

# Conceptos, oportunidades y limitantes en la toma de decisiones en sistemas pastoriles

Raúl R. Vera\*

Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

---

## Concepts, opportunities and limits in the decision making in pastoral systems

**ABSTRACT:** The paper briefly reviews the background of, and recent evolution of decision support systems, DSS, with emphasis on their application to grazing systems. The growing complexity of management decisions is noted, since they not only have to consider the economic performance of grazing systems but need to contemplate numerous aspects related to sustainability as well. The long-term consequences of management decisions need also to be considered, and in this context psychological research has shown that man is poorly equipped to anticipate long-term effects resulting from non linear interactions between system components. It is concluded that in increasingly competitive markets DSS may constitute a useful tool to support better informed decision-making.

Key words: Grazing systems, management, decision-making, range, pasture

---

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(3): 219-225

**RESUMEN:** El artículo resume brevemente los antecedentes y la evolución reciente del desarrollo de los sistemas de apoyo a la toma de decisiones, SATD, con énfasis en aplicaciones a sistemas pastoriles. Se resalta la complejidad creciente de dicha toma de decisiones ya que se debe tomar en consideración no sólo aspectos técnico-productivos y económicos, sino que hay demandas crecientes de los mercados para que los sistemas de producción pecuarios sean sostenibles. Otro aspecto de dicha complejidad es que las consecuencias de decisiones tomadas en determinado momento pueden tener consecuencias a largo plazo, en cuyo caso la investigación psicológica ha demostrado que el ser humano está pobremente equipado para prever eventos a largo plazo resultantes de numerosas interacciones no lineales entre componentes de sistemas. Por ello, y en un contexto de una producción que debe competir en mercados cada vez más globalizados y exigentes, se concluye que los SATD pueden constituir una herramienta útil en la toma de decisiones mejor informadas.

Palabras clave: Gestión, toma de decisiones, sistema de producción, pastura, pastizal

### Introducción

Desde su origen, el ser humano se ha valido de herramientas para mejorar su calidad de vida. Las mismas han evolucionado junto con la evolución del ser humano y cada época ha traído un conjunto de nuevas herramientas, de complejidad creciente, pero que mantienen su condición de instrumentos para mejorar la condición de vida.

En las últimas décadas, una de dichas herramientas ha adquirido importancia creciente en múltiples actividades humanas. Se trata en realidad de un conjunto relacionado y

articulado de instrumentos, agrupados para diferentes nombres que incluyen títulos tales como *sistemas de apoyo a la toma de decisiones SATD* o *sistemas de gestión*. Estos términos identifican un enfoque integrado para la resolución de un problema tan antiguo como lo es la existencia del ser humano: como tomar mejores decisiones (Stuth y Smith, 1993). Los SATD incluyen metodologías tan diversas como modelos computacionales, sistemas expertos, sistemas de información geográfica, grupos de discusión, investigación participativa, y procesos estructurados de razonamiento. Frecuentemente, los SATD aparecen implementa-

---

Recibido Junio 6, 2002. Aceptado Septiembre 16, 2002

\*E-mail: rverai@puc.cl

dos en forma de programas de computación, pero pueden estar basados en papel, videos, o emanar de la experiencia de seres humanos “expertos”. A su vez, pueden ser usados por individuos o para asistir a grupos de tomadores de decisiones en sus deliberaciones, pero en esencia, su objetivo es suministrar mejor información, información más estructurada, mayor objetividad y mayor eficiencia en apoyo a dicha toma de decisiones (Stuth y Smith, 1993).

Lo anteriormente dicho no es sino un reflejo de las necesidades que enfrentan los tomadores de decisiones en el estado actual de desarrollo de la humanidad, necesidad que por cierto se extiende a la gestión de los recursos forrajeros. La literatura moderna sobre gestión tiende a resaltar la importancia de la habilidad para pensar en términos de *sistemas* (von Bertalanffy, 1976), y como liderar el cambio en sistemas (Scholtes, 1998).

Los conceptos anteriores son particularmente aplicables a los sistemas pastoriles de América Latina, que enfrentan un considerable aumento en el número y tipo de demandas que los consumidores de la región, y muy en particular, los de países importadores, están realizando. En efecto, por un lado las políticas nacionales exigen que dichos sistemas sean cada vez más eficientes económicamente, y esperan que incorporen constantemente nuevas tecnologías de complejidad variable. Por otro lado, diversos sectores de la sociedad expresan su preocupación relacionada a una variedad de aspectos ambientales, sanitarios y de calidad de los productos. Muchas de estas diversas demandas interactúan y pueden conducir a resultados impredecibles. Sumado a estas preocupaciones, el productor debe tomar decisiones sobre recursos de producción variables en términos de diversos tipos de suelos, potreros, y numerosos otros recursos físicos y biológicos de producción. Una discusión más detallada de éstos y otros aspectos ha sido realizada por Vera y Morales (2001).

