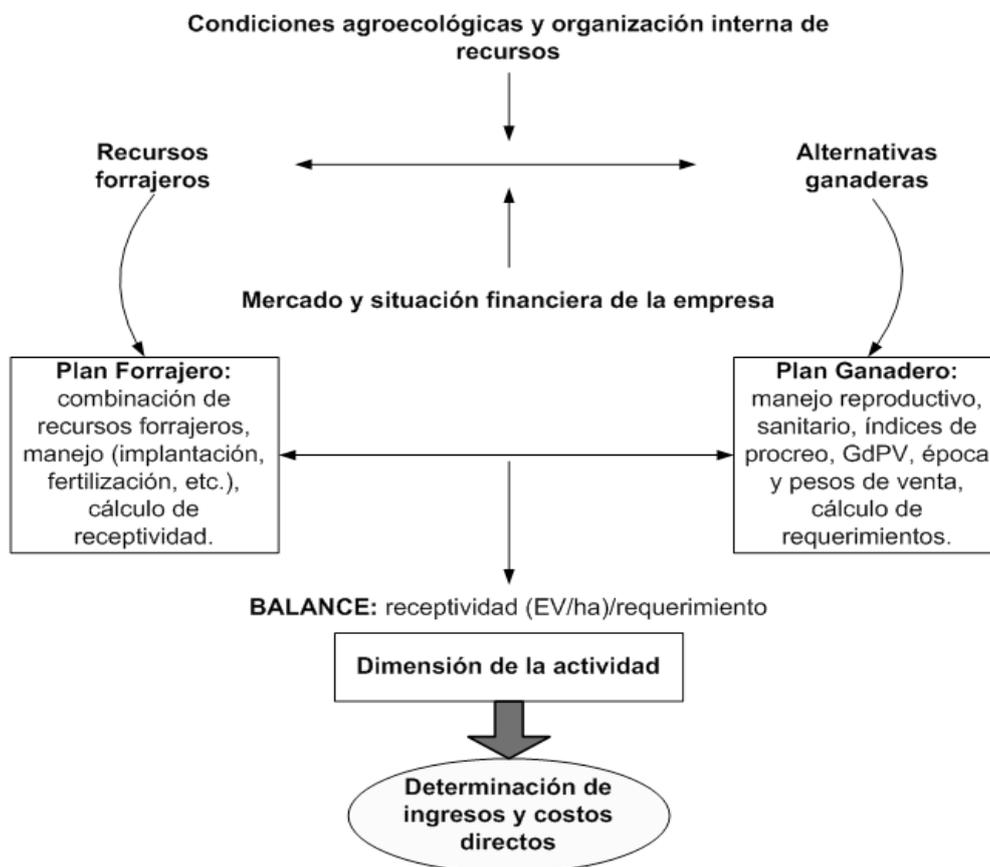
Es necesario hacer una descripción del modelo, que consiste en una conceptualización verbal concisa, precisa y concreta (Méndez Acosta, 2012). Para ello se deben identificar

2 Concepto tomado desde el punto de vista estadístico: parámetros, medidas sintetizadas para una población (Levine, D. et al. 2012). Existen otras acepciones de parámetro: la Real Academia Española lo define en forma general como dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación. En matemáticas, un parámetro es una variable que, en una familia de elementos, sirve para identificar cada uno de ellos mediante su valor numérico (RAE, 2020).

3 Los modelos de simulación también pueden clasificarse como deterministas o estocásticos. Los primeros se caracterizan porque las entidades que los integran se relacionan entre sí con base en una lógica constante, es decir, no son aleatorias ni dependen de la probabilidad. En el caso de los estocásticos, se trata de modelos en los cuales al menos una parte del proceso de simulación tiene una naturaleza casual, dependiente del azar. En el ámbito de las matemáticas, este concepto se emplea para referirse a los procesos cuya evolución en el tiempo también es aleatoria. (Modelos de simulación y herramientas de modelaje: elementos conceptuales y sistematización de herramientas para apoyar el análisis de impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre las actividades agrícolas. IICA 2015).

todos los elementos que configuran el sistema y sus relaciones, que deben ser definidos de una forma clara y precisa. Esta conceptualización o caracterización es la que permitirá armar el modelo matemático, y para ello se utilizan inicialmente modelos cualitativos en base a diagramas, flujogramas, etc.; luego en base a estos se utilizan modelos matemáticos (figura1).

Figura N° 1: Modelo general para estimar el MB Ganadero



Fuente: Ghida Daza, C. 2009.

Las decisiones de manejo dentro de la producción ganadera pueden considerarse como dos circuitos de retroalimentación intercalados. El primer ciclo de retroalimentación es entre el animal y el medio ambiente: el animal está influenciado por su entorno y, a su vez, influye en su entorno. El segundo ciclo de retroalimentación es entre el animal y el administrador: el administrador toma información sobre el comportamiento del animal e intenta influir en el medio ambiente para optimizar el rendimiento del animal (Liebe, 2019).

