

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/270577529>

# Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne. (Use of simulation models to assist to decision making in beef cattle systems)

Article · January 2012

CITATIONS

6

READS

366

2 authors:



[Claudio F. Machado](#)

Facultad de Ciencias Veterinarias (UNCPBA Tandil) [www.vet.unicen.edu.ar](http://www.vet.unicen.edu.ar)

86 PUBLICATIONS 282 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Horacio Berger](#)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

12 PUBLICATIONS 37 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Simugan [View project](#)



D-TEC 005/13 [View project](#)

## Uso de modelos de simulación para asistir decisiones en sistemas de producción de carne\*

*Use of simulation models to assist to decision making in beef cattle systems*

**Machado<sup>1</sup>, C.F. y Berger<sup>2</sup>, H.**

Facultad Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina.  
INTA Balcarce, CERBAS, Argentina.

---

### Resumen

En la experiencia internacional en el desarrollo de sistemas de soporte a la toma de la decisión (DSS en inglés), es recurrente la referencia que la naturaleza fuertemente "cualitativa e intuitiva" de las decisiones conspira con la adopción de dichos sistemas. Lo anterior motiva la fuerte recomendación de la bibliografía del tema de emplear "estrategias participativas" para el uso eficiente de simuladores complejos, y la aplicación de metodologías orientadas a usuario (UCD en inglés) para el desarrollo de DSS más específicos y acotados y por ende mejorar su usabilidad y adopción. En la sección I se hace una breve reseña de algunas connotaciones sobre el proceso de toma de decisión, y posteriormente en la sección II se menciona la evolución de los DSS y causas de su baja adopción. En la sección III, se consignan algunas consideraciones para mejorar la adopción de DSS y en la sección IV se describen dos experiencias propias de los dos tipos de modelos mencionados. La primera, sobre el desarrollo y aplicación de un simulador agropecuario biofísico (SIMUGAN), donde se muestran particularmente, las diferentes estrategias para favorecer los nexos a la investigación de campo y a asesores agropecuarios para el chequeo permanente de su pertinencia y confiabilidad. La segunda experiencia se orienta a la descripción de una herramienta específica de planificación forrajera, productiva y económica (Planificador Ganadero de cría 1.1.1 ®). Se describe el diseño y desarrollo, la estructura, lógica interna y la experiencia de su uso en un curso virtual de agronegocios del Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA). En la sección V se concluye sobre la importancia de la complementariedad de los enfoques participativos, por un lado con el objetivo de mejorar la comprensión y análisis y diseño de los sistemas en nexo a la investigación de campo incorporando diferentes visiones, y por el otro favorecer mayor disponibilidad nacional de herramientas "amigables" para diferentes tipos de decisiones en la ganadería vacuna.

**Palabras clave:** software, ambiente de aprendizaje, participativo, utilidad, usabilidad.

---

\*Conferencia presentada durante el 34º Congreso Argentino de Producción Animal - 1<sup>st</sup> Joint Meeting ASAS-AAPA. 4 al 7 de octubre de 2011, Mar del Plata, Argentina.

1- Facultad Ciencias Veterinarias, UNCPBA, Tandil, Argentina. Paraje Arroyo Seco, Campus Universitario, (7000) Tandil, Argentina. cmachado@vet.uncen.edu.ar

2. INTA Balcarce, CERBAS, Argentina. Ruta 226 km 73,5 (7620) Balcarce, Buenos Aires. Argentina.

## Summary

In the international experience in the development of decision support systems (DSS), it is frequently mentioned that the highly "qualitative and intuitive" nature of decisions is one of the causes of low adoption of such systems. Consequently, there is a strong recommendation to use participatory approaches in the development and use of complex biophysical simulators and the application of User Center Design methodology (UCD) for the development of more specific tools. In the section I, a brief review of decision making process is developed, and in section II a short evolution of DSS history is developed and some causes of their low adoption are mentioned. Literature recommendations to improve DSS adoption are consigned in section III, and in section IV two local experiences about two types of DSS are described. In the first case, it is mentioned the development and use of a whole-farm simulator (Simugan) and how it is linked to field research and to the opinion of consultants to ensure its pertinence and accuracy. The second example is about a tool for feed and economic planning of cow-calf systems, and it describes its design, structure and how it was used in a virtual training course for farmer and consultants sponsored by the Argentinean Institute for Beef Promotion (IPCVA). Finally, in the section V it is concluded about importance of the use of participatory approach to improve system analysis and UCD to make available more friendly tools for different decisions in cattle systems.

**Key words:** Software, learning environment, participatory, usefulness, usability.

---

## Introducción

En la actualidad, es normal observar la creciente disponibilidad pública y privada de información facilitada por sistemas automáticos de recolección, con acceso en tiempo real posibilitado por diferentes formas de comunicación y dispositivos (por ejemplo teléfonos, PC, palms, notebooks, netbooks, y tablets). El sector agropecuario no es ajeno a eso, pero en este nuevo contexto puede presentarse desinformación por el "exceso" de datos disponibles, donde la limitación empieza a ser la capacidad de análisis de los mismos. En este sentido, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), dentro de las cuales se encuentran los modelos de simulación, ofrecen en su conjunto oportunidades de aporte positivos de análisis para el sector (Albornoz, 2006; MINCYT, 2009).

Los modelos constituyen herramientas que permiten la integración de distinta información y diversos procesos permitiendo el estudio de sus interacciones y la evolución del impacto de modificaciones en el sistema global (McKinion, 1980). Si bien surgen de la aplicación industrial, su utilización en procesos biológicos (Haefner, 1997) y agropecuarios en particular es de crecimiento exponencial (Ahuja et al.,

2002; Bryant y Snow, 2008; Gouttenoire, 2011; Johnson, 2003), incluso atendiendo necesidades ambientales como es el caso de la cuantificación de emisión de gases de efecto invernadero por sistemas de producción pecuaria (Crosson, 2011). Por lo expuesto, a nivel internacional los modelos de simulación son herramientas complementarias indispensables en proyectos de investigación de sistemas agropecuarios (Ahuja et al. 2002; Newman et al. 2003; Romera et al. 2008; Thornton y Herrero, 2001). A nivel nacional, y específicamente para el caso de producción de carne, hay también diferentes experiencias positivas (Berger et al., 2002a; Feldkamp, 2004; Machado et al., 2010b; Romera et al., 2004; Ruiz et al., 2000).

Los procesos implicados en la toma de decisión agropecuaria se componen de fases analíticas e intuitivas que involucran el análisis de distintos tipos de información, por un lado datos cuantitativos y por otro datos más cualitativos, orientados a la identificación de tendencias (Öhlmer, 2008). 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 (McCown, 2002a; Parker, 2005).

Esta presentación se orienta a describir el aporte posible de los modelos de simulación a la mejora de la toma de decisiones en sistemas de producción de carne. A partir de algunas experiencias locales iniciales, pero haciendo particular referencia a las recomendaciones internacionales en la materia, este documento está organizado en cinco secciones: I. Breve reseña sobre el proceso de toma de decisión agropecuaria; II. Evolución de los sistemas de apoyo a la decisión agropecuaria y causas de su baja adopción; III. Estrategias propuestas para la mejora de adopción de los sistemas de apoyo a la decisión (DSS), IV. Ejemplos locales de simulación en sistemas ganaderos y V, consideraciones finales y conclusiones.

### **I. Breve reseña sobre el proceso de toma de decisión agropecuaria**

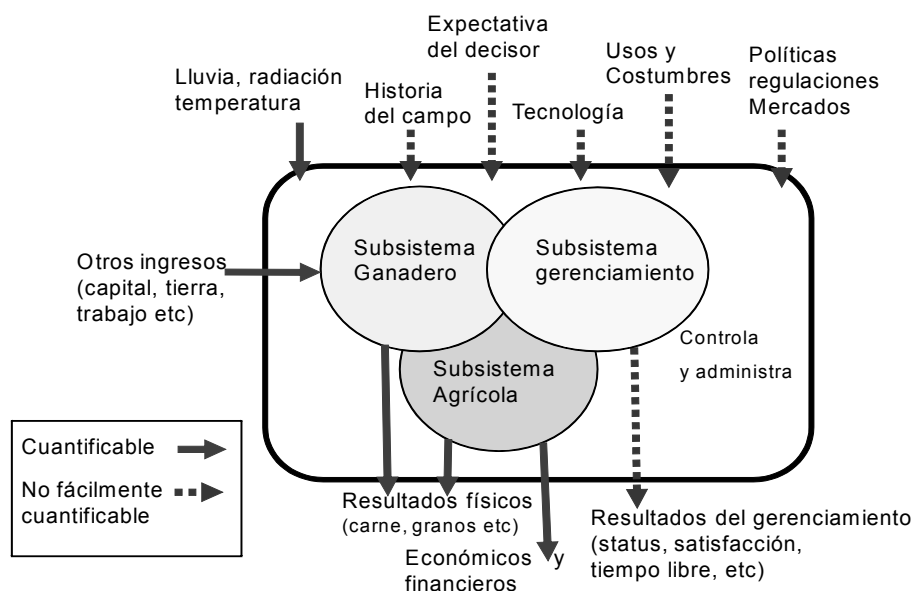
Este punto se orienta a contextualizar la toma de decisión agropecuaria para comprender sus implicancias generales y como facilitarla con modelos de simulación bajo la concepción de DSS. No es motivo de esta sección hacer una revisión exhaustiva de este tópico ya que, en ese sentido existen distintas fuentes posibles de consulta (Anderson et al., 1977; Dane y Pratt, 2007; McCown, 2012; Nuthall, 2011).