## Conocimiento e Información

*En un mundo carente de información, prevalecen las opiniones. Donde prevalecen las opiniones, quien tiene poder reina.*

*Scholtes, 1998.*

El suministro de información a diferentes niveles de agregación o escalas, en forma sistematizada y fácil de usar e interpretar, facilita el desarrollo del pensamiento holístico, y trae consigo nueva comprensión y percepciones hasta entonces desapercibidos (Meadows, 1991; Scholtes, 1998). De hecho, también hay acuerdo creciente en que el continuo aprendizaje, a lo largo de toda la vida y el subsiguiente mejoramiento individual y de las comunidades ya no es una opción en el mundo moderno. Por el contrario, las organizaciones humanas que carecen de sistemas para la educación continuada están destinadas a la obsolescencia (Scholtes, 1998). Esto se refleja claramente en, por ejemplo, la importancia que el conocimiento y el manejo de la información han adquirido en los programas de desarrollo agrícola y la

prioridad que entidades crediticias como el Banco Mundial le están dando a estos asuntos (World Bank, 1998).

*All models are wrong, but some are useful*

*George Box*

En sus orígenes, los SATD fueron utilizados para la planificación industrial y comercial (Stuth y Smith, 1993), pero el concepto básico de que es el ser humano el responsable por la toma de decisiones, en tanto que los SATD se usan sólo para asistir en dicho proceso, no ha cambiado desde entonces. Por cierto que un SATD no intenta replicar todos los detalles de la interacción ser humano-ambiente o proceso productivo, sino solamente los aspectos salientes que, se hipotetiza, son responsables por las características principales de dicha interacción. La información heurística se puede obtener incluso de expertos o del propio usuario, cuando se carece de información precisa. Por ello, frecuentemente los SATD combinan datos cuantitativos con procedimientos semiestructurados y conocimientos y opiniones de especialistas (Stuth y Smith, 1993). Independientemente de cual sea el origen de dicha información, las bases de datos y los procedimientos para operar sobre dichos datos son el eje de los SATD y se denominan sistemas de manejo de la información. Como ya se indicara, los SATD incluyen actualmente modelos de simulación, sistemas expertos, bases de datos, sistemas de información geográfica, percepción remota, redes remotas, y otros en múltiples combinaciones de acuerdo a la finalidad que se persigue (Stuth y Smith, 1993).

Dichos sistemas reconocen la existencia de una variedad de jerarquías o niveles donde se toman decisiones. En el contexto de recursos de tierras y agricultura, una categorización común es la ilustrada en la Figura 1 (Lynam, 1994).

La gestión de agro ecosistemas es notoriamente compleja y ello se aplica particularmente bien al manejo de pastizales y praderas. La complejidad de dichos sistemas se puede inferir de sus múltiples funciones (Holechek, 2001):

- mantenimiento de las propiedades atmosféricas
- influencia sobre el clima
- fuente y regulación de suministro de agua dulce y el ciclo hidrológico
- fuente de biodiversidad de flora, fauna y paisaje
- origen y mantenimiento de suelos
- fuente de alimentos, fibras, productos agrosilvopastoriles, productos farmacéuticos, medicinales y energía renovable
- procesadores y recicladores de desperdicios
- soporte para la vida, el trabajo, recreación y el placer estético del ser humano

## Dimensiones Temporales en la Toma de Decisiones

El largo tiempo transcurrido entre la toma de decisiones en los sistemas pastoriles y la observación de la respuesta hace difícil evaluar la efectividad de la gestión, particular-

