

La investigación de sistemas agropecuarios en Latinoamérica. Modelo descriptivo¹

J. S. Morales y C. Aguilar*

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

The investigation of agricultural systems in Latin America. A descriptive model

ABSTRACT: The actual scientific and technological situation of agricultural research and specifically that carried out in universities and research institutions related to animal sciences was analyzed considering the fundamentals of development, participation and articulation of the entities involved in the research process. It is suggested that there is a model in progress through which when innovative technologies are included gives practical and useful solutions to the actual needs while creating a new and dynamic methodology for research.

Key words: Agricultural research, non lineal models of knowledge transfer, systems

©2002 ALPA. Todos los derechos reservados

Arch. Latinoam. Prod. Anim. 2002. 10(3): 184-192

RESUMEN: Se analiza la situación actual de la investigación agropecuaria, tanto científica como tecnológica y principalmente la desarrollada en los centros universitarios e institutos de investigación relacionados con las ciencias de producción animal. Esta situación se estudia dentro del concepto de desarrollo y participación y articulación de las entidades que forman parte del proceso de investigación. Se sugiere que hay un modelo en proceso que, incorporando nuevas tecnologías e innovaciones y apoyados en distintos tipos de conocimiento, busca soluciones a las actuales necesidades creando una metodología nueva y dinámica de la investigación, para ofrecer una respuesta práctica y útil.

Palabras clave: Investigación agropecuaria, modelos no lineales de transferencia del conocimiento, sistemas

Introducción

En los últimos años la evolución de la ciencia ha llevado a enfatizar la importancia de ofrecer respuestas que puedan ser implementadas en un corto o mediano plazo, de manera que la investigación tenga una parte netamente aplicada (innovación tecnológica) separada de la investigación básica.

La postura tradicional de hacer investigación reconoce la existencia de una relación causal entre ciencia y tecnología que se representa mediante un modelo lineal que describe la génesis de una innovación tecnológica como un proceso secuencial que partiendo de la ciencia llega a un producto o proceso comercializable. De este modo, a partir del conocimiento científico (ciencia) y pasando por diferentes etapas que pueden ser investigación aplicada, desarrollo, invento, producción o innovación se llega a una entidad co-

mercializable. En este modelo el cambio tecnológico solamente se produce en función del cúmulo de conocimientos científicos actual o de los que se puedan obtener a través de la investigación básica.

Los productos o servicios comercializables obtenidos en el marco del modelo lineal pueden presentar la característica de ser científicamente los mejores, pero muchas veces no compatibles con aspectos económicos y sociales que caracterizan a los sistemas de producción. Debe tenerse en cuenta que el proceso productivo involucra más que al investigador y al productor, involucra una cantidad de entes que van desde planificadores y autoridades, hasta comerciantes y transportistas. Por tanto, como partes dinámicas y participativas del proceso productivo deberían ser consideradas al momento de identificar problemas y buscar soluciones.

Recibido Mayo 30, 2002. Aceptado Agosto 15, 2002

*E-mail: daguilag@puc.cl

¹Estudio realizado en el marco del proyecto FONDEF D00 T1064. Parte de este trabajo fue presentado en la defensa de tesis de Magister por Julia Susana Morales en la P. Universidad Católica de Chile.

El objetivo de este estudio es analizar el tipo de investigación que enfrentará la agricultura en los próximos años y las alternativas que tendrá el tradicional análisis de sistemas como metodología, así como las posibilidades de incorporar nuevas herramientas y con ello, las características del profesional que se requerirá para guiar este proceso.

La hipótesis subyacente es que existe una cadena de investigación que está en proceso de formación como medio de articulación entre investigadores, actores sociales e instituciones que busca establecer una nueva aproximación hacia el análisis de sistemas y con un concepto más amplio y multidimensional de lo que significa desarrollo.

Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica

La ciencia puede definirse como un subsistema de la cultura constituido por la acción de las comunidades humanas cuyos resultados son sistemas de enunciados probados metódicamente hasta un cierto grado de verosimilitud y orientados hacia la verdad acerca del mundo. A su vez, existe otro subsistema de la cultura, el conocimiento generado por la ciencia y orientado hacia procesos de producción, con-

servación, distribución y reproducción de complejos objetos que es lo que llamamos tecnología (Flores, 1997).

Se puede verificar la relación que existe entre ambos subsistemas de la cultura, por cuanto la ciencia empírica depende de las tecnologías de la experimentación y de la observación, la invención tecnológica acelera el desarrollo de teorías científicas e influye en la ciencia a través de los modelos tecnológicos, la tecnología depende de la información científica, la ciencia adquiere información sobre la realidad y la tecnología introduce esta información en los sistemas existentes tanto naturales como artificiales (Morales J.S., 1997).

Sin embargo, aun cuando ambas actividades caminan de la mano, poseen objetivos completamente distintos. La ciencia busca la verdad, comprender y conocer el mundo, mientras que la tecnología tiene como meta la aplicación sistemática del conocimiento científico u otro conocimiento organizado en tareas prácticas (Fernández, 1996). Por tanto, la metodología empleada en uno u otro proceso será distinta. Tal situación ha sido descrita por algunos autores (Cañas y Lavados, 1996) y puede verse en la Figura 1. Se podría decir que el método utilizado en la actividad tecnológica difiere fundamentalmente del método utilizado por la ciencia: hay un problema por resolver, se hace un análisis