En el diseño de los sistemas ganaderos, los recursos forrajeros y las alternativas ganaderas van a estar restringidas por un lado por las condiciones agroecológicas y la organización interna del establecimiento, y por otro, con aspectos relacionados con los mercados, el precio de los productos, los canales de comercialización, el momento de compra y de venta, la relación insumo – producto y la situación financiera de la empresa (Ghida Daza, 2009). Con estas restricciones se debe determinar el tipo de producto, la combinación de recursos que cubrirán los requerimientos de las diferentes categorías

y estados fisiológicos del ganado (la cadena forrajera de pasturas y verdeos, concentrados, etc.), la receptividad de cada recurso, y el manejo reproductivo, sanitario y del pastoreo. Para pasar del modelo cualitativo al matemático hay que incorporar los índices de eficiencia a alcanzar (índices de procreo, ganancia de peso, mortandad, etc.). Del análisis de las disponibilidades y requerimientos se estima la dimensión de la actividad, así como sus ingresos y costos.

Valor y limitaciones de los modelos para la toma de decisiones

Los modelos ganaderos que están diseñados para predecir el rendimiento de rebaños o animales; deben tener en cuenta el clima, el manejo del rebaño, las fuentes de alimentación y las razas. A nivel de granja, deben incluir respuestas biofísicas de cultivos y ganado, así como cuestiones socioeconómicas, ambientales, de políticas y comerciales (Jones, 2017).

Aunque la aplicación de la simulación como elemento de soporte de investigación es ampliamente aceptada, su contribución a la toma de decisión es un tema de mayor controversia (Machado y Berger, 2012). Balestri et al. (2001), en una encuesta realizada en el año 1995 a productores del norte de la provincia de La Pampa, indican que la mayoría no sistematizaban la información de su empresa, carecían de hábito planificador y tomaban sus decisiones principalmente basados en la experiencia, concordando con las opiniones de técnicos, investigadores y dirigentes empresariales.

Si bien muchos modelos han sido de gran valor para analizar aspectos específicos de las empresas agropecuarias, su adopción en general ha sido menor a la anticipada por los desarrolladores y no han sido muy utilizados para la toma de decisiones cotidianas. Incluso aquellos modelos animales que se desarrollaron en consulta con los usuarios finales e incluyen software integrado de formulación de dietas, optimización de ganancias, predicciones de flujo de efectivo y sistemas expertos para interpretar los resultados, generalmente no se usan de manera consistente para la toma de decisiones empresariales. (Black, 2014).

Los modelos más exitosos han sido aquellos utilizados en decisiones comerciales, como es el caso del software de formulación de raciones en la producción intensiva de animales. Esto se debe a que en la formulación de raciones por mínimo costo, los alimentos constitutivos de la ración deben combinarse de manera tal de cumplir una serie de requisitos nutricionales, procurando que sea del menor costo posible; y esta fórmula cambia con el cambio de los precios relativos de los ingredientes (Gutiérrez, 2002).

Pocos son los modelos utilizados para la toma de decisiones cotidianas en la EAP, en parte debido a su complejidad, pero se prevé una mayor utilización en el futuro, cuando se incorporen a sistemas de ganadería de precisión, se ejecuten en tiempo real para animales individuales y se utilicen para controlar electrónicamente las operaciones dentro de una empresa (Black, 2014).

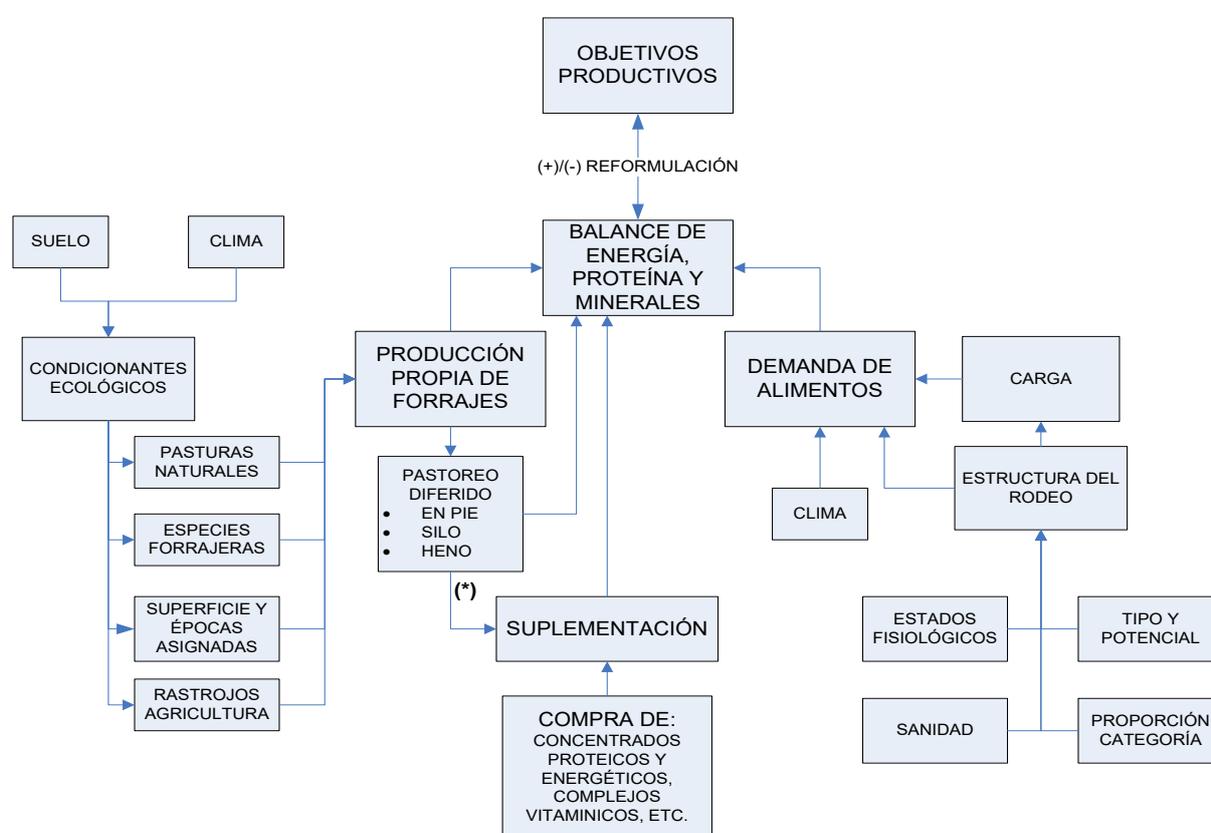
Machado y Berger (2012) consideran que el diseño y desarrollo de los sistemas de soporte a la toma de decisiones específicos que ofrezcan una solución tecnológica eficiente en costo y preferencias del usuario sumado a un buen mantenimiento y soporte técnico, podrían tener una buena oportunidad de contribuir a una ganadería nacional de precisión, potenciando las capacidades de los distintos actores.