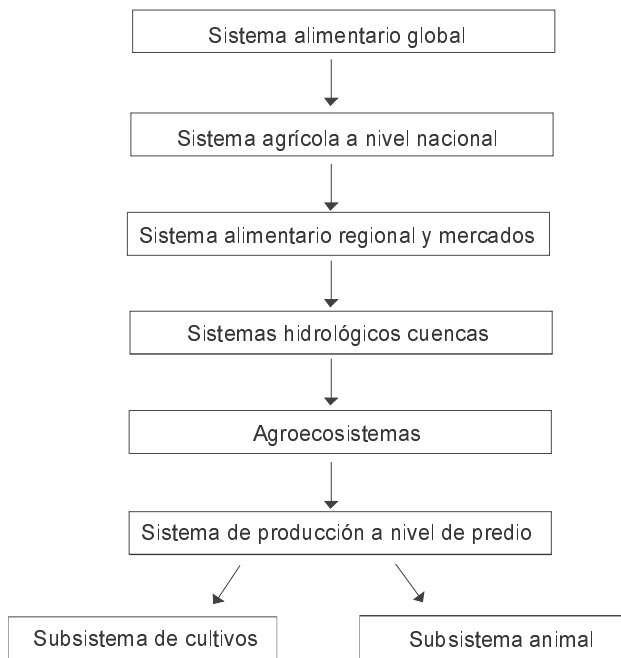


Figura 1. Ejemplos de diferentes escalas espaciales en las que se toman decisiones de gestión y de políticas.

mente si en el intermedio se han tomado decisiones adicionales, como inevitablemente sucede en dichos sistemas. A título de ejemplo considérese el caso de un pastizal que ha sido sujeto a prácticas de renovación, y que en el transcurso del siguiente año está expuesto a ser usado por diferentes categorías o especies animales, con diferentes cargas, ocasionalmente con el uso de suplementos, y con períodos de descanso y utilización variables. Este tipo de situación hace extremadamente difícil, si no imposible, anticipar o prever las consecuencias de decisiones de gestión tomadas hoy, en una dimensión espacial y temporal de mediano a largo plazo. En situaciones similares, la investigación sobre toma de decisiones ha evidenciado que dicho proceso está expuesto a sesgos y malas interpretaciones, en parte por la alta variabilidad, en parte por el largo tiempo transcurrido y en parte porque las relaciones causa-efecto no son simples (Einhorn, 1980; y Hogarth y Makridakis, 1981, citados por NRC, 1997; Meadows, 1991). De hecho, en situaciones sencillas el ser humano tiende a seguir reglas más o menos sencillas, implícitas o explícitas, lo cual minimiza esfuerzos y suministra resultados satisfactorios, aunque no necesariamente óptimos. Sin embargo, en situaciones ambiguas y complejas, las decisiones son frecuentemente emotivas y tomadas por impulso (Mellers *et al.* 1998). En estas situaciones, los SATD (Stuth y Lyons, 1993) pueden ser armas importantes para la toma de decisiones informadas y no sesgadas, y permiten analizar varios y complejos escenarios alternativos. Sin embargo, debe señalarse que sería una equivocación utilizar estas tec-

nologías en sustitución de la capacidad humana para intuir, enjuiciar y poner las diferentes alternativas en contexto y con equidad (Cartwright, 1993) ya que los modelos y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones son apenas artefactos que ayudan a examinar, a experimentar y a aprender las posibles consecuencias de adoptar diferentes escenarios o estrategias de producción. En este contexto es conveniente recordar que cualquier modelo de la realidad no es sino una simplificación de la misma, y que necesariamente implica realizar generalizaciones y abstracciones considerables. En segundo lugar, debe recordarse también que no existen modelos de gestión óptimos para todas las circunstancias; de hecho, los modelos son normalmente desarrollados con una aplicación específica *in mente*, aunque por cierto se reconoce la existencia de modelos *genéricos*.

Los sistemas agro-silvo-pastoriles de producción son complejos, tal como se deduce de la anterior discusión. En este contexto, el adjetivo “complejo” se aplica tanto en su acepción común, como en su interpretación matemática “sistemas complejos” (Funtowicz y Ravetz, 1993; Casti, 1992). Debe reconocerse no obstante, que no existe unanimidad en cuanto a la complejidad segunda acepción de estos sistemas, y por tanto, la naturaleza de las herramientas necesarias para su análisis es también discutible, tal como lo demuestra la reciente controversia entre Scarneccchia (1998) y Roe (1997, 1998) publicada en el Journal of Range Management. Sin embargo, es poco probable que alguien rechace la necesidad de usar una variedad de métodos cuantitativos y cualitativos para analizar las múltiples dimensiones espaciales, temporales y éticas de los sistemas agro-silvo-pecuarios de producción. Dadas las múltiples dimensiones y escalas involucradas en la toma de decisiones sobre el uso y manejo de los recursos naturales, se reconoce que existe una jerarquía de toma de decisiones. En el contexto de sistemas basados en usos pastoriles, una clasificación de dichas jerarquías se ilustra en la Figura 2.