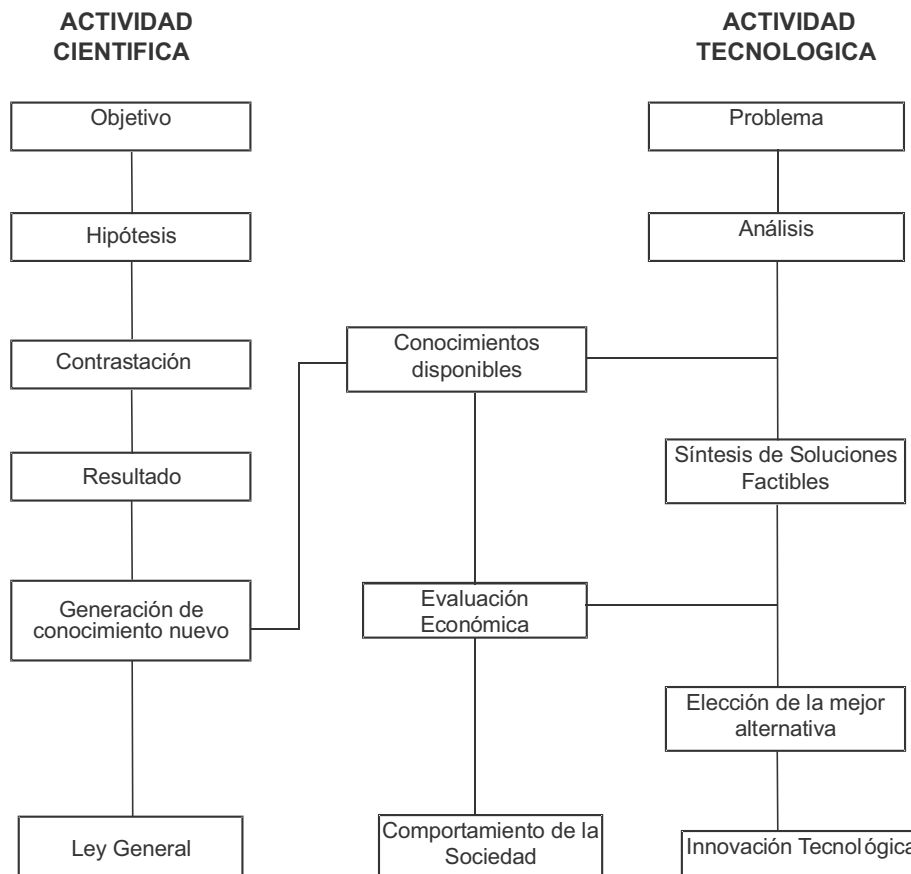


Figura 1. Etapas generales seguidas del método científico y la actividad tecnológica.

de todos los factores que afectan al sistema del problema, usando los conocimientos disponibles se hace una síntesis que permite dar infinidad de soluciones factibles las que, unidas a una evaluación económica, determinarán la elección de la mejor solución, que evaluada en el entorno de la sociedad, darán origen a una innovación tecnológica. Estas son las etapas de lo que se podría llamar una variante descriptiva del modelo lineal (Cañas y Lavados, 1996).

Sin embargo, este modelo, trata la innovación únicamente desde la perspectiva del mercado. Sólo considera como innovación los productos y procesos que son nuevos para el mundo; se rechazan como innovaciones los productos y procesos que son nuevos para la empresa. En este sentido, se requeriría de un modelo más flexible para poder considerar como innovaciones las actividades de transferencia tecnológica que aprovechan las oportunidades de introducir una tecnología ya disponible y válida (normalmente con algunas modificación que la adapte a las condiciones locales) en áreas geográficas cuya aptitud para la misma no había sido anteriormente reconocida ni utilizada (Fernández, 1996).

En la actualidad se trata el desarrollo tecnológico como un proceso complejo con múltiples retroalimentaciones y fuentes de innovación, sugiriendo que el proceso de innovación tecnológica puede involucrar la síntesis simultánea de varios aspectos de ciencia y tecnología. Tal modelo, ha sido denominado de cadena eslabón (Kline, 1985) y a diferencia del modelo lineal, en vez de tener un curso principal de actividad tiene cinco. Tales caminos son los que conectan las tres áreas de relevancia del proceso de innovación tecnológica: investigación, conocimiento y el proceso de la cadena central de innovación tecnológica (mercado potencial, invento y/o diseño analítico, diseño detallado y prueba, rediseño y producción y distribución y venta).

La calidad de la actividad tecnológica se mide por la eficiencia con que se resuelve un problema o se satisface una necesidad. Esto significa que, a diferencia de la actividad científica tendrá para un mismo problema infinitas soluciones posibles y se elegirá una con plena conciencia de que la solución más adecuada es evolutiva en el tiempo dependiendo del tamaño de la tecnología, costos de las partes, de la sociedad que lo demanda, etc.

Las Fuentes de Financiamiento

La innovación tecnológica en la empresa, en una economía globalizada, es fundamental para mantener su competitividad y asegurar su supervivencia. Los países desarrollados lo entendieron así desde hace mucho tiempo. Su actual supremacía mundial se ha basado fuertemente en su permanente esfuerzo de investigación y desarrollo tecnológico realizado al interior de las empresas y fuera de ellas. En el caso latinoamericano, tradicionalmente los empresarios no han realizado esta actividad de forma regular, con el conse-

cuente atraso y dependencia tecnológica del exterior de gran parte de su sector productivo.

Es muy reconocido el hecho de que las labores de investigación, desarrollo y las innovaciones generan externalidades sociales positivas a la comunidad, mayores que los costos de efectuarlas. Por ello, algunos países apoyan estas labores con recursos fiscales. Por otro lado, la necesidad de compartir costos en investigación es importante por cuanto hay una serie de actividades científico tecnológicas de alto riesgo. Acá cobran importancia los instrumentos de fomento del Estado, actuando como un catalizador que apoya el proceso de desarrollo.