Desde un punto de vista didáctico, al proceso de toma de decisión se lo presenta frecuentemente como una secuencia de pasos que implican definir un problema, analizarlo, evaluar y elegir alternativas de mejora, aplicar una ("que puede ser incluso no hacer nada"), elegir criterio de valorización de opciones, y finalmente evaluar el impacto (Baker et al., 2002). Sin embargo, las decisiones son el producto final de un largo proceso de análisis y aprendizaje, realizado en grados variables de manera conciente y deliberada, pero también de manera inconciente, (Attonaty et al., 1999; McCown, 2002a; Sterk, 2011) intuitiva, heurística y cualitativa (Dane y Pratt, 2007). Este proceso se conforma de reglas que resumen el conocimiento y entendimiento que

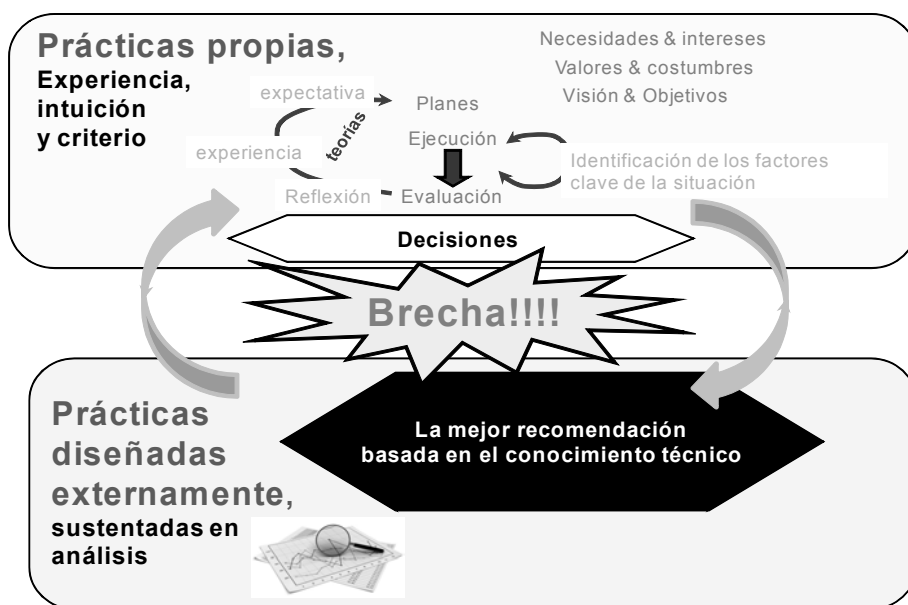
necesita el decisor para el control de todas las interacciones que afectan, por ejemplo a los cultivos y la producción animal a nivel del sistema de producción (McCown, 2002b), ya que los productores usan métodos empíricos para evaluar la información relativa a nuevas alternativas productivas o tecnologías (Llewellyn, 2007; McCown, 2012).

En la Figura 1 se observa que además de los insumos y productos cuantitativos considerados en la toma de decisión (líneas continuas), hay igualmente insumos y también productos de más difícil cuantificación (líneas punteadas), pero que a su vez tienen gran relevancia en el proceso decisional. Este punto resulta evidente cuando analizamos la consideración de un asesor experimentado con su cliente, al momento de definir una recomendación técnica. Ej., "Mi sugerencia a Pedro, en consideración de su fuerte vocación ganadera (perfil del decisor), es hacer la agricultura por arrendamiento (renunciando a parte del margen si fuera por administración) para concentrar los esfuerzos en articular mejor los planteos de recría y engorde a corral estratégico ..."

En la Figura 2 se observa el contraste o brecha entre la toma de decisión empresarial basada mayormente en la experiencia y prácticas propias, versus la mejor recomendación técnica basada en el análisis y el conocimiento de sistemas de apoyo a la decisión (McCown, 2002b). Estas dos dimensiones se acercan en la medida en que las recomendaciones técnicas incluyen también el conocimiento de las necesidades, intereses, valores y objetivos del decisor (se puede hacer referencia al mismo ejemplo de relación asesor y su cliente expuesto previamente), y cuando el decisor va incorporando a las prácticas propias más conocimiento técnico y análisis. En este sentido, se suele mencionar que aquellos decisores que han sido entrenados en procesos analíticos como los que utiliza la educación formal o la que se generan en el trabajo grupal de productores, son más proclives a este cambio (Öhlmer, 2008).



**Figura 1:** Factores externos y resultados generales de los sistemas de producción agroganaderos (adaptado de Pearson e Ison, 1997).



**Figura 2:** Contraste e interacción entre la mejor recomendación basada en experiencia y criterio (arriba) y la más cuantitativa como la regida por el análisis técnico (McCown, 2002b).

## II. Evolución de los sistemas de apoyo a la decisión agropecuarios y causas de su baja adopción

Los modelos de simulación son una herramienta matemática descriptiva y cuantitativa que permite describir de forma simplificada un sistema actual (hipótesis cuantitativa), y además proponer y cuantificar mejoras (Ahuja et al., 2002; Mitra, 1988). Por lo tanto, regularmente deben estar sujetos a evaluaciones para saber si son adecuados para el uso que queremos darle (Oreskes, 1998; Tedeschi, 2006).

Es posible identificar etapas marcadas en la historia de la aplicación de los DSS al sector agropecuario. Se resumen aquí los aspectos más generales de esas experiencias, de manera de identificar cuáles son las condiciones y características que deberían evitarse y aquellas que deberían potenciarse para mejorar la adopción de estas herramientas.

En el enfoque inicial de investigación operativa, derivada de su aplicación industrial, se pretendía sustituir el pensamiento intuitivo basado en prácticas propias del decisor por recomendaciones óptimas sustentadas en el análisis (Hutton, 1965) tal como lo mostrado en la Figura 2, resultando el mismo un enfoque demasiado sesgado para permitir un uso más generalizado (Dreyfus, 1986).

Posteriormente se toma conciencia más claramente del "mecanismo" decisional (McCown, 2000b). Un productor maneja su campo de forma integral; sin embargo, cuando toma una decisión particular en un contexto complejo e incierto como es lo habitual, lo hace en base a reglas simplificadas que resumen su criterio y conocimiento del sistema sobre ese tema (Plant y Stone, 1991). De manera posterior al enfoque de investigación operativa surgieron de la investigación a nivel internacional numerosos e importantes desarrollos de simulación bajo la forma de DSS orientados a explorar opciones del tipo "que pasa si", pero también con baja adopción general. Esta situación ha merecido la aten-

ción de diversos autores (Arnott y Pervan, 2005; McCown, 2002a; McCown et al., 2009; Newman et al., 2000; Parker, 2005) y resumiendo, de estos trabajos se puede consignar los siguientes puntos con respecto a los DSS:

- a) En general, los decisores no están involucrados en su diseño y desarrollo, por lo que la forma de plantear alternativas y el formato de los resultados normalmente no ajusta al estilo y preferencias de los usuarios/beneficiarios potenciales.
- b) La predominancia de los investigadores en su diseño y desarrollo, los vuelve muy demandantes en información que no siempre está disponible para los decisores, y si estuviera accesible requeriría mucha dedicación de carga.
- c) Mayormente, mantienen el sesgo sustitutivo sobre el juicio del decisor o del asesor basado en la mejor recomendación técnica (Figura 2), siendo particularmente crítica la falta de relevancia o pertinencia del DSS ante los ojos del decisor considerando el punto a). Sobre este punto, es importante mencionar que es difícil que un decisor renuncie a la aplicación de su propio juicio cuando tienen que tomar una decisión que es de su responsabilidad, a favor de la recomendación de un modelo del que desconoce sus supuestos y limitaciones (de Geus, 1994).
- d) Los objetivos del uso de los modelos no suelen estar claramente explicitados, sobre todo dentro de procesos de investigación-transferencia (con quién, hasta dónde, para qué, cuándo y cómo); del mismo modo es deficitaria la cuantificación del impacto de su uso.
- e) Debida a la baja adopción (mercado), es difícil sustentar un equipo de soporte, mantenimiento y mejora (que a su vez permita ampliar usuarios), si no es mediante un aporte subsidiado de la investigación.