Por último, los procesos de globalización y modernización requieren una creciente articulación de la ciencia y tecnología con los demás sectores involucrados en el proceso de desarrollo (Solbrig y Vera, 1996), tales como la agroindustria, la comercialización, la informática, etc., y como se deduce de lo anterior, representa un nuevo desafío en términos de gestión de estos sistemas. Dicha articulación es probablemente más notoria en la producción avícola, ya muy integrada verticalmente en la mayor parte de los países de la región, pero también es crecientemente evidente en el sector lechero de numerosos países de la región. Dicha articulación sin duda tendrá efectos significativos en la evolución de los sistemas agro-silvo-pastoriles y de las instituciones que lo sirven. En este contexto, es evidente entonces que la gestión de esos tipos de sistemas pecuarios es cada vez más “ciencia” y “técnica”, y algo menos de “arte”. Si esta interpretación fuera correcta, se infiere que la capacitación y desarrollo del capital humano y el suministro de herramientas de apoyo a la gestión adquieren una creciente importancia.

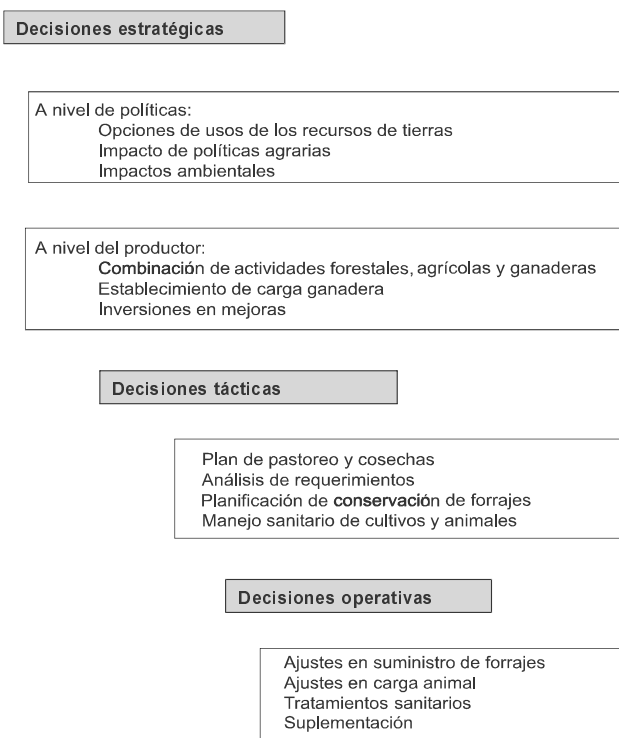


Figura 2. Escalas de toma de decisiones en sistemas pastoriles.

## Desarrollo de Herramientas para la Toma de decisiones

La elaboración de herramientas que apoyen en la toma de decisiones tiene una historia que se remonta a la II Guerra Mundial, y que ha sido revisada, entre muchos otros, por Wagner (1969), en una época que se las denominó como *investigación operativa*. Es sintomático de las características de dichas herramientas, que el primer capítulo del libro de Wagner (1969) se titula “*el arte y ciencia de las decisiones ejecutivas*”, dando clara idea de que conjugan elementos objetivos y cuantitativos, con elementos de criterio subjetivos y valóricos.

Entre los primeros ejemplos de herramientas elaboradas para apoyar la discusión de escenarios alternativos de desarrollo se debe contar seguramente los esfuerzos mundialmente famosos del Club de Roma en su reporte titulado *Limits to Growth* (Meadows, 1973; Meadows *et al.*, 1973, así como los trabajos de Jay W. Forrester del MIT por ejl., Forrester, 1973).

A su vez, los modelos mundiales elaborados por el Club de Roma, hallaron una respuesta latinoamericana, elaborada por la Fundación Bariloche, de Argentina, quien desarrolló un modelo equivalente desde una perspectiva regional Gallopín *et al.* (1989). Aun otro ejemplo de modelos que ayudan a la toma de decisiones y a priorizar acciones, son los referidos a la seguridad alimentaria global, que han sido recientemente discutidos por McCalla y Revoredo (2002).

La primera sugerencia de desarrollar modelos de simulación para sistemas pastoriles fue realizada hace 40 años por Arcus (1963), en un trabajo poco divulgado pero que posiblemente influenció los primeros intentos realizados en Australia y N. Zelanda en la década siguiente, así como en otros países. Es así como a inicios de los 70s comienzan a aparecer los primeros modelos de simulación de sistemas pastoriles (Smith y Williams, 1973; Vera *et al.*, 1977).