La tendencia mundial ha sido involucrar a la empresa privada dentro de este proceso investigativo. Así por ejemplo, en el caso de Chile la composición del gasto en investigación y desarrollo, ha cambiado considerablemente. Hasta 1980 el Gobierno y las Universidades realizaban la mayor parte de este gasto y lo hacían en un contexto institucional bastante distinto al actual, orientándose al conocimiento científico y no al desarrollo tecnológico (Fondef, 1996), con un 95% de recursos que eran públicos. En 1996 ese porcentaje bajó a 66% (Larroulet, 1998). Durante los últimos años, Chile ha realizado un gran esfuerzo para apoyar el proceso de investigación y desarrollo: en el periodo 1980-1996 el porcentaje del PIB destinado a tal efecto creció desde 0,39% a 0,8%. Este aumento de financiamiento se ha visto reflejado en la implementación de fondos concursables diferenciados para investigación de excelencia sin fines de lucro, para innovación tecnológica a nivel empresarial, y para articulación de instituciones de investigación con empresa privada en esfuerzos por aumentar la competitividad de diversos sectores productivos.

En el caso de la agricultura, los procesos tradicionales de investigación a través de institutos de investigación y estaciones experimentales han resultado, las más de las veces, frustrantes o exiguos, tanto para el Gobierno como para los agricultores. A pesar de que se puede enumerar muchos errores cometidos al planificar y dirigir los programas de investigación, posiblemente uno de los más importantes haya sido la falta de visión empresarial. Las políticas proteccionistas y el financiamiento a fondo perdido, sólo lograron anular la capacidad competitiva de los agricultores. Por otra parte, el nivel de adopción tecnológica fue muy bajo, debido principalmente a que las opciones que se ofrecían no eran compatibles con las realidades económicas y sociales de los agricultores.

En una época donde la economía de mercado sugiere las actividades de los países, la agronomía no puede mantenerse fuera del proceso. Si la investigación en agronomía debe transformarse en un proceso competitivo, es necesario que se desarrollen ciertos mecanismos que aseguren que los procesos productivos puedan ser desarrollados en busca de un objetivo común que logre integrar tanto investigadores, productores, autoridades del sector y otros que de una forma u otra intervengan en éste.

Problemas que Requieren Investigación

Por muchos años, el modelo preponderante de la extensión agropecuaria se basaba en la asunción de que las nuevas tecnologías agropecuarias y el conocimiento estaban básicamente desarrollados y validados por investigadores, y de que la labor de las agencias de extensión era la de promover la adopción de estas tecnologías por los agricultores, de manera que se pudiera aumentar la productividad agrícola.

En la mayoría de los países latinoamericanos, la figura principal sobre la cual se enfocaron los esfuerzos fue el pequeño o mediano agricultor, considerando que los problemas productivos que había que resolver eran aquellos de los menos favorecidos. Aunque con un gran sentido social, estas actividades se enfocaron en lograr una mayor productividad, que es importante, pero se olvidó formar a los agricultores en competitividad, capacidad de gestión técnica y visión empresarial, para que pudieran ganar un espacio dentro de las economías locales, nacionales o internacionales.

Una numeración de los problemas que ha tenido la agricultura en Latinoamérica a nivel de finca y comunidades rurales han sido resumidas por Lacki (2001):

1. Bajos rendimientos por unidad de tierra y de animal. A veces debidos a errores primarios que ocurren en el proceso productivo y que se requiere enseñar tecnologías sencillas para corregirlos. Pero existe otros que se deben a la incapacidad de adoptar las tecnologías disponibles por la falta de recursos económicos. Los créditos no son abundantes y los intereses no son siempre accesibles.
2. Los agricultores no han logrado formar cooperativas u otro tipo de organización que los agrupe con propósitos empresariales y les permita competir. Un ejemplo claro de esta distorsión es la compra de insumos que normalmente compra al por menor con alto valor agregado y del último eslabón de intermediación, mientras que cuando venden sus cosechas ocurre todo lo contrario pues las venden al por mayor, sin valor agregado y al primer eslabón de la cadena.
3. La falta de diversificación productiva que los hace vulnerables al clima, enfermedades y mercado, y dependientes del crédito.
4. La ocurrencia de sobredimensionamientos y ociosidades en inversiones
5. La producción en rubros de alimentos de bajo valor en los mercados. Tratar de competir con productos de una agricultura tradicional es muy difícil considerando los subsidios que reciben los agricultores de los países desarrollados y las medidas proteccionistas. Además si sumamos a esta situación la producción en pequeñas cantidades estamos ante pocas posibilidades de competir incluso en los mercados locales. Las políticas de especialización y segmentación son alternativas promisorias en la búsqueda de nuevos mercados.

Analizando los problemas que han existido a nivel de políticas regionales y nacionales, es interesante considerar los cambios de paradigmas que están emergiendo por sobre el modelo de desarrollo tradicional y al cual Latinoamérica terminará por incorporarse en busca de un desarrollo más uniforme y sólido (Gastó, 2001). El modelo antiguo considera que son tres los temas a los cuales van orientados los recursos económicos y políticos: los sectores (el sector lechero, el sector frutícola, el sector bananero, etc.), las personas (empresarios u otros que no ejercen un papel directo en el desarrollo regional) y la rentabilidad (medida a través de la TIR, VAN u otro), tomando como referencia del modelo los conceptos de éxito o fracaso. En el planteamiento del nuevo modelo, el territorio es uno de los temas que cobran mayor importancia considerándolo como fundamental dentro de lo que significa el desarrollo del espacio rural en todo su sentido (en vez de apoyar sectores). El otro cambio importante es el de considerar actores sociales en vez de personas, considerando que los actores sociales son aquellos que ejercen influencia sobre el desarrollo del territorio y que intervienen en los procesos de cambio. El tercer eje, la rentabilidad, aunque continua siendo importante ya no es un concepto asociado mayoritariamente a reducción de costos por cantidad, por cuanto la demanda por calidad ha hecho que la producción enfrente problemas cualitativamente diferentes. Finalmente el nuevo sistema de referencia ha ampliado su concepto más allá de lo que pueda considerar éxito o fracaso y mide en términos de equidad, sustentabilidad y productividad (Figuras 2 y 3).