### III. Estrategias propuestas para la mejora de adopción de los DSS

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 (Le Gal et al., 2010; McCown, 2002b). En consideración de las diferencias de origen y de objetivos de los simuladores biofísicos y del desarrollo de herramientas más específicas y directas (identificados en este documento como DSS específicos para facilitar la diferenciación), a continuación las estrategias para ambos tipos de DSS se describen por separado.

#### III.a. Simuladores biofísicos:

En el caso de simuladores más complejos, la transformación del conocimiento científico en información útil para la toma de decisiones (manejo del sistema productivo) requiere poder establecer un nexo entre los procesos biológicos simulados, los procesos y tecnologías desarrollados en el sistema, provisto con indicadores adecuados para la toma de decisión. Esto normalmente pone en evidencia la necesidad de lograr información relevante y de fácil acceso al usuario (Cash et al., 2003; Gluck, 1996; Gouttenoire, 2011; Martin et al., 2011; McNie, 2007). Los modelos permiten hacer análisis de prospectiva en base a la utilización de escenarios posibles (Godet, 2000), que se definen como una visión internamente congruente de lo que podría ser el futuro (Porter, 1980) y por lo tanto nos facilita cuantificar el impacto sobre el sistema de diferentes incertidumbres en la que se encuentra nuestra actividad/negocio. Dicho de otro modo, esto nos permite cuantificar como un determinado esquema productivo (incluyendo el modo que se lo maneja) se comporta ante uno o más escenarios. Esto resulta relevante no solo para cuantificar el impacto de escenarios más probables, sino también

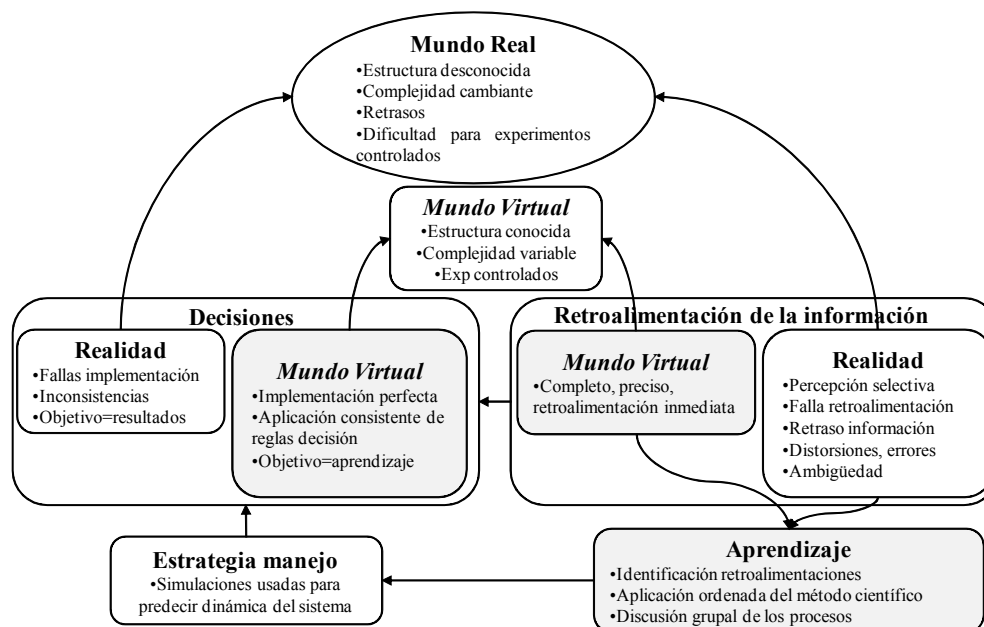
para cuantificar escenarios excepcionales.

Este tipo de herramientas más potentes pero más complejas, requieren cierta habilidad para su utilización que hace que en algunos ejemplos de análisis participativo de posibles escenarios agropecuarios (Cabrera et al., 2007; Machado et al., 2010a; Martin et al., 2011; Vayssières et al., 2011), la tradicional figura de usuario en software, sea reemplazada por la de beneficiario, ya que el usuario es un técnico o grupo técnico facilitador de la aplicación del simulador. En estos trabajos, la temática y el enfoque experimental fue seleccionada por los productores y asesores agropecuarios (beneficiarios), pero las simulaciones fueron desarrolladas por un equipo de soporte (usuario facilitador). Este tipo de enfoque se denomina modelación participativa; donde se rescata la experiencia de quien vive y trabaja día a día en un sistema productivo dado, recuperando información y características de los procesos, así como los fenómenos que pueden no haber sido captados por los investigadores, quienes no están inmersos en el trabajo diario, pero que manejan otro tipo de información complementaria a la generada en los sistemas in situ (Girard y Hubert, 1999). En resumen, los procesos participativos sirven para integrar todo tipo de conocimientos (empírico, técnico y científico) de una variedad de disciplinas y fuentes de información (Cabrera et al., 2007; Voinov y Bousquet, 2010), lo que favorece un dialogo "cuantitativo" entre personas con distintos puntos de vista, criterios o percepciones, tales como investigadores, asesores y productores, conformando una "herramienta de comunicación" entre diferentes concepciones o ideas (Jakku y Thorburn, 2010; Jakku et al., 2004; Sterk, 2011).

En términos generales, todas las técnicas participativas están relacionadas con el método educativo conocido como aprendizaje colaborativo o aprendizaje social, donde el proceso de aprendizaje tiene lugar a través de la comunicación entre los participantes (Crappe, 2003; Maurel et al., 2007; Voinov y Bousquet, 2010). Bajo esta lógica, las simulaciones

permiten indagar cómo estructuras y mecanismos clave del sistema pueden estar interaccionando para producir los eventos observados; sirven como laboratorio de aprendizaje (Figura 3) para explorar y comprender la situación bajo análisis, superando algunas de las limitaciones de los experimentos reales, como las demoras en la aparición de los efectos de los cambios en las variables, y las variaciones biológicas no controladas en los ensayos, la incertidumbre ambiental y el grado de precisión de las mediciones (Woodward et al., 2008). Sin embargo, el proceso participativo per se no es efectivo si no se toman los recaudos necesarios que pueden condicionar los resultados de esta metodología, como es el caso de la constitución y el tamaño del grupo, el propósito para el cual han sido convocados, la metodología de coordinación de las actividades grupales (Renger et al., 2008) y los principios o recomendaciones que guían el proceso participativo (Voinov y Bousquet, 2010).

El nuevo rol de los simuladores como laboratorio de aprendizaje (Figura 3) en vez de generador de recomendaciones técnicas específicas para la toma de decisión (Figura 2), hace énfasis en el cambio cognitivo cuando alguien actúa en un entorno determinado, pero que además lo adopta como conocimiento nuevo y lo utiliza en sus prácticas futuras (Leeuwis, 2004). Esta forma indirecta de mejorar las futuras decisiones a través del aprendizaje en un entorno virtual, encuadra dentro de los DSS denominados de tipo pasivo (Haettenschwiler, 1999). En general se mencionan dos tipos generales de aprendizaje el que permite mejorar la forma como hacemos las cosas (relacionado a la eficiencia), y uno más medular, que implica la modificación de las certezas básicas (Argyris y Schön, 1996). Es importante destacar que la predisposición a aprender de un modelo de simulación, implica que el mismo es desde el punto de vista de los beneficiarios, creíble, relevante



**Figura 3:** Comparación de las decisiones y la retroalimentación de la información para el estudio del manejo y facilitación del aprendizaje mediante la incorporación de simuladores (Adaptado de Woodward et al., 2008).



y legítimo para el problema que se pretende abordar (Cash et al., 2003). Sobre este mismo punto, se ha observado más predisposición de los decisores en situaciones donde, por condiciones extraordinarias (ej sequías prolongadas, nuevas políticas, nuevos cultivos, etc.), se pierde el sustento normal de las referencias históricas de los productores y sobre las que basan sus reglas de decisión (Louis y Sutton, 1991). Para que el simulador biofísico resulte creíble, relevante y legítimo, requiere un proceso iterativo gradual de mucha apertura entre decisores y analistas investigadores, y que estos últimos estén dispuestos a brindar el apoyo al proceso, aprendiendo junto con los decisores e identificando como mejorar su propia actividad. Esto es la esencia de la Investigación-acción (McCown, 2002b).