Con referencia específica a modelos y herramientas para la toma de decisiones en sistemas pastoriles, se puede afirmar que en forma muy simplificada, todos los modelos existentes tienen, desde el punto de vista biológico, dos grandes componentes principales. El primero de ellos se refiere a la simulación del crecimiento del pasto, habitualmente expresado como una función de la biomasa existente y de limitantes tales como agua, temperatura y nutrientes. Un buen ejemplo es el modelo GrassGro desarrollado en Australia (Moore *et al.*, 1997), en tanto que un modelo algo más simple fue desarrollado por Brito *et al.* (1998) para evaluar la sostenibilidad de una pastura tropical. El segundo componente de importancia en estos SATD es uno que podría llamarse de simulación de la eficiencia de pastoreo, en el cual el objetivo es predecir la tasa de consumo de forraje en condiciones de pastoreo, con relación a las características cuali y cuantitativas del forraje ofrecido, y las características fisiológicas y genéticas del animal (Vera *et al.*, 1977). Por el momento, éste es el aspecto más complejo ya que las relaciones causales en la interacción animal-pradera son aún motivo de investigación y discusión (Parsons y Chapman, 2000), y con pocas excepciones se recurre a realizar simplificaciones considerables, ilustradas entre otros, por Vera *et al.* (1977) y Brito *et al.* (1998), pero que resultan efectivas aunque poseen limitado grado de extrapolación y generalización. Desde luego, frecuentemente se agregan otros componentes o módulos a los SATD pecuarios, incluyendo los de manejo sanitario, análisis económico y otros.

Otros desarrollos en América Latina están radicados en la adaptación y parametrización de modelos existentes, típicamente el conjunto denominado Decision Support System for Agrotechnology Transfer, DSSAT, coordinado por el International Consortium for Agricultural Systems Applications, ICASA, con sede actualmente en Hawaii. Ejemplos de estas adaptaciones son el uso por CIP y CONDESAN de dichos modelos (Crissman y Antle, 1998), la parametrización del modelo CROPGRO, integrante de DSSAT para *Brachiaria decumbens* en la zona cafetera de Colombia (Giraldo *et al.*, 1998), y numerosas otras realizadas en Brasil, Venezuela, y otros países. A pesar de que DSSAT posee una interfase con SIG, hasta el momento la misma no ha sido explotada en A. Latina, en forma sistemática.

Actualmente, los SATD aplicables a sistemas pastoriles todavía tienen limitaciones para acomodar en forma expeditiva, cambios frecuentes en las decisiones de quien gestiona el sistema. Sobre todo en sistemas pastoriles intensivos, las decisiones de manejo del pastoreo son tomadas casi diariamente en respuesta al estado de los pastizales y pastu-

ras, en tanto que los SATD tienden a implementar estrategias de manejo mucho menos detalladas (Cros *et al.*, 1997). Otra limitante es la inclusión de la variabilidad espacial dentro de los SATD, un asunto que es todavía sujeto de experimentación. En forma equivalente, la incorporación de datos obtenidos por percepción remota es todavía limitada. Aquí se puede citar el intento de Jongschaap (1999) para usar datos satelitales en un modelo que pretende predecir la digestibilidad del forraje en pastizales alto andinos de Perú y Bolivia. Aún otro aspecto que se está desarrollando progresivamente es la interacción de SATD con datos obtenidos de sistemas de posicionamiento global GPS, muestreo de suelos en cuadrículas *grids*, rendimientos y otros parámetros frecuentemente asociados a la agricultura de precisión (Paz, Cugnasca y Saraiva, 1997).

La simulación de la interacción sistema pastoril-medio ambiente ha sido poco explorada en la región. Crissman y Antle (1998) describen el uso combinado de modelos para dos cuencas productoras de papa y leche en el Ecuador. Los modelos incluyeron uno econométrico de producción de papa y uno que estima, en forma simplificada, procesos de lixiviación de pesticidas. Sin embargo, las simulaciones se conducen en el ámbito de parcelas individuales de papa, y los resultados se agregan a nivel de cuenca. Un modelo más integral de dicho sistema fue desarrollado por Barrera y Aguilar (1996) e incluye la simulación de la producción de papa y de leche en forma integrada.

