

EL PARADIGMA CIENTÍFICO DE LAS CIENCIAS AGRARIAS: UNA REFLEXION¹

León Darío Vélez Vargas²

RESUMEN

A partir de los retos que hoy propone la sociedad, la ciencia, la tecnología y los contextos regionales, nacionales e internacionales, en los que se desenvuelve la agricultura y la ruralidad, se plantea que los paradigmas que han sustentado las ciencias y profesiones agropecuarias, sus reglas y procedimientos, son insuficientes para enfrentarlos y resolverlos, integralmente. La evidencia empírica desborda los marcos teóricos y supuestos desde los cuales estos desafíos son analizados y se formulan las soluciones.

Se propone que para enfrentar exitosamente los nuevos retos y contextos, se requiere de nuevos paradigmas que definan un conjunto nuclear de fundamentos científicos e ingenieriles y una unidad mínima de estudio y trabajo. Esta unidad mínima debe permitir, desde una percepción sistémica y armónica, la identificación y análisis de los factores que intervienen en los procesos productivos y su contextos, el trabajo de las disciplinas y la formulación de preguntas y necesidades.

En las ciencias agrarias, este cambio de paradigma puede estar representado en el enfoque agroecosistémico, el cual permite: a) ordenar jerárquicamente la unidad de trabajo e investigación y sus niveles de interacción; b) presentar el proceso productivo como una resultante del efecto integrado de factores socioeconómicos, ecológicos, culturales, científicos y tecnológicos; c) la identificación integral de los problemas y soluciones; d) el quiebre de los límites disciplinarios; e) y responder a las demandas de una agricultura sostenible, competitiva, multifuncional y con equidad.

Palabras claves: Paradigma, ciencias agrarias, enfoque agroecosistémico, agroecosistemas.

ABSTRACT

THE SCIENTIFIC PARADIGM OF AGRARIAN SCIENCES: A REFLECTION

Based on the challenges that are offered today by society, science, technology, and the regional, national and international contexts in which agriculture and rurality are unfolding, it is argued that the paradigms that have sustained the agricultural sciences and professions and their rules and protocols are insufficient for confronting and solving them in an integral

¹ Una versión preliminar de este ensayo fue presentada en el Encuentro Nacional de Facultades de Agronomía, Bogotá, febrero 20 – 22 de 2002, organizado por la Universidad Nacional de Colombia.

² Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A. A. 1779. Medellín, Colombia. <ldvelez@unalmed.edu.co>

fashion. The empirical evidence surpasses the theoretical and assumed limits from which these challenges are analyzed and their solutions proposed.

To successfully confront the new challenges and contexts, new paradigms will be required that define a core group of scientific and engineering bases and a minimum unit of study and work. This minimum unit should permit, from a systemic and harmonic perspective, the identification and analysis of the factors that influence the productive processes and their contexts, the work in these disciplines and the formulation of questions and needs.

In the agrarian sciences, this change in paradigm could be represented by the agroecosystemic viewpoint, which permits a) the hierarchical organization of the work and research unit and its levels of interaction; b) the presentation of the productive process as a result of the integrated effect of socioeconomic, ecological, cultural, scientific, and technological factors; c) the integral identification of the problems and solutions; d) the breaking of disciplinary limits; e) the responding to demands for an agriculture that is sustainable, competitive, multifunctional, and equitable.

Key words: Paradigm, agrarian sciences, agroecosystemic viewpoint , agroecosystem.

LOS DESAFÍOS Y LOS CONTEXTOS ACTUALES

El propósito de este ensayo, es plantear algunas ideas fuerza y contribuir a la discusión sobre los paradigmas en los que se sustentan las ciencias y profesiones agrarias y sus respuestas a los desafíos que hoy le plantea la sociedad. Algunos de estos desafíos son los siguientes:

- Producir más con mayor equidad y disminución de los niveles de contaminación del aire, agua y de los alimentos.
- Protección y recuperación de los recursos naturales y de la biodiversidad.
- Incorporar la perspectiva territorial en la producción agropecuaria y ordenar los sistemas de producción con base en el ordenamiento territorial.
- Desarrollar el conocimiento y difusión de las llamadas agriculturas alternativas como la agricultura orgánica, biológica, ecológica y agroecológica, entre otras (Gastó, 1983; Prado, 1983).
- Introducir las tecnologías de punta, como biotecnología, modelación, agricultura de precisión, sistemas de información geográficos (SIG) y sistemas de posicionamiento geográfico (GPS), entre otras.
- Abastecer a los nuevos mercados como los de sello verde, ecológicos, de servicios ambientales y los de denominación de origen.