Y parece ser que la importancia del territorio dentro del desarrollo ha sido entendida también dentro de los procesos de innovación a nivel empresarial. Dentro del concepto de medios innovadores, se ha establecido una relación entre el territorio y el proceso de innovación tecnológica. Este medio considera la existencia de un substrato territorial (que se comporta como espacio de vida y trabajo para sus residentes), un conjunto de actores (empresas, instituciones públicas, sindicatos y asociaciones, centros educativos y de investigación, etc.) con capacidad de decisión e identificados con el espacio, una serie de recursos materiales (servicios, infraestructura) y no materiales (saber hacer, herencia cultural, cohesión social, etc.) que son específicos del área en cuestión, una lógica de interacción (por la que se establecen relaciones entre actores) y una lógica de aprendizaje o capacidad de los actores para modificar su comportamiento a lo largo del tiempo para poder adaptarse al entorno (Alonso y Méndez, 2000).

Por otra parte, el rol de los actores sociales (*stakeholders*) ha sido objeto de preocupación desde hace mucho. Existen innumerables metodologías participativas desarrolladas desde fines de la década de los años 70, dentro del marco de los sistemas blandos. Muchas de ellas se limitan a recoger y proveer información a los investigadores, mientras que otras tratan de enfatizar sobre el fortalecimiento de la comunidad. Como muchas otras metodologías, han sufrido críticas duras sobre sus alcances reales.



Figura 2. Modelo tradicional de desarrollo (Gastó, 2001).



Figura 3. Modelo emergente de desarrollo (Gastó, 2001).

Sin embargo, existe una diferencia entre el concepto de esas metodologías participativas y el nuevo concepto de actores sociales por cuanto el planteamiento actual de participación considera a todos aquellos que, de forma directa o indirecta, se relacionan con el proceso productivo de un determinado territorio.

Uno de los riesgos que se puede percibir al trabajar en conjunto con los actores sociales, puede ser la pérdida de profundidad científica e independencia. El hecho de que los investigadores tengan que relacionarse con entes de distinto nivel académico y con formación en distintas disciplinas, establece la demanda de contar con un profesional de formación integral y con altas habilidades en comunicación, de manera que pueda ser capaz de conducir y definir el proceso en conjunto. Ello acaso podría desmerecer el rol del investigador tradicional para transformarse en un profesional con formación más amplia que específica.

Bouma (1997) nos habla además de cadenas de investigación y de procesos de negociación. Tal vez porque los temas relevantes de investigar son temas que conciernen a muchos y por tanto no pueden ser definidos de forma vertical. Podríamos preguntarnos que tan cierto puede ser establecer una negociación efectiva entre entes que persiguen objetivos distintos. La negociación que debe llevarse a cabo no parece ser un trabajo fácil, y si el trabajo en equipos multidisciplinarios lleva normalmente a discusiones permanentes, el incluir ahora agricultores, comerciantes, dirigentes comunitarios u otros, parecería ser un problema más difícil de solucionar.

A pesar de las críticas que han recibido los modelos lineales de transferencia tecnológica, estos siguen siendo importantes debido a que existe una necesidad latente de acceder a información científica confiable. Sin embargo, también se necesita proveer a los actores sociales de participación activa en los procesos de investigación y desarrollo (Black, 2000). Por tanto, parece ser inminente la utilización equilibrada de metodologías cuantitativas y cualitativas en el proceso de investigación (Rickert, 2000).

Los Problemas de los Sistemas de Producción Animal

Uno de los desafíos más importantes que deberá enfrentar la producción animal será la de poder responder a la demanda de los productos tradicionales, pero ahora enmarcados dentro de un contexto totalmente distinto. Se exigirá que los productos pecuarios sean elaborados con debido respeto por el ambiente. El aumento de presión social y el cumplimiento de una legislación más restrictiva, disminuirán el número de tecnologías que puedan ser utilizadas e incrementarán los costos de funcionamiento.

Existe una creciente búsqueda por productos pecuarios de calidad garantizada, origen geográfico conocido y de fácil elaboración culinaria. En muchos países se están realizando esfuerzos por diferenciar productos agropecuarios y transformar parte de los commodities tradicionales en productos de alto valor agregado (Rubino *et al.*, 1999; Vera, 2000).

Por otro lado, se han generado nuevos nichos de mercados para productos de animales silvestres y autóctonos como liebres, conejos, algunos roedores, ñandúes, ciervos y camélidos bajo el rótulo de naturales o ecológicos (orgánicos). Esto implicará fortalecer la gestión de recursos naturales y de los sistemas de producción tradicional de manera que puedan ser compatibles y sustentables.

Sin embargo, los problemas tradicionales siguen estando vigentes. La preocupación por la degradación de pastizales naturales, especialmente en regiones áridas y semiáridas (Norte de México, Patagonia argentina y chilena, Altiplano de Perú y Bolivia) al igual que la pérdida de humedales, la deforestación y la salinización de suelos continúa vigente y gran parte del financiamiento en investigación continuará dirigido a paliar estos problemas (Vera, 2000). En el contexto social, estos problemas hacen que la población rural enfrente una situación difícil y de empobrecimiento, que ha traído como consecuencia un aumento muy significativo de emigración hacia las ciudades.