En forma semejante, el desarrollo ganadero del América Central en relación a los recursos naturales y la sostenibilidad ha sido frecuentemente discutido (Pezo *et al.*, 1994), sin que por ello se hayan realizado ejercicios integradores. La excepción está constituida por la aplicación de métodos desarrollados para la Unión Europea a una región de Costa Rica (Alfaro *et al.*, 1994). El objeto del estudio fue la zona atlántica de dicho país, una región que cubre 530,000 hectáreas, donde se aplicaron las herramientas de SIG, bases de datos georeferenciados, modelos de simulación y programación lineal multi-objetivo a la construcción de escenarios de desarrollo pecuario.

Por último, es notorio que en muchas zonas pastoriles hay intentos crecientes de diversificar la producción mediante la introducción de animales exóticos o nativos en proceso de domesticación como camélidos sudamericanos, ciervos, jabalís, avestruces, etc., a veces en pastoreo común con los rumiantes domésticos y otras veces, en competencia con ellos. Este aspecto del uso múltiple de pastizales y praderas constituye un desafío importante para el futuro desarrollo de SATD.

La breve discusión precedente señala claramente dos escalas contrastantes para la aplicación de SATD pecuarios tales como son la simulación y análisis de estrategias de producción a nivel de predio, y estudios equivalentes aplicados a nivel de región o cuencas. Estos constituyen en consecuencia, ejemplo de aplicaciones espaciales en muy diferentes escalas entre las ilustradas en la Figura 1.

## Demandas y oportunidades

De la anterior discusión se deducen una serie de demandas y oportunidades, entre las que se incluyen (Vera, 1998):

1. Una creciente demanda de atención a la interacción ganadería-ambiente. Cheque, 1993, ventajas y desventajas *tradeoffs*, oportunidades de impactos ambientales positivos, etc., y en general, la demanda por un uso responsable de los recursos de tierras y aguas en los sistemas pastoriles.
2. La mejora en el acceso a la información técnica, de mercados y de gestión en forma expeditiva.
3. Gestión más sofisticada, capaz de analizar las dimensiones no solamente económicas a nivel de propiedad, sino también aquellas que crecientemente preocuparán a la sociedad latinoamericana y a los mercados importadores tanto del hemisferio Norte como del Sur: ambiente, equidad, calidad nutritiva, origen, usos múltiples, y bienestar animal.
4. Nuevos y muy dinámicos arreglos institucionales para servir a las necesidades de I & D de un sector sujeto a cambios rápidos en el contexto general, y con capacidad de responder en forma dinámica a dichos cambios. En este contexto, y en la medida que la información, adecuadamente sintetizada y racionalizada, adquiere cada vez mayor valor, veremos el surgimiento de iniciativas privadas destinadas a procesarla, interpretarla y venderla.

## Conclusiones

La breve y selectiva revisión de la literatura sobre el uso de los recursos pastoriles y las metodologías involucradas en su ordenamiento y planeación aquí realizada, lleva inevitablemente a la conclusión de que los procedimientos utilizados en la gestión de sistemas pastoriles han estado cambiando radicalmente en los últimos 10 años, como consecuencia de una serie de desarrollos fundamentales (Fresco, 1994):

- las nuevas tecnologías informáticas;
- el aumento de la percepción de que es necesario aplicar el conocimiento científico para usar los recursos con eficiencia económica, equidad y con fines de su preservación; y
- los deseos crecientes de que las comunidades y todos los interesados se involucren en la selección de usos adecuados y aceptables de dichos los recursos en forma tan descentralizada como sea posible.

También, y en gran parte debido al notorio y rápido cambio en las políticas gubernamentales aplicadas al sector en América Latina, hay una creciente necesidad de intensificar la producción a partir de sistemas pastoriles en formas que puedan competir con éxito en mercados altamente globalizados. Ello implica considerar las consecuencias de diferentes estrategias de producción no sólo en términos de efi-

ciencia económica sino en numerosas otras dimensiones que habitualmente se identifican con una producción “sostenible”. Esto requiere utilizar todas las herramientas disponibles para una toma de decisiones más informada e inteligente y sin duda, los SATD son una de ellas.