### *III.b. Diseño de DSS específicos:*

A diferencia de los simuladores previamente mencionados que surgen de la investigación, en este caso nos referimos a sistemas que se originan por una necesidad directa del mercado. A partir de los simuladores biofísicos como los descritos en III.a, han surgido excepcionalmente necesidades traducibles en una oportunidad de mercado (Hochman et al., 2009), pero no es lo habitual, ni el objetivo de los mismos. Particularmente en este tipo de herramientas más específicas, nos referimos a aquellas destinadas a resolver necesidades puntuales, frecuentemente asociados a decisiones operativas y tácticas (aunque no exclusivamente) de un usuario, como podría ser por ejemplo el ajuste de una dieta por parte de un asesor nutricional o el análisis una serie de precios ganaderos para apoyar una decisión particular. Aunque es evidente el rol central que tiene la usabilidad (específica para cada tipo de usuario) en cualquier software y más aún en un DSS, la falta de integración formal de la opinión continua del "usuario" en el diseño/desarrollo del producto, está dentro de las causas frecuentes de fracasos en la industria del software aplicado a diferentes sectores productivos e industriales (Charette, 2005). Por lo tanto, en este tipo de DSS el usuario debe ser el centro del proceso de desarrollo

(Parker, 2001; Shneiderman, 1998) y entonces se recomienda la utilización de metodologías específicamente diseñadas para subsanar este déficit, como son las centradas en el usuario, UCD en inglés (ISO-13407 1999). A partir de la necesidad detectada de un DSS, esta metodología contempla el análisis de los requerimientos del usuario (identificando usos y perfiles de usuarios) y el prototipado y la evaluación de la usabilidad (heurística y mediante usuarios) que reatrolimenta el diseño y funcionalidad del prototipo (Sears, 2007). Para entender la adopción del mercado de estas herramientas se han desarrollado enfoques sofisticados que incluyen elementos de facilitación e influencia del entorno, entre otros (Venkatesh, 2003), la misma se sustenta principalmente tanto en la percepción por parte del usuario de utilidad como de la facilidad de uso de esta tecnología (Davis, 1989; Keil, 1995).

## **IV. Ejemplos de uso local de simulación en sistemas ganaderos**

A continuación se describen dos experiencias propias de cada uno de los tipos mencionados previamente. La primera es el desarrollo y aplicación de un simulador agropecuario (SIMUGAN) en el marco de la investigación interinstitucional de sistemas agropecuarios del sur de la Provincia de Buenos Aires. La segunda experiencia se trata una herramienta de planificación forrajera, productiva y económica (Planificador Ganadero de cría 1.1.1), diseñada y desarrollada con usuarios en los últimos cuatro años.

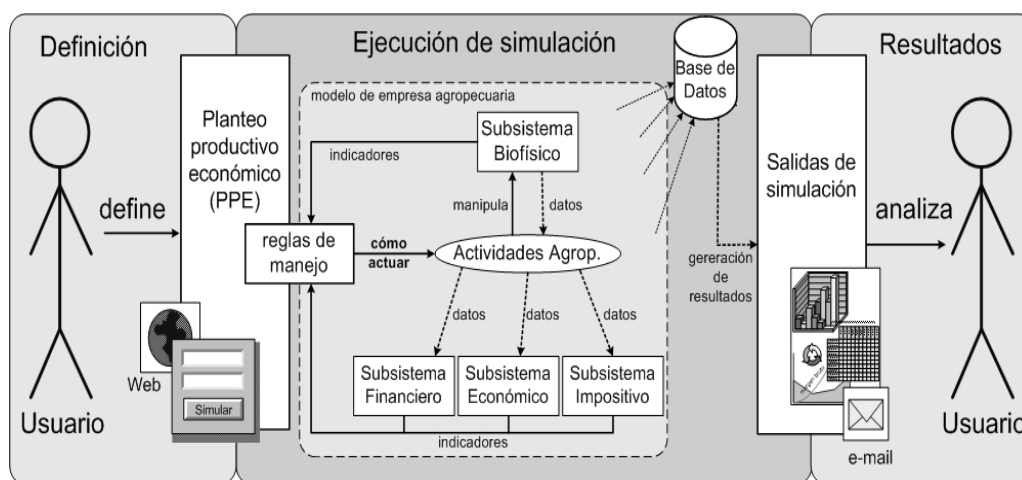
### *IV. a. Desarrollo y aplicación de un simulador biofísico de empresas agropecuarias como ambiente de aprendizaje e investigación:*

#### *Evolución y funcionalidad actual:*

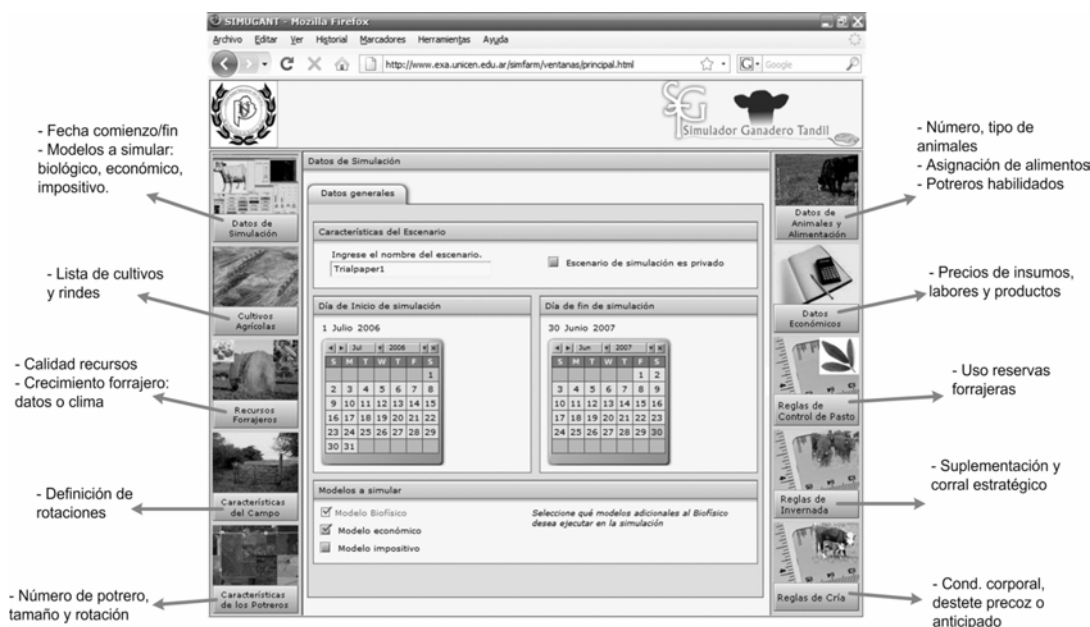
La necesidad de disponer de alguna herramienta que permitiera modelar y cuantificar situaciones de empresas agropecuarias surge tempranamente en el grupo, iniciándose

los primeros prototipos con planillas electrónicas (Machado y Ponssa, 1995; Ponssa y Machado, 1995). Posteriormente se fueron refinando los diseños y la posibilidad de evaluaciones más complejas con uso de modelos implementados en sistemas de simulación como Extend® y Stella® (Berger et al., 2002a; Berger et al., 2002b), pero en el ánimo de mejorar la usabilidad, escalabilidad y el rendimiento del simulador, se avanzó el trabajo conjunto con ingenieros de sistemas (Arroqui et al., 2009) que permitió finalmente disponer de una versión web denominada SIMUGAN (Machado et al., 2010b). El desarrollo de la misma se integró paralelamente con investigación de campo para calibrar componentes específicos que resultaban clave a la capacidad predictiva del mismo (Machado et al., 2006; Machado et al., 2007). Antes de describir cómo se está utilizando el simulador, se efectúa una descripción general de su funcionalidad (Figura 4). El usuario accede vía web y utiliza un planteo productivo-económico (PPE)

disponible ó genera uno nuevo desde cero o a partir de otro existente. El PPE se construye a partir de la información necesaria de la situación inicial, que se carga en diferentes pantallas a las que se accede desde botones por temas (Figura 5), incluyendo el diseño de diferentes reglas de manejo destinadas a darle flexibilidad a las simulaciones, que son órdenes condicionales que se desencadenan dependiendo de las condiciones presentes (si...tal cosa....en tal momento, hacer tal otra). Por ejemplo, si las vacas presentan una condición corporal debajo de 2 (Escala 1-5) a los X días del mes X, aplicar destete precoz a las mismas...Dentro del planteo se define también la duración de la simulación, que puede ser días, meses ó varios años. Cuando se manda a simular, el modelo simula diariamente, y cuando termina la simulación se genera un archivo de resultados productivos y económicos en planilla electrónica que el usuario recibe por correo electrónico (Figura 4).



**Figura 4:** Descripción del funcionamiento de un simulador de empresas agropecuarias (Machado et al., 2010b).



**Figura 5:** Pantalla inicial a partir de la cual se carga la información pertinente que compone un planteo productivo y económico.