Procedimientos y Herramientas Útiles en la Definición de Problemas y Búsqueda de Soluciones

La Asociación Europea de Producción Animal ha reunido las inquietudes de los investigadores relacionados con la investigación de sistemas de producción animal (Gibon *et al.*, 1999). Tal vademécum sugiere las siguientes tres direc-

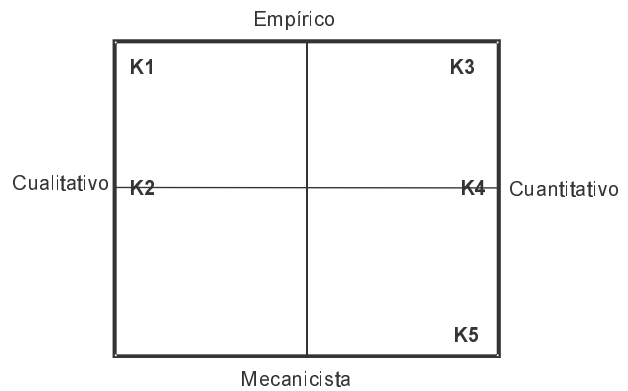
ciones: 1) incrementar el conocimiento de los sistemas de producción animal y su diversidad, 2) construir ayudas para los agricultores y los extensionistas y 3) construir herramientas para ayudar en la negociación entre actores sociales y el marco local, regional o nacional como respuesta a las preguntas que se plantean en el desarrollo rural y la industria animal.

La situación no es muy distinta en Latinoamérica. Según un estudio de la CEPAL (CEPAL, 2001), en Latinoamérica, los tomadores de decisiones de más de 40 años poseen en promedio seis o menos años de educación formal, lo cual ha sido considerado como una de las verdaderas limitaciones de la agricultura que ha enfatizado la necesidad de apoyar el proceso de toma de decisiones en la agricultura, fortaleciendo la coordinación y el flujo de información a través de la cadena productiva; sugiriendo para ello la utilización de distintos modelos matemáticos que puedan ser integrados en sistemas de apoyo a la toma de decisiones (DSS) (Vera, 2000; Vera y Morales, 2001).

El primer paso para crear cualquier modelo es especificar su propósito u objetivo. No existe algo que se denomine de forma exclusiva como el modelo de un sistema. Cualquier sistema puede ser modelado de diversas maneras, dependiendo del objetivo para el que fue construido. Además, la especificación debería tomar en cuenta la habilidad para manejar los tipos de análisis deseados. En el estado actual del arte de modelación, la teoría para definir sistemas no puede garantizar que hemos diseñado correctamente nuestro sistema del mundo real, ni asegurar que lo hemos modelado de manera óptima para nuestro propósito. Entonces, será necesario confiar en el arte, la experiencia, la intuición, la opinión y la correcta formulación de hipótesis (Shannon, 1988).

Los modelos que se construyen para el análisis de un sistema productivo pueden ser de muchos tipos y ofrecerán mayor o menor grado de precisión en función del fenómeno que estén describiendo. En general, todos los modelos obedecen a ciertos tipos corrientes de conocimiento que han sido muy bien descritas por Bouma (1997) como lo muestra la Figura 4. Son cinco los alcances investigativos que se dan: aplicación del usuario experto, conocimiento experto, métodos simples comprensibles, métodos analíticos complejos y métodos detallados.

Si se desea construir un modelo del sistema real que no se simplifique demasiado hasta el punto en que el modelo resulte trivial, ni que abarque demasiados detalles de modo que se vuelva inoperable y extremadamente costoso, tendremos que determinar los tipos de conocimiento a los que se puede recurrir en función de la escala a la que se esté trabajando. Ello implica aplicar un importante concepto de la modelación: la escala, entendiendo por ello el nivel de organización y/o de agregación. Hoosbeek y Bryant (1992) introdujeron un diagrama que puede ser útil para ilustrar la verdadera dimensión de este concepto (Figura 5). El diagrama considera dos ejes perpendiculares, uno que va de lo cualitativo a lo cuantitativo, y otro que va de lo empírico a lo mecanicista.



- K1: Aplicación del usuario experto
- K2: Conocimiento experto
- K3: Utilización de métodos simples comprensibles, incluyendo modelación
- K4: Métodos analíticos complejos, incluyendo modelación
- K5: Métodos detallados, incluyendo modelación, que se enfoca en un solo aspecto, frecuentemente con carácter disciplinario.

Figura 4. Niveles de Conocimiento.

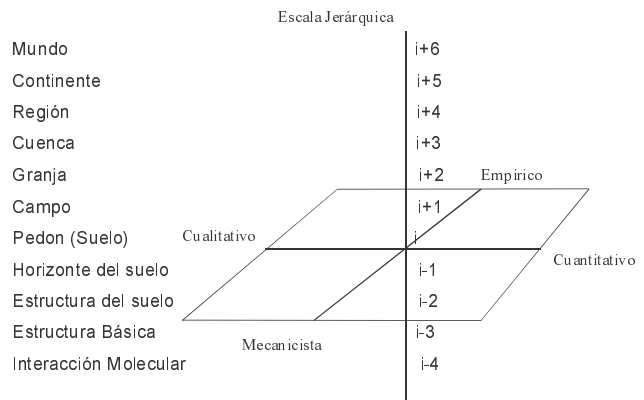


Figura 5. Clasificación de modelos de acuerdo al grado de computación y grado de complejidad, y determinación de la escala de trabajo (Hoosbeek y Bryant, 199xxx).

El eje vertical representa la escala de jerarquía, donde el nivel del pedón ocupa la posición central (nivel i). Los niveles superiores se designan como i+, mientras que los niveles inferiores son i-. La escala va desde la interacción molecular (i-4) hasta el nivel mundial (i+6).

Según esta propuesta, el nivel 0 de jerarquía lo constituye el pedón o suelo. Hasta ahora, la investigación en producción animal se ha desarrollado a los niveles (i+1), (i+2). Han existido algunos intentos por operar en niveles superiores, aprovechando la información obtenida en niveles inferiores, aunque aún no se ha logrado un procedimiento definido. Existen varios problemas al tratar de extrapolar los datos de experimentos conducidos en áreas relativamente

pequeñas a espacios más grandes donde la variabilidad es un factor que debería ser considerado. Parece razonable suponer que deben existir ciertos filtros que permitan desplazar el conocimiento obtenido en un determinado nivel a otro superior o inferior.