Conceptualización de modelos ganaderos

En un sistema de explotación agropecuaria, la actividad ganadera puede ser un subsistema único o estar combinado con otro agrario. Engloba al conjunto de instalaciones y técnicas que permiten la obtención de productos de origen animal en condiciones compatibles con el objetivo del ganadero y en el marco de las restricciones y limitaciones propias de cada explotación (Ruiz, 2001).

El diseño de un modelo de un sistema ganadero pastoril consiste en ajustar la oferta forrajera de la EAP a una demanda que se determina a través de los parámetros técnico-productivos de los rodeos (Zhender, 1992). De esta forma se conforman dos ejes: la producción de forrajes y la demanda de alimentos (figura 2).

Figura Nº 2: Conceptualización de un modelo ganadero



(*) Los forrajes conservados se usan principalmente para cubrir deficiencias estacionales en la cantidad de forraje disponible. También pueden ser destinados a corregir desbalances en la calidad del forraje base, principalmente deficiencias en el contenido de MS y fibras de los verdeos en su primer pastoreo o de las pasturas perennes en otoño.

Fuente: Elaboración propia en base a Norero, A. y Pilatti, M. Enfoques de sistemas y modelos agronómicos, 2002.

Ferrán et al. (2020), plantean que la conceptualización de los componentes de un modelo ganadero es una actividad compleja. Y que esto se debe a que el proceso de producción

implica en algunos casos la existencia de actividades intermedias como la implantación de pasturas, verdes, suplementación, etc.; que deben balancearse con las necesidades nutricionales de las diferentes categorías y estados fisiológicos del rodeo. Todo esto implica un alto número de variables, innumerables interacciones, dinámicas de largo plazo y alto grado de exposición de influencias del ambiente (Romera et al., 2011).

Como vimos los sistemas presentan estructuras jerárquicas en las que cada sistema es a la vez un subsistema de un sistema mayor (Von Bertalanffy, 1969). De la misma manera un modelo puede ser un submodelo de un modelo mayor. Para construir un modelo de explotación completa pastoril, se requieren submodelos que representen el suelo, la pastura, el animal y sus interacciones (Romera et al., 2011). Cuando el submodelo se refiere a grupos de animales se habla de rodeos. En el caso del submodelo rodeo, la conceptualización permite establecer: a) la cantidad de animales por categorías y por época; b) el estado productivo o reproductivo de cada categoría (para las vacas de cría: períodos de gestación, lactación, destete, vacías, vaquillonas de reposición; para los novillitos y novillos peso y ganancia de peso); c) el impacto del clima sobre el comportamiento productivo de los animales; y d) la influencia de probables enfermedades y el impacto del estado sanitario del rodeo sobre la producción. Ponssa et al. (2009), establecen que la modelización del sistema se constituye en una herramienta adecuada para captar y procesar la complejidad permitiendo el análisis de diversas situaciones con el fin de orientar la toma de decisión por parte del productor.

El rodeo vacuno presenta un comportamiento muy dinámico, especialmente el componente cría. La cría vacuna se encuentra fundamentalmente determinada por un flujo de animales que actúa como eje central de un proceso integrado por diversos flujos (pasto, alimentación, insumos, servicios, etc.) donde el flujo de animales es dinámico, ya que no sólo se va modificando cuantitativamente (cantidad de animales) sino también cualitativamente (categoría de animales, situación metabólica de los mismos, requerimientos nutricionales, etc.) (Ponssa et al., 2014).