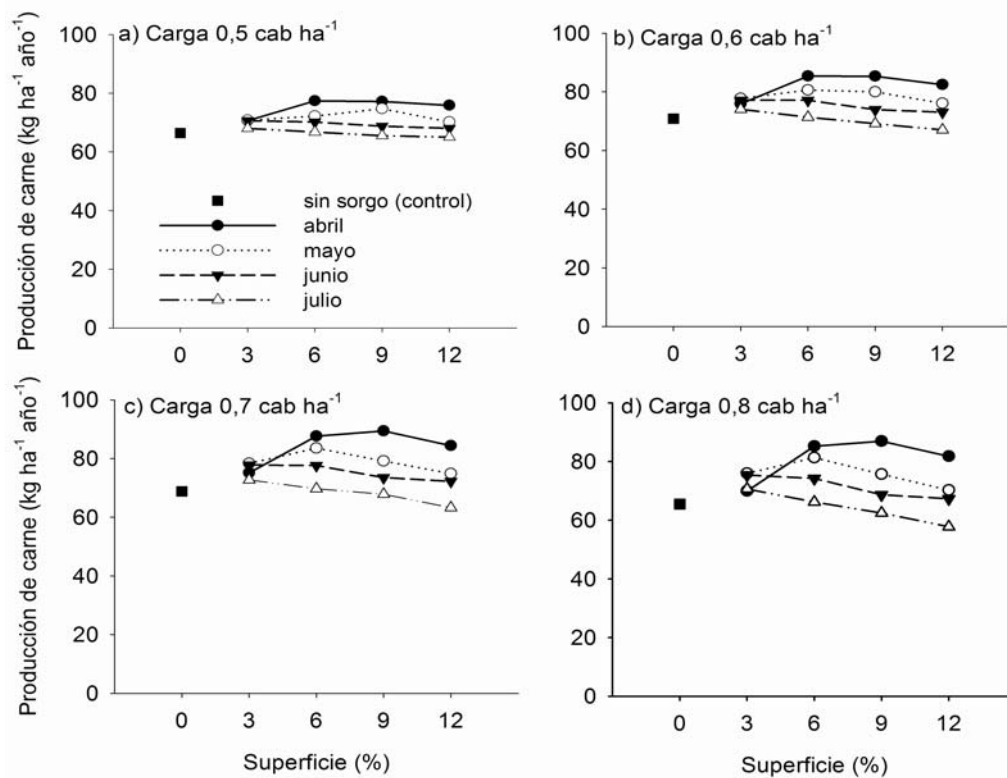
#### *Uso actual y futuro del simulador:*

El desarrollo local más reciente de SIMUGANT permitió capitalizar las recomendaciones que surgen de la bibliografía internacional (Ahuja et al., 2002; McCall et al., 1994; McCown, 2002b; McCown et al., 2009; Morley, 1972; Woodward et al., 2008). De manera sintética, se han fomentado estrategias participativas como las mencionadas en III.a para identificar los planteos a estudiar con el simulador, con la participación de extensionistas, investigadores y estudiantes en diferentes talleres (Figura 6). Un desafío importante de estas experiencias para el equipo más ligado al simulador es explicar su funcionamiento, potencialidades y limitaciones y sus capacidades a técnicos no familiarizados con modelación. Esto ha dado un balance positivo, permiti-

tiendo disponer de pautas para la mejora de la pertinencia de la herramienta e identificar casos de interés (Machado et al., 2010b). A modo de ejemplo, en un taller se identificó la necesidad de estudiar en sistemas de cría el impacto combinado de la superficie destinada a sorgo diferido, el mes de inicio de utilización y la carga animal sobre la producción de carne anual por ha, como se muestra en la Figura 7 (Stefanazzi et al., 2011). De los resultados de la simulación, se observa que los mismos sugieren un uso temprano del diferido (Abril), con una superficie de sorgo entre el 6 y 9%, asimilable a prácticas encontradas en sistemas comerciales de la Cuenca del Salado. El margen bruto ganadero presentó la misma tendencia que la producción de carne (Stefanazzi, l. datos sin publicar).



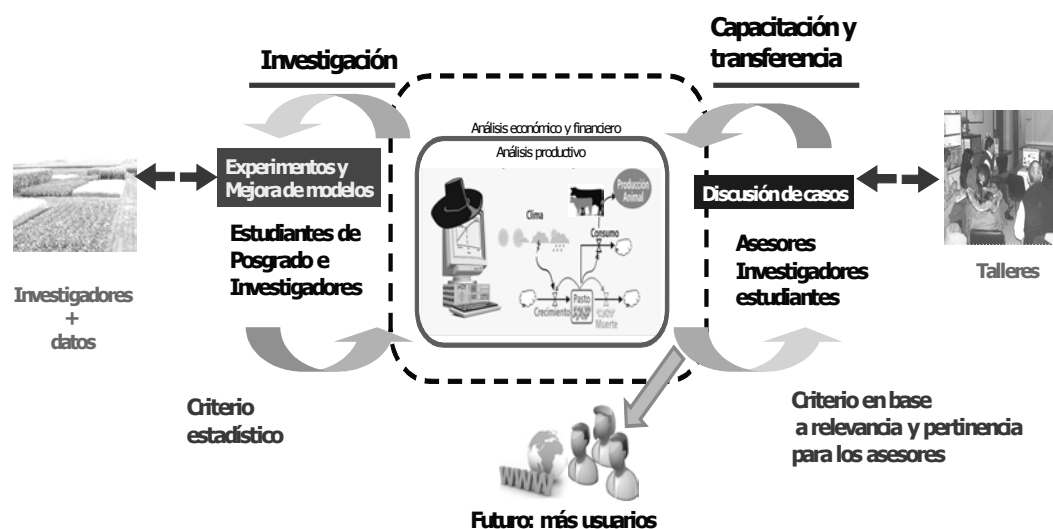
**Figura 6:** Reunión de discusión de alternativas de modelación de casos con la participación de extensionistas, investigadores y estudiantes.



**Figura 7:** Producción de carne (kg Peso vivo / ha / año) para 68 tratamientos según carga animal, superficie de sorgo y momento de inicio de utilización (Stefanazzi et al., 2011).

La estrategia de uso de SIMUGAN orientada a la potenciación del mismo como laboratorio de aprendizaje colectivo (Jakku y Thorburn, 2010; Woodward et al., 2008), ha permitido una mejor interacción con la investigación de campo, formación interdisciplinaria de recursos humanos (Figura 8) y de lo que se denomina investigación-acción (McCown et al., 2009). Como es recomendable que este tipo de estrategia de trabajo tenga un buen sustento institucional (van Delden, 2011), por lo mismo se ha avanzado en la formalización y puesta en marcha de una red interinstitucional para la modelación de sistemas agropecuarios de la región, MODASUR (integrada por INTA CERBAS, Facultad de Ciencias Veterinarias UNCPBA, la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC, Provincia de Buenos Aires), el Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina (IPCVA), la Facultad de Ciencias Agrarias - UNMdP, y la Facultad de Ciencias Exactas UNCPBA). Adicional-

mente SIMUGAN está siendo utilizado en dos proyectos ganaderos nacionales (INTA PNCAR 011172, INTA AUDEAS CIAC 940106) y uno regional (720142 INTA CERBAS). El doble rol de investigación y extensión del INTA, ha facilitado la articulación orgánica de proyectos y acciones de experimentación y de discusión de casos como se muestra en la figura 8 que evalúan las simulaciones bajo un criterio estadístico, pero también en términos de pertinencia del modelo utilizado para los casos y de credibilidad de las proyecciones de acuerdo a la visión de asesores según su experiencia en el territorio (Machado et al., 2010b). El camino de construcción de la confianza en la herramienta por los diferentes actores e instituciones es reciente, pero los resultados preliminares son promisorios, de manera que con una estrategia local gradual y equilibrada permitirá capitalizar mejor las experiencias internacionales de la temática.



**Figura 8:** Uso actual y planificado de un simulador como laboratorio de aprendizaje, para el apoyo de la investigación-acción y la formación de recursos humanos (adaptado de Machado, et al., 2010b).