- Atender las demandas de instituciones como las Unidades Municipales de Asistencia Técnica (UMATAS), las Corporaciones Ambientales, Secretarías de Agricultura, Organizaciones no Gubernamentales (ONG), en cuanto a profesionales formados en planificación, administración y ejecución de programas de desarrollo rural y proyectos agrícolas.
- Atender la demanda de profesionales para un amplio rango de áreas en las que debe desempeñarse, desde planificadores regionales, asistentes técnicos, administradores de empresas agropecuarias, representantes de empresas de agroquímicos, hasta expertos en agriculturas alternativas, en producción sostenible, en sistemas de producción, desarrollo rural y las ocupaciones propias de las disciplinas en sanidad vegetal, suelos, etc.

Estos desafíos deben ser atendidos dentro de un contexto referido al sector agropecuario y rural en los ámbitos regional, nacional e internacional caracterizado por:

- Una revaloración de lo qué es y el para qué de la agricultura, de la ruralidad y del territorio en el que se realiza la agricultura.
- Una preocupación creciente por el impacto de la agricultura en el ambiente y en la salud humana.
- El neoliberalismo, la apertura económica y de mercados, y las integraciones regionales, que determinan un reordenamiento de la agricultura territorial y socioeconómicamente.
- Una situación nacional de la agricultura y del ámbito rural, la cual se ha identificado como de involución (concentración de la propiedad de la tierra, el desarrollo rural en términos de la empresa capitalista y fundamentado en el positivismo tecnológico).

Además de este contexto específico debe considerarse un contexto más amplio, referido a algunas características de la sociedad dentro de la cual se están formando los profesionales del sector agropecuario y dentro de las cuales se va a desempeñar (Universidad Nacional de Colombia - Vicerrectoría Académica, 2001; Rugarcía *et al.*, 2000):

- ◊ La proliferación de la información a niveles asfixiantes.
- ◊ El cambio vertiginoso en los conocimientos y tecnologías que exige una constante actualización, máxima flexibilidad y adaptabilidad.
- ◊ El desarrollo tecnológico como un asunto interdisciplinario, debido a la naturaleza compleja de los problemas y de las necesidades.
- ◊ El mercado globalizado, el cual requiere tecnologías y soluciones universales.
- ◊ El daño ambiental que comprende la explotación de los recursos naturales, la acumulación de los desechos producidas por la sociedad, la disminución de las condiciones físicas de la producción y de asimilación de los ecosistemas.
- ◊ La exigencia de la responsabilidad social debido a los efectos de la tecnología sobre el planeta y la sociedad.

- ◊ Las estructuras corporativas al interior de las empresas que exigen una actitud participativa y cooperante de los individuos en la toma de decisiones.

LOS PARADIGMAS VIGENTES

Algunos plantean que las respuestas a estos desafíos dentro de los contextos señalados, se pueden asumir con más conocimiento, con más información, dotándose con mejores instrumentos y procedimientos, lo cual se puede lograr introduciendo nuevas asignaturas en los programas de estudio, modificando los contenidos de las actuales, innovando y flexibilizando los currículums a la medida de los intereses de los estudiantes y de las demandas sociales, difundiendo las nuevas tecnologías.

De hecho, muchas instituciones de educación superior y técnicas han adoptado o están adoptando algunas de estas estrategias, comportándose como cualquier otra empresa, en el sentido de guiar su que hacer, sus estrategias y sus programas curriculares por las señales del mercado.

La identificación y selección de estrategias para enfrentar los nuevos desafíos y contextos, deben responder a una indagación responsable que supere lo urgente, sin desconocerlo ni abandonarlo, y señale lo importante. Instituciones de educación superior y técnicas no deben responder mecánicamente a las demandas del mercado ni responder acríticamente a las demandas de la sociedad que no siempre está en condiciones de reconocer el lugar de sus problemas en una totalidad y el conjunto de relaciones que sirve de causa y de explicación a la situación que debe ser cambiada, como de hecho ha ocurrido (Universidad Nacional de Colombia - Vicerrectoría Académica, 2001).

A estas estrategias de más conocimiento, más información, mejores instrumentos y procedimientos se les pueden hacer las siguientes objeciones:

- Por más dinámica y flexible que sea la institución, difícilmente tiene los recursos humanos y logísticos para atender esta amplia diversidad de opciones, para formar profesionales que acopien toda esta información, quede preparado en este amplio rango de destrezas y sea competitivo en el amplio espectro de posibilidades de empleo que hoy ofrece el mercado.
- Si se analizan los efectos de las propuestas basadas en los supuestos de más conocimiento, más información, más instrumentos, se evidencia que no han constituido respuestas consistentes a los desafíos planteados y en muchas ocasiones no solo han agudizado la problemática de los desafíos ya referidos, sino que además han originado nuevos problemas, tal como se analizará más adelante.
- Los problemas y desafíos que hoy se deben enfrentar, se caracterizan por ser complejos y por lo tanto requieren soluciones complejas, lo cual no es posible lograr con base en los anteriores planteamientos.