A continuación, se presenta una propuesta de formato para caracterizar los componentes técnicos y productivos del submodelo rodeo en modelos ganaderos de ciclo completo.

Caracterización de los rodeos en modelos de ciclo completo

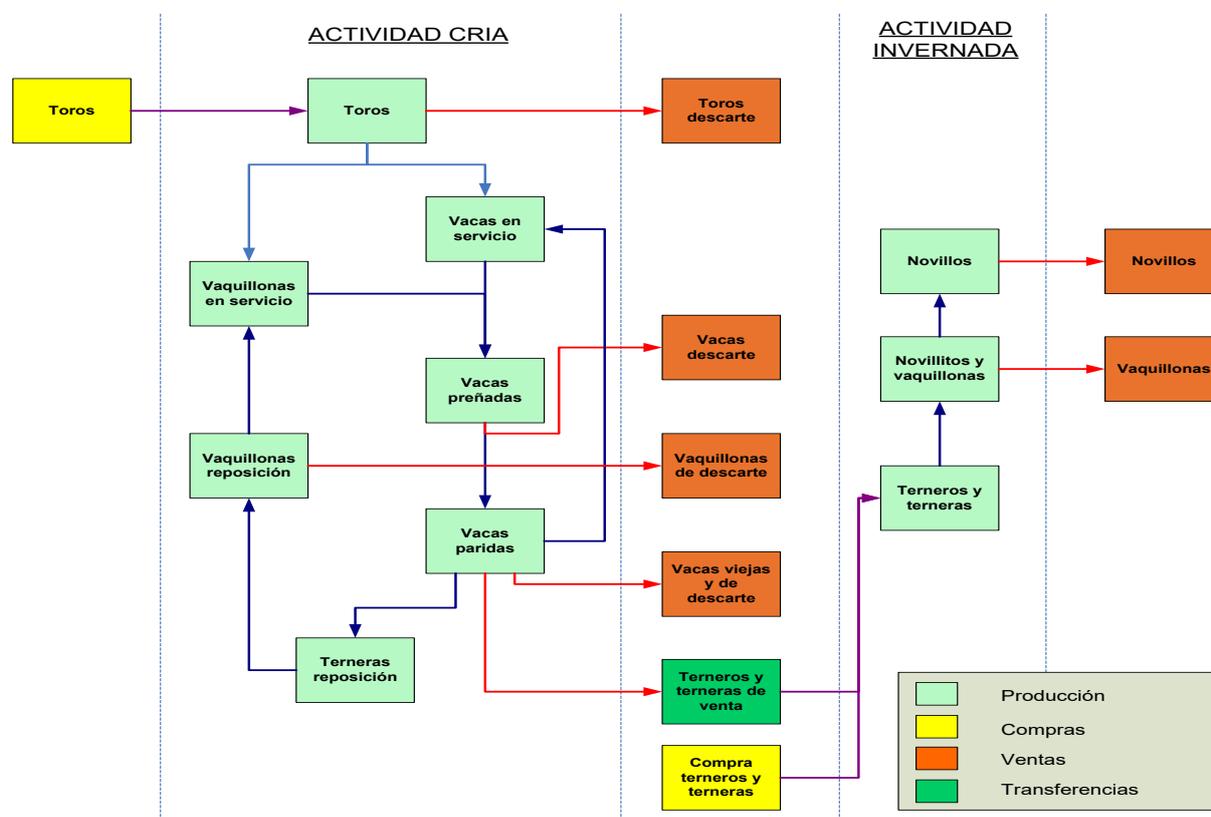
Cuando se analiza la estructura de un rodeo de cría de ganado bovino resulta necesario considerar el ciclo productivo de la vaca a lo largo de su vida útil, y el ciclo productivo del rodeo a lo largo del año (Pordomingo et al., 2019). Estos se definen como modelos de unidad animal y de rodeo. Los primeros permiten la simulación diaria de cada animal en un rodeo considerando el ciclo productivo de vida animal con base en los requerimientos nutricionales para crecimiento, reproducción, genética y sanidad, bajo situaciones particulares de decisiones de manejo, tales como edad al servicio, días al apareamiento, número de servicios, descarte por selección según criterios de edad y reproducción. El modelo o submodelo de rodeo considera grupos de animales por categoría manejados en forma secuencial incluyendo los procesos antes mencionados (León Velarde et al., 1997). En este trabajo, la caracterización se hará para modelos de rodeos.

Como se dijo, conviene representar la estructura en una primera instancia mediante un modelo cualitativo. La figura 3, muestra un diagrama de flujo que es un método para describir en forma gráfica un proceso existente mediante la utilización de símbolos, líneas

y palabras simples, mostrando las actividades y su secuencia, de forma de que sean fácilmente comprensibles y útiles (Cerde, et al. 2003). En la figura 3 se representa un modelo cualitativo que describe el ciclo productivo de un sistema ganadero de ciclo completo. No es más que uno de los tantos sistemas ganaderos de ciclo completo posibles. Empezar con un diagrama de estas características, ayuda a la conceptualización del modelo; a la identificación de todos los elementos que configuran el sistema, sus relaciones y destinos.