#### IV.b. Uso de DSS específicos:

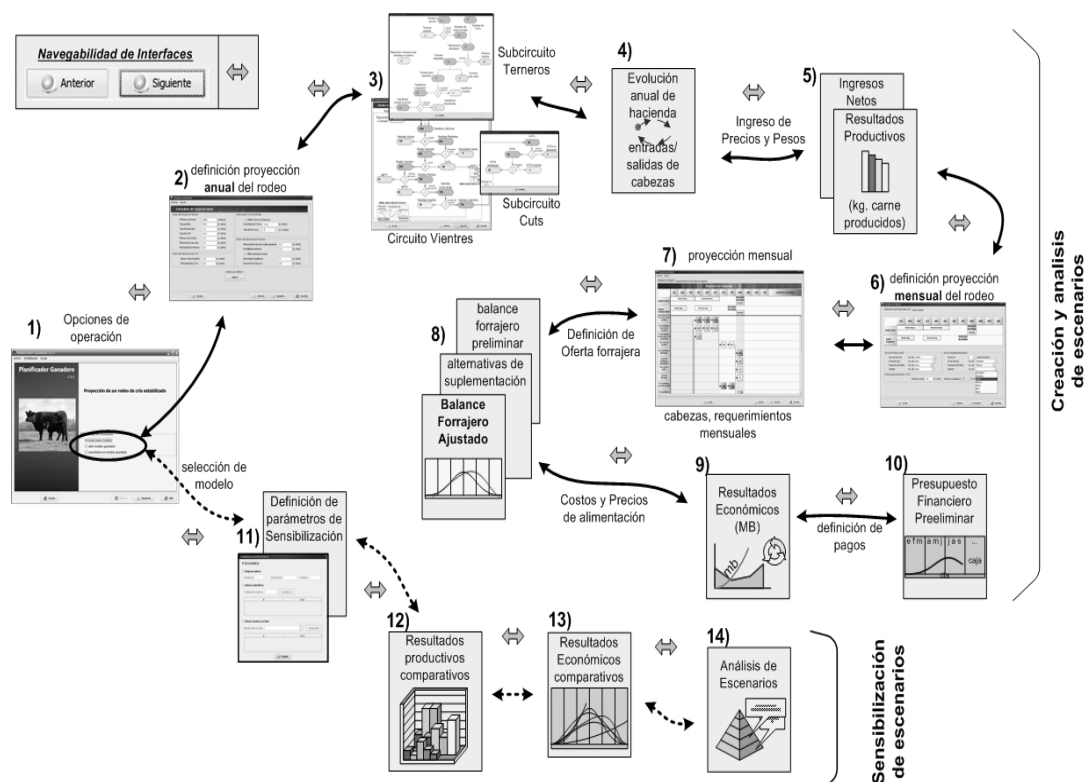
Sobre este tipo de desarrollos se pueden encontrar diversos casos en Argentina orientados a producción de carne, por ej. REQNOV Plus®, Huellas®, entre otros. Para este punto se podría considerar alguna de las herramientas mencionadas, sin embargo, por mayor disponibilidad de información propia se describe un ejemplo de nuestro grupo, pero haciendo énfasis en los elementos recomendados en la bibliografía para este tipo de desarrollo.

##### Planificador ganadero 1.1.1®

Este software surge de necesidades detectadas con profesionales veterinarios en el marco del programa de Educación continua de la FCV-Tandil. Para facilitar el proceso de planificación de sistemas alternativos de cría

mediante indicadores físicos y económicos, se desarrolló participativamente un prototipo en MS Excel® que fue perfeccionado y utilizado durante 4 años. Posteriormente, se desarrolló en un trabajo de 1900 horas hombre y con el apoyo del FONSOFT-MINCYT, un prototipo de escritorio denominado Planificador ganadero 1.1.1® Beta (Ponssa et al., 2009), mediante la utilización de metodologías centradas en el usuario (ISO-13407, 1999) y de desarrollo ágil (Arroqui et al., 2009).

De acuerdo a las preferencias de los usuarios, el proceso de carga de un escenario como el ejemplificado es paso a paso, alternando etapas de carga de datos y de salidas parciales, permitiéndole al usuario avanzar y retroceder entre interfaces (pasos) en todo momento (Figura 9). Para ilustrar su funciona-



**Figura 9:** Mapa de funcionalidad y navegación entre interfaces del Planificador Ganadero 1.1.1.

lidad, se generó un planteo productivo de 700 ha dedicadas a cría vacuna a partir de tasas de eficiencia reproductiva obtenidas de un monitoreo de empresas ganaderas de la Cuenca del Salado (Maresca et al., 2007). Se estimó el ingreso neto (IN) del mismo y se plantearon dos niveles de mejora logrables de tasas reproductivas, evaluando el IN adicional en ambos casos (Cuadro 1), que resultó en una mejora del IN de +16% y de + 27% sobre el escenario actual. A diferencia de SIMUGAN, el montaje de un ejercicio como el descripto puede realizarse muy intuitivamente en menos de 5 minutos (en este ejemplo solo

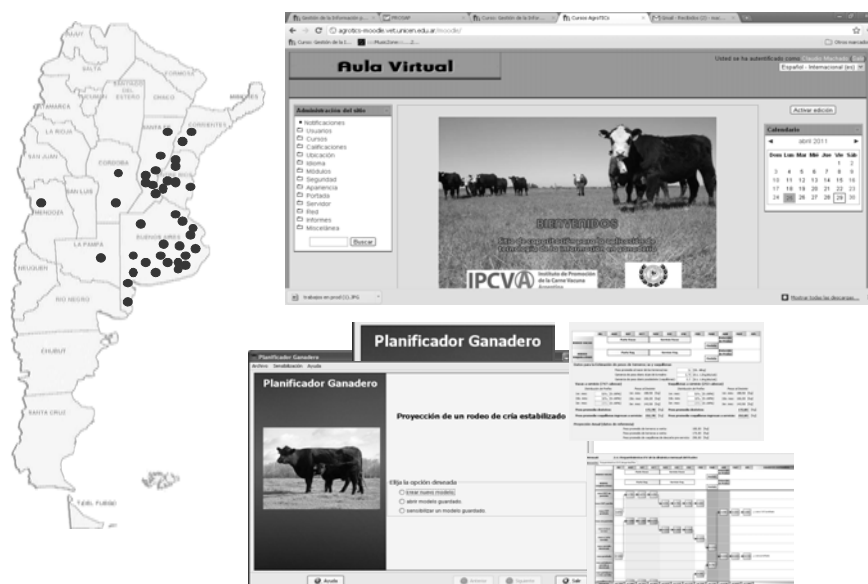
hace falta llegar al punto 5 de la Figura 9), lo que permite que un usuario inexperto pueda rápidamente familiarizarse con análisis productivos y económicos como el descripto o similares.

En una primer prueba de usuarios, esta herramienta se usó intensivamente para reforzar, en forma de trabajos prácticos, a los conceptos teóricos disponibles en un curso virtual sobre Gestión de la información ganadera y agronegocios del IPCVA y la FCV-UNCPBA, desarrollado a distancia mediante un aula virtual durante 2011 (Figura 10). El mismo tuvo una duración de 3 meses y 60

**Cuadro 1:** Efecto sobre el ingreso neto de la mejora de diferentes tasas productivas en un rodeo de cría de 600 vientres, partir de datos reales promedio.

	Actual*	Mejora 1	Mejora 2
Servicio Tacto (%)	10,5	8,0	5,0
Tacto Parto (%)	5,1	3,0	2,0
Parto Destete (%)	4,3	1,0	1,0
Ingreso Neto (\$ totales por sobre el actual)	0	+\$51.700	+\$82.720

\*fuente: Maresca et al., 2007



**Figura 10:** Esquema general del aula virtual, pantallas de inicio del planificador 1.1.1 y distribución geográfica de participantes.

hs totales, y fue finalizado por 37 profesionales y productores, con realidades muy diversas tanto en la formación técnica e informática previa, como por la realidad productiva zonal. Como parte final del curso cada participante debió desarrollar un trabajo propio de su zona. Los trabajos presentados incluyeron por ejemplo cría en zona de riego del Río Colorado, mejora forrajera en zonas de monte, e incorporación de destete precoz. A pesar de las condiciones heterogéneas de las zonas y de los perfiles de participantes, en general hubo muy buena aceptación de la herramienta, dado que en una encuesta anónima, el 93% de participantes (n total=37) indicaron que el Planificador Ganadero resultó muy amigable y flexible para el análisis de casos (FCV-IPCVA 2011).

## **V. Consideraciones finales y conclusiones**

En un contexto de gran dinamismo de los sistemas agropecuarios, los simuladores biofísicos utilizados para la exploración cuantitativa de impactos de diferentes escenarios resultan en una alternativa relativamente rápida como parte de una primera barrera de análisis de información. Esto puede resultar de utilidad para el sector científico tecnológico de manera de explorar preliminarmente impactos potenciales de diferentes tecnologías, que deben ser confirmadas en trabajo de campo para proponer mejoras a los sistemas reales. En general, la contribución directa de estas herramientas a la toma de decisión ha sido muy baja. Más recientemente estos desarrollos parecen haber encontrado su nicho con un enfoque diferente, dando la posibilidad de un intercambio cuantitativo entre los interesados bajo la forma de laboratorio de aprendizaje y no como generador de recetas tecnológicas específicas. El éxito de las estrategias participativas requiere mucha apertura de los analistas exponiendo claramente los supuestos y limitaciones del simulador, de modo de ir generando confianza gra-

dual en la herramienta por parte de los diferentes actores, fundamentalmente en los investigadores y extensionistas con gran formación en campo y en sistemas reales, tradicionalmente no integrados a los equipos de modelación.

La adopción de los DSS específicos como el Planificador ganadero 1.1.1® Beta, está ligada a su facilidad de uso y a la medida en que este tipo de herramientas potencian las capacidades operativas y/o profesionales de los usuarios (Matthews et al., 2008). El planificador presentado está en una etapa inicial sin lanzamiento como producto, pero los resultados de su uso en un curso virtual son muy alentadores. En relación a este tipo de herramientas más específicas, existe un déficit nacional de oferta, uso y soporte de TICs para la ganadería (MINCYT, 2009). Este déficit resulta más evidente si se lo compara con lo que ocurre en el sector agrícola, en un marco de creciente incorporación de TICs en todas las actividades humanas (Internet, celulares, tablets) que posibilitan el acceso y procesamiento de información de potencial uso para la toma de decisión.