Si volvemos a analizar el problema de la investigación de sistemas, se podría colocar la evaluación clásica en una escala jerárquica entre suelo y finca con un nivel de conocimiento más bien empírico (K1 y K3).

Por ejemplo, un agricultor y un ambientalista requerirán una escala a nivel de campo $i+1$ y un nivel de conocimiento K4 para alcanzar las respuestas cuantitativas necesarias para sus preguntas. Un planificador regional operaría al nivel $i+4$ y necesitaría un nivel de conocimiento K3, pues un nivel K2 sería demasiado descriptivo y por tanto no permitiría un análisis cuantitativo de negociación. Por tanto, el planificador tendría que ser lo suficientemente versátil como para combinar K2 y K3, restringiendo los análisis K3 más detallados hacia áreas donde un simple análisis K2 no podría proveer respuestas.

Un ejemplo que merece ser analizado es el del Proyecto PISA, ejecutado en Puno, Perú (Aguilar, 1997). Uno de los objetivos en este proyecto era determinar el efecto de modificar cargas y métodos de manejo de los sistemas de producción animal (alpacas, ovinos y bovinos) de los pequeños productores del altiplano de Puno. Para ello se dividió la región del altiplano de Puno (escala $i+4$) en zonas de fincas homogéneas usando el conocimiento de investigadores regionales (nivel de conocimiento K2) seleccionando un limitado número de comunidades representativas en el nivel ($i+2$).

En las comunidades seleccionadas se hicieron encuestas detalladas de manejo de los sistemas y se diseñaron modelos de simulación (escala $i+1$ y nivel de conocimiento K5) con los cuales se realizaron experimentos de diferentes alternativas de manejo. Con ello se obtuvo información y conocimiento K4 al nivel $i+2$. Con dicho conocimiento se escaló al nivel $i+4$ permitiendo información detallada de los efectos de diferentes formas de manejo de tipo K4.

El uso combinado de conocimiento experto en las escalas ($i+4$), ($i+2$) y modelos de simulación permitió hacer una aproximación válida para hacer proyecciones en la zona del altiplano (Figura 6).

En líneas generales ello indica que para cualquier actividad de evaluación de la tierra el primer paso debería ser analizar muy cuidadosamente -y en cercana interacción con las entidades relacionadas- la pregunta que será formulada. De este modo podríamos tener una gran variedad de alternativas: ver lo que sucede cuando las tendencias del pasado se extienden, explorar opciones, definir medidas políticas enfocadas a la realización de una opción determinada, definir un sistema específico de toma de decisiones para el que utiliza la tierra, guiándolo hacia las decisiones correctas. Una vez que las preguntas han sido analizadas de este modo, entonces se debe proceder a definir la cadena de investigación más eficiente.

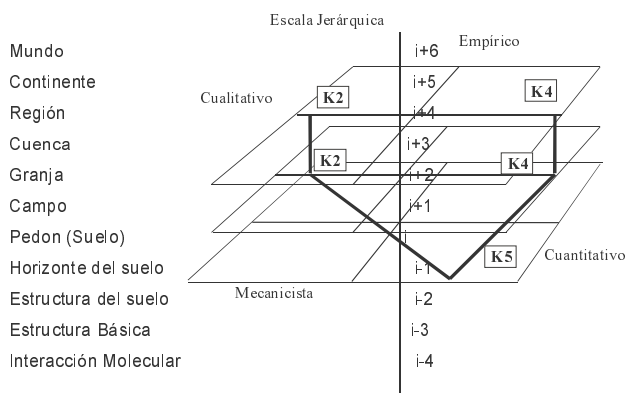


Figura 6. Aproximaciones hechas en el Proyecto PISA (Puno, Perú). 1989-1991.

Además de las herramientas tradicionales de modelación, hoy en día se han añadido las tecnologías de sistemas de información geográfica, imágenes satelitales y sistemas de posicionamiento global, haciendo posible el monitoreo de extensas áreas. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones están tomando un nuevo rumbo hacia sistemas espaciales de apoyo a la toma de decisiones (SDSS), incorporando dentro de sus herramientas estas nuevas tecnologías que les permiten obtener información actualizada y constante.

Actualmente, existe una revolución de información. La tecnología de la información ha crecido a pasos agigantados y puede ofrecer innumerables ventajas en la modelación de sistemas y en la búsqueda de competitividad de la agricultura siempre y cuando existan mecanismos que logren filtrarla y procesarla para ser usada de forma pertinente al momento de tomar informaciones. Es función de los analistas de sistemas ofrecer la plataforma metodológica necesaria para que esto pueda suceder.

Función del Profesional de la Agricultura

A partir de la premisa que existe una responsabilidad social de todo individuo para contribuir en la forma más apta a los esfuerzos del desarrollo de un país, es lícito plantear qué puede hacer el científico latinoamericano en tal proceso. Algunos autores proponen que éste tiene dos funciones fundamentales: la primera es la de formar recursos humanos capaces de traducir el conocimiento existente a los requerimientos de la sociedad. La segunda, generar y adaptar el conocimiento nuevo para que la actividad tecnológica lo pueda utilizar (Cañas y Lavados; 1996).

Con seguridad, la mayoría de los miembros de las asociaciones regionales o latinoamericanas de agronomía se consideran a sí mismos como científicos. De hecho uno de los problemas más fuertes en la enseñanza agrícola es lograr distinguir las diferencias entre ciencia e ingeniería. Para el caso de la agronomía, estas dos se encuentran muy interre-

lacionadas, y esto causa una tensión evidente entre ambas aproximaciones (Passioura, 1996).

El desinterés de los científicos de la agronomía por la investigación aplicada podía justificarse tal vez cuando ésta era una actividad artesanal, poco vinculada al conocimiento nuevo que se estaba generando. Sin embargo hoy en día, parecería necesario que el agrónomo reconsiderara su calidad de tecnólogo de manera que pueda formar parte del proceso de desarrollo. La diferencia entre la acción de un científico y la de un tecnólogo depende fundamentalmente de la actividad que realice, de la pertinencia de lo que está estudiando.