Esta conceptualización también debe ser verbal concisa, precisa y concreta. Por ello a continuación se describen los parámetros que se deben tener en cuenta para la realización de esta acción en base a diversos autores (Gittinguer, 1989; Torroba, 1985; AACREA, 1990; Colombo et al., 2007; Carrillo, 1999; Cocimano et al., 1996; Miragem et al., 1985; Santinelli et al., 1982 y Vernet, 2004). El termino parámetro tiene dos acepciones, una matemática ya citada y una general. Para la real academia española (RAE), un parámetro es un dato o factor que se toma como necesario para analizar o valorar una situación.

Figura Nº 3: Diagrama del ciclo reproductivo y productivo de un sistema ganadero de ciclo completo



Fuente: Elaboración propia.

Parámetros del rodeo reproductivo:

1. Origen de los reproductores: Se debe explicitar la forma de reposición de los toros y vientres (compra o reposición interna). La reposición de hembras se puede realizar por reposición interna, compra de vaquillonas para entorar o con preñez garantizada.

Es de preferencia la reposición interna debido principalmente a la seguridad sanitaria y al costo. En el caso de los machos es aconsejable adquirir reproductores provenientes de cabañas.

2. **Peso vivo de los reproductores:** Se debe tomar el peso promedio anual de las categorías involucradas para el cálculo de los requerimientos forrajeros.
3. **Vida útil de los reproductores:** Es un dato necesario para el cálculo de reposición de toros y vientres; en el caso de toros además es necesario para calcular la amortización. Es importante contar con información histórica de la empresa y de la zona para que los modelos sean lo más representativos posible.
4. **Características del servicio:** Debe determinarse el momento de iniciación, la duración y el porcentaje de toros a utilizar en servicio natural. Si se va a utilizar inseminación artificial a tiempo fijo (IATF), el porcentaje de toros es menor. El entore o servicio estacionado de no más de tres meses de duración es una de las herramientas fundamentales para aumentar la eficiencia del rodeo de cría y debe coincidir con el momento de mayor oferta forrajera (para cubrir adecuadamente los requerimientos de la etapa post parto – servicio, lograr el estado nutricional adecuado de la vaca para que entre en celo y quede preñada). En vaquillonas existe la posibilidad del entore a los 15, 20, 22 y 24 meses de edad. Este es conveniente realizarlo uno o dos meses antes del servicio de las vacas. En el caso de entore a los 15 meses solo puede ser utilizado por establecimientos estabilizados y sujetos a manejo racional por que puede generar daño al futuro vientre. En este caso las vaquillonas deben llegar a un peso mínimo al entore de 260 kg en razas británicas. Cada tipo de entore tiene sus ventajas y desventajas que deben tenerse en cuenta en la planificación.
5. **Eficiencia reproductiva:** Los índices a tener en cuenta para caracterizar la eficiencia reproductiva del rodeo, son el porcentaje preñez, el porcentaje de parición, el porcentaje de mortandad de terneros y como consecuencia de este, el porcentaje de destete. Estos índices interesan a los efectos de calcular el refugo. En un planteo eficiente se dejan solamente las vacas que han parido y criado un ternero.
6. **Característica de la parición:** Debe describirse la distribución de la misma a lo largo del período de parición para una mejor determinación de los requerimientos animales y de la posterior distribución del destete.
7. **Momento de diagnóstico de preñez:** La fecha de diagnóstico de preñez debe precisarse ya que determina uno de los momentos de rechazo y selección de vientres. Para poder detectar todas las preñeces, si es por tacto se puede realizar entre los 45 y 60 días de retirados los toros del servicio. Cuando se usa ultrasonografía se pueden detectar preñeces a los 30.
8. **Características del destete:** Tipos de destete, precoz, adelantado o convencional. Deben determinarse el momento de inicio, la distribución, el peso vivo y el destino de los terneros.
9. **Manejo nutricional:** Debe puntualizarse si se van a efectuar suplementaciones en momentos de menores o mayores requerimientos (Ej: suplementación preparto, etc.).
10. **Criterios de rechazo de vientres:** Los criterios y el momento en que se produce el rechazo de las diferentes categorías de vientres a venta o rodeo de engorde determina la cantidad de vientres a vender, reponer o engordar. Los criterios de refugo reproductivo tienden a la eliminación de aquellos vientres que no reúnen las condiciones de

fertilidad óptima que permiten a cada vaca, con niveles adecuados de alimentación y sanidad, producir un ternero por año. Además, toda vaca vacía debe retirarse del campo antes del invierno. El primer descarte se realiza por diagnóstico negativo de preñez al tacto rectal. El segundo descarte se realiza antes del servicio a todas aquellas vacas que al finalizar la parición no presenten ternero al pie, a pesar de haberse detectado como preñadas. Previo al entore se realiza la segunda selección de vaquillonas, descartando aquellas que presenten anomalías funcionales o anatómicas que permitan presumir infertilidad (infantilismo, hipoplasia ovárica, etc.). Finalmente se deben considerar el refugio por edad, descartando las vacas de cuarto de diente. En los casos pertinentes se debe tener en cuenta los criterios sanitarios y genéticos del refugio.