En resumen, los modelos de simulación biofísicos tienen gran posibilidad de aportar información para la toma de decisión en sistemas de producción de carne de forma indirecta, a través de facilitar el intercambio de experiencias y visiones de forma cuantitativa a través de estrategias participativas, potenciando el aprendizaje colectivo y la integración de la modelación con la investigación de campo. Lo anterior no es posible sin un buen soporte institucional que garantice el mantenimiento y mejora continua de todo el desarrollo. Finalmente, el diseño y desarrollo de DSS específicos que ofrezcan una solución tecnológica eficiente en costo y preferencias del usuario sumado a un buen mantenimiento y soporte, podrían tener una buena oportunidad de contribuir a una ganadería nacional de precisión, potenciando las capacidades de los distintos actores.



### Agradecimientos

Al Ing. Agr. Alberto García Spil, al Med. Vet. M.Sc Julio C. Burges y a los Drs. Guillermo Milano y Cristian Feldkamp, por las valiosas sugerencias a una versión inicial de este documento. A la ANPCyT - MINCYT, que a través de diferentes líneas del Foncyt, Fonsoft y Fonarsec ha posibilitado la continuación varias de las actividades mencionadas en el documento.

### Bibliografía

- Ahuja, L.R., Ma, L. and Howell, T.A. 2002. Whole System Integration and Modeling - Essential to Agricultural Science and Technology in the 21st Century. *In: 'Agricultural System Models in Field Research and Technology Transfer'* pp. 1-7. (Lewis Publishers: Boca Raton, London, New York, Washington D.C.).
- Albornoz, I. 2006. Informática para el sector agrícola y ganadero en la Región Pampeana. Biblioteca virtual TICs del INTA [http://www.inta.gov.ar/info/ntic/tics\\_sector%20agricolaganadero\\_albornoz.pdf](http://www.inta.gov.ar/info/ntic/tics_sector%20agricolaganadero_albornoz.pdf), 130 p.
- Anderson, J.R., Dillon, J.L. and Hardaker, J.B. 1977. 'Agricultural Decision Analysis.' (Iowa State University Press.: Ames, Iowa, USA).
- Argyris, C. and Schön, D. 1996. 'Organizational learning II: theory, method and practice.' (Addison Wesley: Reading, MA).
- Arnott, D. and Pervan, G. 2005. A critical analysis of Decision Support Systems research. *Journal of Information Technology*. 20, 67-87.
- Arroqui, M., Mangudo, P., Marcos, C. y Machado, C.F. 2009. Métodos Ágiles para la Construcción de un Simulador Ganadero. *IEEE Latin America Transaction* 7, 578-595.
- Attonaty, J.M., Chatelin, M.H. and García, F. 1999. Interactive simulation modeling in farm decision-making. *Computers and Electronics in Agriculture* 22, 157-170.
- Baker, D., Bridges, D., Hunter, R., Johnson, G., Krupa, J., Murphy, J. and Sorenson, K. 2002. 'Guidebook to Decision Making Methods.' (Department of Energy, USA).
- Berger, H., Machado, C., Copes, M., Ponssa, E. y Auza, N. 2002a. Modelo dinámico simple de sistemas de cría (Críasim): 1. Estructura y capacidades. *Rev.Arg.Prod.Anim.* Vol 22 (Supl. 1): 346-348.
- Berger, H., Machado, C., Copes, M., Ponssa, E. y Auza, N. 2002b. Modelo dinámico simple de sistemas de cría (Críasim): 2. Evaluación de fechas de servicio. *Rev.Arg.Prod.Anim.* Vol 22 (Supl. 1): 348-349.
- Bryant, J.R. and Snow, V.O. 2008. Modelling pastoral farm agro-ecosystems: a review. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51, 349-363.
- Cabrera, V., E., Breuer, N., E. and Hildebrand, P., E. 2007. Participatory modelling in dairy farm systems: a method for building consensual environmental sustainability using seasonal climate forecasts. *Climate Change - Springer*.
- Cash, D.W., Clark, W.C., Alcock, F., Dickson, N.M., Eckley, N., Guston, D.H., Jäger, J. and Mitchell, R.B. 2003 Knowledge systems for sustainable development. *In: 'Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America'* pp. 8086-8091.
- Craps, M. 2003. Social learning in river basin management, WP2 report of the HarmoniCOP project., Bruxelles, Belgium.
- Crosson, P., Shalloo, L., O'Brien, D., Lanigan, G.J., Foley, P.A. and Boland, T.M. 2011. A review of whole farm systems models of greenhouse gas emissions from beef and dairy cattle production systems. *Animal Feed Science and Technology* 166, 29-45.
- Charette, R.N. 2005. Why Software Fails. *IEEE Spectrum - Computing / software*, 1-9.
- Dane, E. and Pratt, M. 2007. Exploring Intuition and its Role in Managerial Decision Making. *The Academy of Management Review ARCHIVE*. 32, 33-54.
- Davis, F.D. 1989. Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 318-340.
- de Geus, A.P. 1994 Modeling to predict or to learn?. *In: 'Modeling for Learning Organizations'*. (Eds JDW Morecroft, S J.D.) pp. xiii-xvi. (Productivity Press: Portland, OR).
- Dreyfus, H.L.a.S.E.D. 1986. 'Mind Over Machine: The Power of Human Intuition and Expertise in the Era of the Computer.' (Free Press: New York).
- FCV-IPCVA. 2011. Informe final Curso Gestión de la información ganadera y agronegocios del IPCVA y la FCV-UNCPBA, 23 p.
- Feldkamp, C.R. 2004 Cow-calf operation in Argentina: a systems approach to intervention assessment. Humboldt University.

- Girard, N. and Hubert, B. 1999. Modelling expert knowledge with knowledge-based systems to design decision aids. The example of a knowledge-based model on grazing management. *Agricultural Systems* 59, 123-144.
- Gluck, M. 1996. Exploring the relationship between user satisfaction and relevance in information systems. *Information Processing & Management* 32, 89 -104.
- Godet, M. 2000. The art of scenarios and strategic planning: tools and pitfalls. *Technological Forecastings and Social Change* 65, 3-22.
- Gouttenoire, L., Cournuta, S. and Ingrand, S. 2011. Modelling as a tool to redesign livestock farming systems: a literature review. *Animal* 5, 1957-1971.
- Haefner, J.W. 1997. 'Modelling biological system: Principles and applications.' (Chapman & Hall).
- Haettenschwiler, P. 1999. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung. *Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft*. Zurich, vdf Hochschulverlag AG, 189-208.
- Hochman, Z., van Rees, H., Carberry, P.S., Hunt, J.R., McCown, R.L., Gartmann, A., Holzworth, D., van Rees, S., Dalgliesh, N.P., Long, W., Peake, A.S., Poulton, P.L. and McClelland, T. 2009. Re-inventing model-based decision support with Australian dryland farmers. 4. Yield Prophet® helps farmers monitor and manage crops in a variable climate. *Crop and Pasture Science* 60, 1057-1070.
- Hutton, R.F. 1965. Operations research techniques in farm management: survey and appraisal. *Journal of Farm Economics* 47, 1400-1414.
- ISO-13407. 1999. Human-centred design processes for interactive systems. International Organization for Standardization, Geneva.
- Jakku, E. and Thorburn, P. 2010. A conceptual framework for guiding the participatory development of agricultural decision support systems. *Agricultural systems* 103, 675-682.
- Jakku, E., Thorburn, P. and Gambley, C. 2004. Decision support systems for farm management: a theoretical framework from the sociology of science and technology.
- Johnson, I.R., Lodge, G.M. and White, R.E. 2003. The sustainable grazing Systems Pasture Model: description, philosophy and application to the SGS National Experiment. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 43, 711-728.
- Keil, M., Beranek, P.M. and Konsynski, B.R. 1995. Usefulness and ease of use: field study evidence regarding task considerations. *Decision Support Systems* 13, 75-91.
- Le Gal, P.Y., Merot, A., Moulin, C.H., Navarrete, M. and Wery, J. 2010. A modelling framework to support farmers in designing agricultural production systems. *Environmental Modelling & Software* 25, 258-268.
- Leeuwis, C. 2004. 'Communication for rural innovation: rethinking agricultural extension.' (Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK).
- Louis, M.R. and Sutton, R.I. 1991. Switching cognitive gears: From habits of mind to active thinking. *Human Relations* 44, 55-76.
- Llewellyn, R.S. 2007. Information quality and effectiveness for more rapid adoption decisions by farmers. *Field Crops Research* 104, 148-156.
- Machado, C.F., Burges, J.C., Berger, H., Faverin, C. and Steffanazzi, I. 2010a. First steps in the use of a web whole-farm model to foster the feedback between beef cattle extension and research. *In: An Overview of Research on Pastoral-Based Systems in South America*. UNCPBA, Tandil. Machado, C.F.; Wade, M.; Carneiro Da Silva, S.; Agnusdei, M.; Fachio Carvalho, P.; Morris, S.T.; Beskow, W.; Montossi, F. (Eds). 53-64.
- Machado, C.F. y Ponssa, E. 1995. Evaluación económica del engorde a corral de terneras: 1. Simulación a partir de un caso real. *Rev.Arg. Prod.Anim.* Vol 15 (3-4): 1148-1150.
- Machado, C.F., Morris, S.T., Hodgson, J., Arroqui, M.A. and Mangudo, P.A. 2010b. A web-based model for simulating whole-farm beef cattle systems. *Computer and Electronics in Agriculture* 74, 129-136.
- Machado, C.F., Morris, S.T., Hodgson, J., Matthew, C. and Auza, N. 2007. Seasonal variation in the quality of a lucerne-based pasture and its relationship with morphological and maturity estimates. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 47, 1-8.
- Machado, C.F., Morris, S.T., Hodgson, J., Berger, H. and Auza, N. 2006. Effect of maize grain and herbage allowance on estimated metabolizable energy intake and animal performance in beef cattle finishing systems. *Grass and Forage Science* 61, 1-13.
- Maresca, S., Quiroz García, J.I., Plorutti, F., Brusca, G. y Fourquet, G. 2007. Monitoreo de eficiencia reproductiva en rodeos de cría de la Cuenca del Salado. Metodología e indicadores principales. *Rev.Arg.Prod.Anim.* Vol 27 (Supl. 1): 297-298.