### Literatura Citada

- Alfaro, R., J. Bouma, L. O. Fresco, D. M. Jansen, S. B. Kroonenberg, A. C. J. van Leeuwen, R. A. Schipper, R. J. Sevenhuyen, J. J. Stoorvogel y W. Watson. 1994. Sustainable land use planning in Costa Rica: a methodological case study on farm and regional level. En: Fresco, L. O., L. Stroosnijder, J. Bouma and H. Van Keulen, (Eds.). *The Future of the Land. Mobilising and Integrating Knowledge for Land Use Options*. NY: Wiley, pp. 183-202.
- Arcus, P. L. 1963. An introduction to the use of simulation in the study of grazing management. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 23: 159-168
- Barrera, V y C. Aguilar. 1996. Modelo de simulación para el estudio de la sostenibilidad del sistema de producción de pequeños productores de Carchi, Ecuador., I. Desarrollo del modelo y validación. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 4: 135-166
- Brito, E., C. Aguilar, R. Cañas, y R. Vera 1998. Modelo de simulación para evaluar la sostenibilidad de las pasturas de la altillanura. I. Desarrollo y validación del modelo. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 6: 1-38.
- Cartwright, T. J. 1993. *Modeling the world in a spreadsheet*. Environmental simulation on a microcomputer. Baltimore: John Hopkins University Press. 423 pag.
- Casti, J. L. 1992. *Reality Rules: I. Picturing the world in mathematics*. New York: Wiley, 388 p.
- Cheeke, P. R. 1993. *Impacts of Livestock Production on Society, Diet/Health and the Environment*. Danville: Interstate Publishers, Inc. 241 p.
- Crissman, C. C. y J. M. Antle. 1998. Physical and economic model integration for the measurement of environmental impacts of farming. En: R. Lal, ed. *Soil Quality and Agricultural Sustainability*. Chelsea: Ann Arbor Press, pp. 319-336.
- Cros, M. J., Duru, M, García, F and Martin-Clouaire, R. 1997. Characterizing and simulating a rotational grazing strategy. First European Conference for Information Technology in Agriculture, Copenhagen, 15-18 June, 1997
- Forrester, J. W. 1973. *World Dynamics*. Cambridge: Wright Allen Press, Inc.
- Forrester, J. W. 1995. *Counterintuitive behavior of social systems*. Copyright © Jay W. Forrester, 1995.
- Fresco, L. O. 1994. Imaginable futures: a contribution to thinking about land use planning. En: Fresco, L. O., L. Stroosnijder, J. Bouma and H. Van Keulen, eds. 1994. *The Future of the Land. Mobilising and Integrating Knowledge for Land Use Options*. NY: Wiley, pp. 1-8.
- Fresco, L. O., L. Stroosnijder, J. Bouma and H. Van Keulen (Eds.). 1994. *The Future of the Land. Mobilising and Integrating Knowledge for Land Use Options*. NY: Wiley, 409 pp.
- Funtowicz, S.O. and J. R. Ravetz. 1993. Science for the post-normal age. *Futures* 25: 739-756. Publicado también como: “Quality science for the environment” en <http://ta-www.jrc.it/Tahome/Research/post-normal.htm>
- Gallopin, G. I. Gómez, y M. Winograd. (Eds.). 1989. *El futuro ecológico de un continente: una visión prospectiva de América Latina*. United Nations University y GASE, Bariloche, Argentina.
- Giraldo, L. M., L. J. Lizcano, A. J. Gijsman, B. Rivera y L. H. Franco. 1998. Adaptación del modelo DSSAT para simular la producción de *Brachiaria decumbens*. *Pasturas Tropicales* 20: 2-12.
- Holechek, J. 2001. A growing population, rangelands & the future. Publicado originalmente en *Rangelands* December 2001, y disponible en [www.ranchwest.com/population.html](http://www.ranchwest.com/population.html) leído en Abril 2002
- Jongschaap, R. 1999. LINPAS model: Dynamic simulation of rangeland production in the Altiplano of Peru and Bolivia. In *Symposium on systems approaches for agricultural development SAAD-III*. Proceedings. Lima, Perú
- Lynam, J.K. 1994. Sustainable growth in agricultural production: the links between production, resources, and research. En: Goldsworthy, P. and F. Penning de Vries, eds., *Opportunities, use and transfer of systems research methods in agriculture to developing countries*. London: Kluwer Academic Publishers, pp. 3-27.
- McCalla, A. F. y C. L. Revoredo. 2002. Prospects for global food security: a critical appraisal of past projections and predictions. 2020 Vision Discussion Paper 35. Washington D.C.: IFPRI.