11. Mortandad: Los valores de mortandad afectan a la composición de las ventas como al dimensionamiento de la reposición. Como en todos los casos esta información proviene de registros internos o datos zonales.
12. Cálculo de reposición necesaria: Para mantener el rodeo con un número más o menos estable de vientres hay que reponer todos los animales dados de baja y los muertos. En la tabla siguiente se presenta el cálculo del caso en dos formatos de refugio reproductivo al que se le debe agregar la mortandad.

Tabla Nº 1: Cuadro comparativo de dos metodologías para determinar el refugio del rodeo

SEGÚN CARRILLO

Categoría	Rango (%)	Valor porcentual medio (%)
Vacas vacías	4 - 10	5
Vacas diagnosticadas preñadas sin parición	1 - 2	1
Vacas abortadas	1 - 4	2
Vacas viejas	10	10
Total reposición		18

SEGÚN PLANEAMIENTO AGROPECUARIO II (SIMPLIFICADO)

Categoría	Porcentaje (%)	Valor acumulado (%)
Vacas viejas sin cría	2	
Vacas viejas con cría (CUT)	8	Vacas viejas 10
Vacas nuevas vacías	6	
Vacas abortadas	2	Vacas vacías 8
Total reposición	18	18

Fuente: Carrillo, J. 1999. Manejo de un rodeo de cría. Santinelli, J. M. et al. 1982. Planeamiento agropecuario II.

Parámetros del rodeo de recría:

1. **Peso de entrada:** Se considera el peso de destete como el peso de entrada del rodeo de recría.
2. **Momento de entrada:** Las terneras de recría se incorporan al destete como vaquillonas de primer año. Los terneros machos en un ciclo completo se incorporan a la recría como novillitos o se pueden vender directamente al destete.
3. **Peso y edad de entore:** Deberá fijarse el peso y edad de entore deseada. Ver punto 4 de parámetros del rodeo reproductivo.
4. **Aumento diario promedio de peso y duración de la recría:** En función del peso al destete, peso y edad de entore determinados, se deberá fijar la duración de la recría y los aumentos de peso por categoría y épocas consideradas.
5. **Selección de las hembras para reposición:** La necesidad de reposición de vientres, los programas de crecimiento del rodeo de cría, la evolución de la recría y los programas de mejoramiento genético, son parte de los criterios de selección. Pueden presentarse tres momentos para aplicar estos criterios. Al destete. Durante la recría. Antes de servicio.

Parámetros del rodeo de engorde:

1. **Categoría, origen y peso de entrada:** Para cada categoría originada en el rodeo reproductivo o el de recría deberá consignarse el momento y peso de entrada.
2. **Peso y momento de salida:** Para las categorías de engorde se deberá fijar el peso de venta (salida) y el momento de realización de esta.

Duración y ritmo de engorde: En función de las decisiones sobre peso y momento de venta, se deberá determinar la duración y aumento de peso diario para cada categoría según época.

CONCLUSIONES

El modelado de los sistemas agropecuarios y en especial los sistemas ganaderos permite analizar un problema complejo como es el ciclo biológico productivo, y producir información que ayude a tomar decisiones racionales. Si bien su uso no se ha generalizado en las EAPs, el avance de las tecnologías de información y comunicaciones (TICs), permitirá el diseño y desarrollo de sistemas de soporte a la toma de decisiones (decisions support system, DSS) específicos que ofrezcan soluciones eficientes, ágiles y de fácil uso. La generalización del uso de estos DSS, podrían ser herramientas que contribuyan en forma significativa al desarrollo de una ganadería nacional de precisión.

Aumentar los índices productivos en las EAPs, implica disponer de suficiente información para permitir revelar los problemas de sus rodeos, identificar las posibles alternativas de solución, planificar las mejoras y cambios, y fundamentalmente controlar el desempeño para verificar el acierto de las decisiones tomadas. Para poder realizar una buena

planificación y en consecuencia un mejor control de los sistemas productivos ganaderos es necesario realizar la conceptualización, caracterización y parametrización de los rodeos. En este sentido, en el presente texto se desarrolla una propuesta para caracterizar los componentes técnicos y productivos en base al material bibliográfico disponible y la experiencia de los autores.