- Martin, G., Theau, J.P., Therond, O., Martin-Clouaire, R. and Duru, M. 2011. Diagnosis and simulation: a suitable combination to support farming systems design. *Crop and Pasture Science* 62, 328-336.
- Matthews, K.B., Schwarz, G., Buchan, K., Rivington, M. and Miller, D. 2008. Wither agricultural DSS? *Computers and Electronics in Agriculture* 61, s149-159.
- Maurel, P., Craps, M., Cernesson, F., Raymond, R., Valkering, P. and Ferrand, N. 2007. Concepts and methods for analysing the role of information and communication tools (IC-tools) in social learning processes for river basin management. *Environmental Modelling & Software* 22, 630-639.
- McCall, D.G., Sheath, G.W. and Pleasants, A.B. 1994. The role of systems research in animal science. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 54, 417-421.
- McCown, R.L. 2002a. Locating agricultural decision support systems in the troubled past and socio-technical complexity of 'models for management'. *Agricultural systems* 74.
- McCown, R.L. 2002b. Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agricultural systems* 74, 179-220.
- McCown, R.L., Carberry, P.S., Hochman, Z., Dalgliesh, N.P. and Foale, M.A. 2009. Re-inventing model-based decision support with Australian dryland farmers. 1. Changing intervention concepts during 17 years of action research. *Crop and Pasture Science* 60, 1017-1030.
- McCown, R.L., Carberry, P.C., Dalgliesh, N.P., Foale, M.A. and Hochman, Z. 2012. Farmers use intuition to re-invent analytic decision support for managing seasonal climatic variability. *Agricultural systems* 106, 33-45.
- McKinion, J.M. 1980. Dynamic simulation: a positive feedback mechanism for experimental research in the biological sciences. *Agricultural Systems* 5, 239-250.
- McNie, E.C. 2007. Reconciling the supply of scientific information with user demands: an analysis of the problem and review of the literature. *Environmental science & policy* 10, 17-38.
- MINCYT. 2009. *AgroTIC. In: Libro blanco de la prospectiva TIC: proyecto 2020 1ª Ed.* Buenos Aires, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, 121-148.
- Mitra, G. 1988. Mathematical models for decision support. *In: 'Advanced Study Institute Series'.* (Ed. i NATO). (Springer Verlag).
- Morley, F.H.W. 1972. A system approach to animal production. What is it about? *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 9, 1-19.
- Newman, J.A., Abner, M.L., Dado, R.G., Gibson, D.J., Brookings, A. and Parsons, A.J. 2003. Effects of elevated CO<sub>2</sub>, nitrogen and fungal endophyte-infection on tall fescue: growth, photosynthesis, chemical composition and digestibility pp. 425-437. (Blackwell Science Ltd).
- Newman, S., Lynch, T. and Plummer, A. 2000. Success and failure of decision support systems: Learning as we go. *Journal of Animal Science* 77, 1-12.
- Nuthall, P.L. 2011. 'Farm Business Management: Analysis of Farming Systems' (CABI).
- Öhlmér, B. 2008. The need and design of computerized farm management tools - Lessons learned from a Swedish case. *In: 'International Scientific Conference: Economic Science for Rural Development*, pp. 190-198. (LLU Ekonomikas fakultate: Jelgava (Latvia)).
- Oreskes, N. 1998. Evaluation (not validations) of quantitative models. *Environmental health perspectives* 106, 1453-1460.
- Parker, C.G. 2005. Technology Acceptance and the Uptake of Agricultural DSS. *EFITA/WCCA JOINT CONGRESS on IT in agriculture 25-28 July 2005, Vila Real, Portugal*, 17-22.
- Parker, C. and Sinclair, M. 2001. User-centred design does make a difference. The case of decision support systems in crop production. *Behaviour and Information Technology* 20, 449-460.
- Pearson, C.J. and Ison, R.L. 1997. 'Agronomy of Grassland Systems.' (Cambridge Univ. Press: UK).
- Plant, R.E. and Stone, N.S. 1991. 'Knowledge-Based Systems in Agriculture.' (McGraw Hill: New York ).
- Ponssa, E.E. y Machado, C.F. 1995. Evaluación económica del engorde a corral de terneras: Parte III. Respuesta económica de su integración a una empresa mixta cría-agrícola. *Rev. Arg.Prod.Anim.* Vol 15 (3-4): 1152-1153.
- Ponssa, E.E., Machado, C.F., Mangudo, P.A., Arroqui, M., Ottonello, A. y 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. *In: 'Congreso Argentino de Agroinformática 2009 - ISSN 1852-485' p. 21 al 28 de agosto de 2009.*

- Porter, M. 1980. *Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors*. Free Press, pp 405.
- Renger, M., Kolfshoten, G.L. and de Vreede, G.J. 2008. Challenges in collaborative modelling: a literature review and research agenda. *International Journal of Simulation and Process Modelling* 4, 248-263.
- Romera, A.J., Burges, J.C., Morris, S.T., Hodgson, J. and Woodward, S.J.R. 2008. Modelling spring and autumn calving systems in beef herds of the Salado region of Argentina. *Livestock Science* 115, 62-72.
- Romera, A.J., Morris, S.T., Hodgson, J., Stirling, W.D. and Woodward, S.J.R. 2004. A model for simulating rule-based management of cow-calf systems. *Computer and Electronics in Agriculture* 42, 67-86.
- Ruiz, D.E.M., Pardo Sampere, L., García Martínez, A., Rodríguez Alcaide, J., Pamio, J.O., Pena Blanco, F. and Domenech García, V. 2000. Technical and allocative efficiency analysis for cattle fattening on Argentina Pampas. *Agricultural systems* 65, 179-199.
- Sears, A., Jacko, J. (Eds) 2007. *The Human-Computer Interaction Handbook* (2 edition). CRC Press.
- Shneiderman, B. 1998. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Reading, MA: Addison Wesley.
- Stefanazzi, I.N., Burges, J.C., Machado, C.F., Berger, H., Faverín, C., Pordomingo, A.J. and Di Marco, O.N. 2011. Simulation of cow-calf productivity with the use of deferred sorghum. *In: Rev.Arg.Prod.Anim. Vol 31 (Supl. 1): 213*. Congreso Argentino de Producción Animal - 1<sup>st</sup> Joint Meeting ASAS-AAPA. Mar del Plata, Argentina.
- Sterk, B., van Ittersum, M.K. and Leeuwis, C. 2011. How, when, and for what reasons does land use modelling contribute to societal problem solving? *Environmental Modelling & Software* 26, 310-316.
- Tedeschi, L.O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agricultural systems* 89, 225-247.
- Thornton, P.K. and Herrero, M. 2001. Integrated crop-livestock simulation models for scenario analysis and impact assessment. *Agricultural systems* 70, 581-602.
- Van Delden, H., Seppelt, R., White, R. and Jakeman, A.J. 2011. A methodology for the design and development of integrated models for policy support. *Environmental Modelling & Software* 26, 266-279.
- Vayssières, J., Vigne, M., Alary, V. and Lecomte, P. 2011. Integrated participatory modelling of actual farms to support policy making on sustainable intensification. *Agricultural systems* 104, 146-161.
- Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B. and Davis, F.D. 2003. User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly* 27, 425-478.
- Voinov, A. and Bousquet, F. 2010. Modelling with stakeholders. *Environmental Modelling & Software* 25, 1268-1281.
- Woodward, S.J.R., Romera, A.J. and Lovatt, S.J. 2008. Better simulation modelling to support farming systems innovation: review and synthesis. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 51, 235-252.