- Meadows, D. H. 1973. *Dynamics of Growth in a Finite World*. Cambridge: Wright Allen Press, Inc.
- Meadows, D. H. 1991. *Systems dynamics meets the press*. *The Global Citizen*, pp. 1-12. Washington D.C.: Island Press.
- Meadows, D. H., D. L. Meadows, J. Randers y W. W. Behrens. 1973. *Los límites del crecimiento*. Informe al Club de Roma sobre el predicamento de la humanidad. México: Fondo de Cultura Económica.
- Mellers, B. A., A. Schwartz y A. D. J. Cooke. 1998. Judgement and decision making. *Annual Rev. of Psychology*. 49: 447-477.
- Moore, A. D., J. R. Donnelly and M. Freer. 1997. GRAZPLAN: Decision support systems for Australian grazing enterprises. III. Pasture growth and soil moisture submodels, and the GrassGro DSS. *Agric. Systems* 55: 535-582.
- Nielsen, N. O., (Ed.). 1994. *Agroecosystem Health*. Proceedings of an International Workshop. Guelph: University of Guelph. 114 pp.
- NRC. 1997. *Precision Agriculture in the 21<sup>st</sup> Century: geospatial and information technologies in crop management*. Washington D.C.: National Academy Press, 149 p.
- Parson, A. J. and D. F. Chapman. 2000. The principles of pasture growth and utilization. En: *Grass. Its Production and Utilization*, A. Hopkins, ed., pp. 31-89. Osney Mead: Blackwell.
- Paz, S. M., C. E. Cugnasca, e A. M. Saraiva. 1997. Programa de simulação de um receptor GPS, para teste de equipamentos usados em agricultura de precisão. <http://www.agrosoft.com> leído Marzo 1998,
- Pezo, D., E. J. Holmann y T. M. Yuill, coordinadores. 1994. *Ganadería y Recursos Naturales en América Central: estrategias para la sostenibilidad*. San José: CATIE. 333 pp.
- Roe, E. 1997. Viewpoint: On rangeland carrying capacity. *J. Range Mgmt.* 50: 467-472.
- Roe, E. 1998. Rebuttal: Complex all the way down: Reply to Davis L. Scarneccchia’s viewpoint on objectives, boundaries, and rangeland carrying capacity. *J. Range Mgmt.* 51: 477-478.
- Scarneccchia, D. L. 1998. Comment paper. Viewpoint on objectives, boundaries, and rangeland carrying capacity. *J. Range Mgmt.* 51: 475-476.
- Scholtes, P. R. 1998. *The Leader’s Handbook. A guide to inspiring your people and managing the daily workflow*. N.Y.: McGraw-Hill, 416 pp.
- Smith, R. C. G. y Williams, W. 1973. Model development for a deferred-grazing systems. *J. Range Mgmt.* 26: 454-460.
- Solbrig, O. T. y R. R. Vera. 1996. Impacto de la globalización en las llanuras del cono sur. En O. T. Solbrig, ed., III Foro del Ajusco, Globalización Económica y Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe; Mesa: Impactos, Indicadores y Alternativas. UNEP and Colégio de México, 4-6 September 1996. México.
- Stuth, J. W. and B. G. Lyons, eds. 1993. *Decision Support Systems for the Management of Grazing Lands. Emerging Issues. Man and the Biosphere Series, Vol. 11*. UNESCO. 301 pp.
- Stuth, J. W. y M. S. Smith. 1993. Decision support for grazing lands: an overview. En: Stuth, J. W. and B. G. Lyons, eds. *Decision support systems for the management of grazing lands: emerging issues*. Paris: UNESCO Man and the Biosphere series Vol. 11, pp. 1-35.
- Vera, R. R., J. G. Morris and L. J. Koong. 1977. A quantitative model of energy intake and partition in grazing sheep in various physiological states. *Anim. Prod.* 25: 133-153
- Vera, R. R. 1998. Problemas y Oportunidades para el Desarrollo de los Sistemas Ganaderos Latinoamericanos. Conferencia en Seminario Internacional de Manejo y Utilización de Pasturas Tropicales. Centro de Investigaciones Agrícolas Tropicales, Santa Cruz y University of Edinburgh. 23-25 Noviembre de 1998.

- Vera, R. R. y S. Morales. 2001. Decision support systems for pasture utilization: developments, opportunities and constraints. Simposio Internacional en Producción y Medio Ambiente, Proceedings. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- von Bertalanffy, L. 1976. Teoría General de los sistemas. Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Económica. 310 pp.
- Wagner, H. M. 1969. Principles of Operations Research, with applications to managerial decisions. Englewood Cliffs: Prentice Hall. 937 pp + apéndices.
- World Bank. 1998. World Development Report: Knowledge for Development. Washington D.C.: World Bank 1998/99.