BIBLIOGRAFÍA

- AACREA. 1990. *Normas para medir los resultados económicos en las empresas agropecuarias*. Convenio AACREA - BANCO RÍO. Buenos Aires. Argentina, p. 80.
- Balestri, L.; Ferrán, A.; Giorgis, A.; Saravia, C.; Larrea, A.; Castaldo, A.; Poma, K.; Pariani, A. 2001. *La toma de decisiones en las empresas agropecuarias del norte de la provincia de La Pampa*. Revista Ciencia Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLPam. Vol 3 N° 1: p. 113 – 129
- Black J. 2014. *Brief history and future of animal simulation models for science and application*. Animal Production Science 54, Págs. 1883-1895. <https://doi.org/10.1071/AN14650>
- Bordóns Alba, C.; Arahal, M; Limón Marruedo, D. 2001. *Teoría de sistemas*. Departamento de ingeniería de sistemas y automática. Universidad de Sevilla. España.
- Candelaria Martínez, B., Ruiz Rosado, O., Gallardo López, F., Pérez Hernández, P., Martínez Becerra, Á., y Vargas Villamil, L. (2011). *Aplicación de modelos de simulación en el estudio y planificación de la agricultura, una revisión*. Tropical and subtropical agroecosystems, 14(3), 999-1010.
- Carrillo, J. 1999. *Manejo de un rodeo de cría*. Editorial Hemisferio Sur. 6º reimpresión. Argentina.
- Cerda, R.; Chadía, A. y Fáundez, M. 2003. Gestión de operaciones en empresas agropecuarias, Tópico III. Universidad de Concepción. En: *Fundamentos en Gestión para Productores Agropecuarios: Tópicos y estudios de casos consensuados por universidades chilenas*. Editado y producido por el Programa Gestión Agropecuaria. Fundación Chile. Chile. Pp 145 – 209.
- Cocimano, M.; Lange, A.; Mevielle, E. ; Lopez, M.. 1996. *Equivalencias ganaderas*. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). Argentina.
- Colombo, F., Olivero Vila, J., Zorroaquin, T. 2007. *Normas de gestión Agropecuaria*. 1º ed. Asociación Argentina de Consorcios de Experimentación Agrícola. (AACREA). Editorial Temas. Argentina.
- Dillon, J. 1976. *The economics of systems research*. Agricultural Systems. Volume 1: p. 15-22.
- FAO. 1998. *Censos Agropecuarios y Género - Conceptos y Metodología*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Consultado el 18/04/2020. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/004/x2919s/x2919s00.htm#Contents>
- Fernández Rosso, C.; Lauric, A.; De Leo, G.A; Bilotto, F.; Torres Carbonell, C.; Machado, C. 2018. *Modelación productiva, económica y emisión de metano en sistemas de cría vacuna de Bahía Blanca y Coronel Rosales*. RIA. Revista de investigaciones agropecuarias. Vol. 44, N° 2, p. 129-135.
- Ferrán, A.; Giorgis, O.; Castaldo, A. 2020. *Planeamiento y control en la empresa ganadera*. EdUNLPam. Santa Rosa. Argentina.
- Ghida Daza, C. 2009. *Indicadores económicos para la gestión de empresas agropecuarias. Bases metodológicas*. INTA. Argentina. (Consultado el 05/04/2020) Disponible en: <https://inta.gob.ar/documentos/bases-metodologicas-de-indicadores-economicos-en-empresas-agropecuarias>
- Gittinger J. Price. 1989. *Análisis económico de proyectos agrícolas*. Ed. Tecnos. España.
- Grenón, D. 1994. *Agromática: Aplicaciones informáticas en la empresa agropecuaria*. PNATTI, Secretaría de Ciencia y Tecnología, Presidencia de la Nación, Buenos Aires. Argentina.

- Gutiérrez, R.; Ferrán, A.; Pechín, G. 2002. *Herramienta para la formulación de raciones para cerdos por mínimo costo*. Revista Ciencia Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias. UNLPam. Vol 4 N° 1. Pp. 49 – 56.
- IICA. 2015. *Modelos de simulación y herramientas de modelaje: elementos conceptuales y sistematización de herramientas para apoyar el análisis de impactos de la variabilidad y el cambio climático sobre las actividades agrícolas*. Unión Europea, IICA. San José. Costa Rica. (consultado el 01/05/2020) Disponible en: <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/3045/BVE17068957e.pdf;jsessionid=78883566701CE6D24EC3A520A0304F7D?sequence=1>
- INDEC. *Documento conceptual del Censo Nacional Agropecuario, CNA 2018*. Argentina. 2018. (Consultado el 15/03/2020). Disponible en: <https://cna2018.indec.gob.ar/documentos.html>
- Kebreab, E.; Reed, K; Cabrera, V.; Vadas, P.; Thoma, G.; Tricarico, et al. 2019. *A new modeling environment for integrated dairy system management*. Animal Frontiers, Volume 9, Issue 2: Pages 25–32. <https://doi.org/10.1093/af/vfz004>
- León-Velarde, C.; Arce, B. y Quiroz, R. 1997. Modelación de sistemas de producción de leche: Descripción de sus componentes e interacciones para el diseño de modelos de simulación. En: *Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Lascano, C.y Holmann, F. Centro Internacional de Agricultura Tropical; Consorcio Tropic leche. Cali Colombia. Pp. 95 – 116.
- Levine, D.; Krehbiel, T; Brerenson, M. 2012. *Estadística descriptiva*. Pearson Educación. México.
- Liebe, D; White, R. 2019. *Analytics in sustainable precision animal nutrition*. Animal Frontiers, Volume 9, Issue 2, Pages 16–24, <https://doi.org/10.1093/af/vfz003>
- Jones J.; Antle J.; Basso B; et al. 2017. *Brief history of agricultural systems modeling*. Agricultural Systems. 155. Pp. 240–254. doi:10.1016/j.agsy.2016.05.014
- Machado, C.; Berger, H. 2012. *Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne*. Revista Argentina de Producción Animal, 32, Pp. 87–105.
- McConnell, D y Dilllon, J. 1997. *Farm Management for Asia: a Systems Approach*. (FAO Farm Systems Management Series - 13). Department of Agricultural and Resource Economics. University of New England. Armidale, New South Wales. Australia. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). Roma
- McKnight, L.; Ibeagha-Awemu, E. 2019. *Modeling of livestock systems to enhance efficiency*. Animal Frontiers, Volume 9, Issue 2, Pages 3–5, <https://doi.org/10.1093/af/vfz011>
- Méndez Acosta, C. 2012. *El modo simple de tomar decisiones complejas: dinámica de sistema y pensamiento sistémico*. Hemisferio Sur. Argentina.
- Miragem, S.; Pietra, E.; Fuentes, N.; Nadal, F.; Porteiro, J.; Sánchez, B. & Vásquez Platero, R. 1985. *Guía para la elaboración de proyectos de desarrollo agropecuario*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1ª Ed. 2ª reimpresión. Costa Rica.
- Norero, A.; Pilatti, M. 2002. *Enfoque de sistemas y modelos agronómicos*. Universidad Nacional del Litoral, Centro de Publicaciones. Esperanza. Argentina.
- Pamio, J. (Coordinador). 2010. *Fundamentos de producción ganadera*. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires.
- Ponssa, E. M. C. F., Machado, C. F., Mangudo, P. A., Arroqui, M., Ottonello, A., & Marcos, C. A. 2009. *Desarrollo de un sistema de la dinámica de rodeo de cría bovina y de los recursos de alimentación para su*