La agricultura tiene particularidades que la hacen distinta de cualquier otra disciplina, ya que combina lo vivo y social con la tecnología. En este sentido, el agrónomo será el encargado de combinar las metas de tres elementos: naturaleza (cuya meta es el clímax), artificialización (cuya meta es el beneficio económico) y sociedad (cuya meta es la calidad de vida).

Gastó (1997) ha sugerido que la formación de un ingeniero agrónomo debería basarse en cinco áreas formativas: recursos naturales, medio ambiente, ruralidad, ordenamiento territorial y productividad. Si se analiza la última área, de productividad, vemos que agrupa los estudios referidos a cultivos, producción animal, suelos, riegos, etc., que en la escuela actual constituyen en sí mismas disciplinas dentro de la agronomía. Se puede ver que este planteamiento está considerando una formación más amplia e integral, tratando de recuperar valores y capacidades que logren fortalecer a un ingeniero en el contexto de la agricultura.

La agricultura, al igual que las otras áreas profesionales, está sometida a un proceso de cambio continuo, que requiere el mismo proceso en la formación de los profesionales relacionados. La respuesta de las universidades ha sido innovadora y diversa. De este modo, se observa la renovada importancia que se da a la investigación en la universidad, no como una entidad que sólo realiza investigación sino que además de realizarla prepara a los estudiantes de todos los niveles para realizarla, impulsada por la necesidad que los estudiantes perciben como necesaria en una economía globalizada basada en el conocimiento (González, 2001).

Es evidente que existe una necesidad de innovar en la formación tradicional científica. Los futuros científicos deberían ser capaces de trabajar con equipos multidisciplinarios, tener excelentes habilidades de comunicación y un amplio conocimiento de los sistemas de producción agroecológicos, al mismo tiempo que deberían estar capacitados para continuar haciendo investigación (Bouma, 1997). Se debería estar en condiciones de modificar los sistemas educacionales de manera de ofrecer a los estudiantes la formación adecuada. Puede destacarse el plan piloto de la Universidad de Beijing, que ofrece a grupos selectos de estudiantes universitarios, cursos liberales de arte en vez de focalizadas asignaturas técnicas o científicas, para ampliar su cultura y prepararlos para la economía globalizada (Yimin, 2001).

La experiencia de la Open University en Gran Bretaña, que permite enseñanza a distancia para alumnos que se preparan para aplicaciones prácticas, con rigor científico (Pickrell, 2001), es un excelente ejemplo de las nuevas opciones educativas que mejoran el concepto tradicional de enseñanza.

Ante todo, será necesario velar por la excelencia académica, los valores sociales y la relevancia/pertinencia de los contenidos curriculares de las instituciones educativas de cada país de acuerdo a las realidades nacionales dentro del marco de globalización de las actividades económicas. La formación de los ingenieros agrónomos ha tratado de enfocarse dentro de la multidisciplinariedad, pero las bases comunes formativas deberían aún prevalecer en busca de un entorno que les ofrezca herramientas y habilidades suficientes para enfrentar los problemas de la agricultura, al igual que una cultura suficiente para poder percibir y entender los problemas que se enmarcan más allá de las cuestiones técnicas.

Conclusiones

Las evidencias sugieren que nos encontramos ante una reconversión de la agricultura y que ésta podría estar definida, de acuerdo al objetivo que se persiga, en función de las características de cada región y/o país. La investigación en agricultura ha tomado un curso básicamente tecnológico innovativo y los esfuerzos están dirigidos a fomentar la participación de la empresa privada dentro de este proceso, siguiendo un modelo no lineal en el que los actores sociales y el territorio han logrado un espacio en la definición de las características y el funcionamiento de la cadena productiva en busca de desarrollo rural.

Se ha logrado comprender la importancia de preservar el medio ambiente incluyendo el concepto en el proceso de investigación, entendiendo que la dinámica natural de los sistemas en diferentes zonas agro-ecológicas son la base para el desarrollo de sistemas sustentables que estén en armonía con la naturaleza y el ambiente. Bajo este contexto, los profesionales del agro deberían poseer la formación necesaria para poder guiar el desarrollo de los sistemas productivos hacia una agricultura sustentable de acuerdo a los objetivos integrados de los actores sociales. Debe notarse en este aspecto que, a medida que cobre importancia la interacción de los actores sociales en la toma de decisiones y ejecución de soluciones, se hará necesario encontrar una mejor forma de integrar las tecnologías de sistemas complejos como los modelos de simulación de pastoreo y de producción animal, con las tecnologías de sistemas simples. El rigor científico es necesario en el desarrollo, pero también lo es la comunicación.

En cuanto al desarrollo de metodologías debe tomarse en cuenta que en la búsqueda de una solución a un determinado problema es destacable la necesidad de identificar la pregunta que se está haciendo para poder buscar una respuesta aplicable, siendo la ubicación del problema en jerarquía y

contexto, uno de los pasos más importantes. Tentativamente, podría proponerse ciertos pasos comunes en el establecimiento de una cadena investigativa, de manera que pueda llegarse a través de negociaciones, a una opción adecuada al sistema productivo.

Se ha podido constatar que a distintos niveles, desde los de finca hasta los políticos, se requiere contar con herramientas que ayuden a tomar decisiones mejor informadas. El desarrollo de los Sistemas de Apoyo a la Toma de Decisiones podrán ser un gran aporte dentro de la gestión de los sistemas y servirá como base para la negociación a través de la exploración de escenarios alternativos; constituyéndose de esta forma en un alcance práctico de integración de todo el conocimiento fragmentado que ha resultado de décadas de investigación intradisciplinaria.

Las experiencias han demostrado que la utilización de conocimiento experto puede ser una alternativa útil en la discriminación de variables no pertinentes y en la definición del esquema general bajo el cual serán desarrollados los modelos que servirán para establecer el prototipo de un determinado sistema. Aproximaciones de tipo cualitativo son una forma de comenzar cualquier definición de proceso investigativo y muchas veces, constituirán una forma de simplificar y economizar estudios que a determinados niveles no requerirían de un nivel de precisión elevado. En forma paralela, será bueno reconsiderar el empirismo, como una forma sencilla de ofrecer resultados en situaciones en las cuales no se justifica encontrar una explicación fenomenológica.

Literatura Citada

- Aguilar, C.; R. Cañas. 1996. Fundamentos de Modelación y Simulación. *In* Análisis Biotecnológico y Matemático de Sistemas de Producción Agropecuaria Altoandinos. Memorias. Ecuador. pp:43-86.
- Alonso, J.; R. Méndez. 2000. Innovación, pequeña empresa y desarrollo local en España. Civitas Ediciones S. L. Biblioteca Civitas Economía y Empresa. 323p.
- Black, A. W. 2000. Extension theory and practice: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40: 493-502.
- Bouma, J. 1997. Information Technology as a tool to assess land use options in space and time. C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology International Potato Centre. ICASA. September 28- October 4, international workshop.
- Bouma, J. 1997. The role of quantitative approaches in soil science when interacting with stakeholders. Discussion Paper. *Geoderma* 78: 1-12.
- Cañas, R.; J. Lavados. 1996. La Ciencia y Tecnología en Gestión Tecnológica. *In* Análisis Biotecnológico y Matemático de Sistemas de Producción Agropecuaria Altoandinos. Memorias. Ecuador. pp: 9-17.
- CEPAL. 2001. Estructura y desempeño de los sectores productivos. Notas de la CEPAL N°15. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.
- Fernández, E. 1996. Innovación, tecnología y alianzas estratégicas. Factores claves de la competencia. Editorial Civitas. Biblioteca Civitas Economía y Empresa. 463p.
- Flores, L. 1997. Las interrelaciones de la Ciencia, la Tecnología y la Cultura. Pontificia Universidad Católica de Chile. Mimeografiado.
- FONDEF. 1996. FONDEF un aporte de la ciencia y la tecnología al desarrollo. Fondef/Conicyt. Santiago de Chile.
- Gastó, J. 2001. Ordenación Territorial para la Gestión Animal. *In* Simposio Internacional en Producción Animal y Medio Ambiente. Proceedings XXXVI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. 25-27 de julio del 2001. Santiago de Chile.
- Gastó, J. 1997. Marco conceptual y teórico para el ordenamiento territorial de comunas rurales. Documento de Trabajo N°2. Proyecto Fondecyt.
- Gibon, A.; A.R. Sibbald; J.C. Flamant; P. Lhoste; R. Revilla; R. Rubino; J.T. Sorensen. 1999. Livestock farming systems research in Europe and its potential contribution for managing towards sustainability in livestock farming. *Livestock Production Science* 61, 121-137.
- González, C. 2001. Undergraduate Research, Graduate Mentoring, and the University's Mission. *Science*. Vol 293(5535): 1624-1626.
- Kline, S. J. 1985. Innovation is not a linear process. *Research Management*, pp.36-45
- Lacki, P. 2001. Como enfrentar la crisis del agro: ¿Lamentando los problemas insolubles o resolviendo los problemas solucionables? http://www.infoagro.com/asociaciones/fao_crisis_agro.asp, abierta el 2 de Septiembre 2001.
- Larroulet, C. 1998. Fomento a la Innovación Tecnológica: El caso chileno. Serie Informe Económico N°98. Libertad y Desarrollo. Santiago de Chile.
- Mate, L. 1988. Ingeniería del Conocimiento: Diseño y Construcción de Sistemas Expertos. Ed. SEPA. Argentina. 574 p.
- Mompin, J. 1987. Inteligencia Artificial: Conceptos, técnicas y aplicaciones. Marco Boixareu Editores. (Colección Mundo Electrónico). México. 279p.
- Morales, J.S. 1997. Perspectivas de la investigación en Producción Animal. Seminario 1. Departamento de Zootecnia, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile. Mimeografiado, 26p.
- Passioura, J. 1996. Simulation models: Science, Snake Oil, Education, or engineering? *Agron. J.* 88:690-694.
- Pickrell, J. 2001. Open University: A Pioneer Presses On. *Science*. Vol 293 (5535):1621-1622.
- Rickert, K. G.; J.W. Stuth; G.M. McKeon. Modelling Pasture and Animal Production. *In* Mannetje, L. and Jones, R.M. Field and Laboratory methods for Grassland and Animal Production Research. Ed. CABI. 464p.
- Rubino, R.; P. Morand-Fehr; C. Renieri; C. Peraza; F.M. Sarti. 1999. Typical products of the small ruminant sector and the factors affecting their quality. *Small Ruminant Research*, 34, 289-302.
- Shannon, R. 1988. Simulación de Sistemas. Diseño, desarrollo e implantación. Ed. Trillas. México. 427 p.
- Vera, R. 2000. Sistemas de producción a pasto: una síntesis prospectiva de oportunidades. En Reunión Latinoamericana de producción Animal, Congreso Uruguayo de Producción Animal. 28-31 de marzo de 2001. Montevideo, Uruguay.
- Vera, R.; J.S. Morales. 2001. Decision Support Systems for Pasture Utilization: Developments, Opportunities and Constraints. *In* Simposio Internacional en Producción Animal y Medio Ambiente. Proceedings XXXVI Reunión Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal. 25-27 de julio del 2001. Santiago de Chile.
- Yimin, D. 2001. China broadens training for elite students. *Science*. Vol 293 (5535):1615-1616.