- aplicación a la planificación productiva y económica*. Congreso Argentino de AgroInformática (CAI 2009) Mar del Plata. Pp. 45-53
- Ponssa, E.; Rodríguez, G.; Manzi, N.; Sánchez Abrego, D.; Ferro, E. 2014. *Dinámica de rodeo e indicadores para el análisis del sistema de cría bovina*. Asociación Argentina de Economía Agraria. Consultado el 24/05/2020. Pp. 1 – 21.
- Disponible en: http://www.aaea.com.ar/_upload/files/publicaciones/133_2017011113105_T12.pdf
- Pordomingo, E.; Paturlane, E. Márquez, M. 2019. *Control de gestión en sistemas pastoriles de producción de carne bovina en la pampa semiárida*. Revista Perspectivas de las Ciencias Económicas y Jurídicas, Vol. 9, N° 2 (julio-diciembre). FCEyJ (UNLPam). EdUNLPam. Pp. 125 – 144. Consultado 05/04/2020) Disponible en: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/perspectivas/article/view/4023/4191>
- Real Academia Española (RAE). (Consultado el 06/04/2020). Disponible en: <https://dle.rae.es/par%C3%A1metro>
- Red de Buenas Prácticas Agropecuarias (BPA). 2019. *Buenas prácticas ganaderas: Guía para la implementación en la producción de ganado vacuno de carne*. (Consultado 06/04/2020) Disponible en: <http://redbpa.org.ar/wp-content/uploads/2020/01/EP-BuenasPracticasGanaderas.pdf>
- Rodríguez Alcaide, J.J., García Martínez, A. y Martos Peinado, J. 1993. *Economía de la Empresa Agropecuaria*. Cátedra de Economía Agraria de la Universidad de Córdoba. España.
- Romera, A.; Gregorini, P.; Cangiano, C.; y Beaukes, P. 2011. Modelos de simulación en sistemas pastoriles de producción. Ejemplos y aplicaciones prácticas. En: *Producción animal en pastoreo*. Cangiano, C. & Brizuela M. 2º ed. Ediciones INTA. Buenos Aires. Pp. 459 – 475.
- Ruiz, R.; Oregui, L. 2001. *El enfoque sistémico en el análisis de la producción animal*. Investigación agraria. Producción y sanidad animales, ISSN 0213-5035, Vol. 16, N° 1, págs. 29-63
- Santinelli, J. M.; Alippe, H. A., Aranguren, J. M. D.; Collinet, J. C.; Fernandez, L. A.; De Laguarigue, D.; Lotti, A.; Paul, B. 1982. *Planeamiento agropecuario II*. Convenio: Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA), Banco de la Nación Argentina (BNA), Fundación Banco de la provincia de Buenos Aires (FBPBA). Argentina.
- Torroba, J. P. 1985. *Invernada*. Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA). Argentina.
- Vicién, C. La noción de función de producción. 2015. En: Vicién, C. *Notas sobre economía de la agricultura y las empresas agropecuarias y agroindustriales*. Orientación Gráfica Editora. 1º Ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Pp 77 - 90.
- Vernet, E. 2004. *Manual de consulta para cría vacuna*. Editor Emilio Vernet. Buenos Aires. Argentina.
- Von Bertalanffy, L. 1969. *General system theory*. George. Braziller. New York. USA.
- Wadsworth, J. 1997. *Análisis de sistemas de producción animal - Tomo 1: Bases conceptuales*. (Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 140/1) – Roma. Italia. (consultado el 05/04/2020). Disponible en: <http://www.fao.org/3/W7451S/W7451S00.htm#TOC>
- Zhender, R.; Schilder, E. 1992. *Programación de establecimientos ganaderos*. Publicación Misceláneas N° 64. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. INTA. Argentina.