- No examinan (desconstruyen) los fundamentos epistemológicos ni los supuestos sobre los cuales se erigen los saberes, la formulación de las hipótesis y las metodologías, por lo que difícilmente pueden contribuir a la formación de profesionales críticos, innovadores y con las competencias necesarias para el desarrollo de las ciencias.

La pregunta clave podría ser ¿será que se quieren abordar los nuevos desafíos y contextos con marcos teóricos y supuestos que en el pasado permitieron respuestas funcionales, pero que no responden a la actual problemática?.

A este marco teórico y conjunto de supuestos, que proporcionan los problemas y las respuestas, Kuhn (1998), los llamó paradigmas y anota:

La ciencia normal se predica suponiendo que la comunidad científica sabe como es el mundo ... y, a menudo, suprime innovaciones fundamentales, debido a que resultan necesariamente subversivas para sus compromisos básicos. Sin embargo, en tanto esos compromisos conservan un elemento de arbitrariedad, la naturaleza misma de la investigación normal asegura que la innovación no será suprimida durante mucho tiempo. A veces, un problema normal, que debe resolverse por medio de reglas y procedimientos conocidos, se resiste a los esfuerzos reiterados de los miembros más capaces ... Otras veces, una pieza de equipo, diseñada y construida para fines de investigación normal, no da los resultados esperados, revelando una anomalía que, a pesar de los esfuerzos, no responde a las esperanzas profesionales ... La ciencia normal se extravía ... y cuando lo hace [la profesión]³ no puede pasar por alto ya las anomalías que subvierten la tradición existente de practicas científicas, se inician las investigaciones extraordinarias que conducen por fin a la profesión a un nuevo conjunto de compromisos, una base nueva para la práctica de la ciencia, estas son las revoluciones científicas.⁴

Estas revoluciones científicas producen cambios en (Kuhn, 1998):

- La identificación, percepción y análisis de los problemas (viejos y nuevos).
- Las normas entre las cuales la profesión determina que debe identificarse como un problema admisible o como una solución legítima de un problema.
- En el marco teórico para el análisis y evaluación de los datos, los resultados y de la realidad.

Con base en los análisis de Khun, se puede argumentar que los paradigmas en que se han fundamentado las profesiones y ciencias del agro, no son suficientes para afrontar la problemática y demandas que hoy hace la sociedad, ni proporcionan las respuestas que se reclaman. La información y el desarrollo tecnológico, no son suficientes para afrontar las demandas señaladas. La evidencia empírica desborda los marcos teóricos y supuestos con

³ Agregado del autor.

⁴ KUHN, T. La estructura de las revoluciones científicas. Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1998. 319 p.

los cuales son analizados y se resisten a ser resueltos por medio de reglas y procedimientos ya probados. Por lo tanto, se requiere de un marco teórico y supuestos nuevos que permitan comprender la evidencia empírica y establecer nuevos compromisos por parte de la ciencia.

Algunos de estos paradigmas que hoy son insuficientes en la búsqueda de respuestas, son el reduccionismo, la disciplinariedad, el mecanicismo y el objetivismo, los cuales no permiten apreciar integralmente, las causas, los procesos, las consecuencias e impactos de los problemas, de los métodos y las estrategias para resolverlos y de las soluciones propuestas.

El paradigma disciplinario y reduccionista, asume la investigación y operación de cada factor que interviene en el proceso productivo, de manera aislada de los otros factores. Aquí, los procesos productivos son la resultante de la suma o yuxtaposición de los factores, de los conocimientos y tecnologías, sin considerar de manera sistémica sus interacciones, sus efectos y el desarrollo de cada una de las disciplinas.

En este contexto, el desarrollo de la agricultura se ha basado en el uso generalizado y de manera indiscriminada, del concepto del factor limitante que postula que siempre habrá un factor limitante dominante, considerado aisladamente de los otros factores, que debe ser superado mediante la aplicación de insumos externos. Luego de ser superado este factor, por ejemplo variedades o razas de bajas producciones, mediante el mejoramiento genético, o la deficiencia de nitrógeno, mediante la aplicación de urea, los rendimientos pueden elevarse hasta que otro factor, se torne limitante, el cual requiere de otro insumo externo para ser superado, por ejemplo plagas, y así sucesivamente, generando una espiral en la aplicación de insumos.

Este concepto que significó un avance científico importante, ha sido extrapolado de manera indiscriminada a procedimientos que alivian síntomas y que no se dirigen a las causas reales, ya que, por ejemplo, la deficiencia de nitrógeno puede ser causada por un mal manejo de las condiciones físicas del suelo, del agua y/o de la materia orgánica, y que el problema de plagas puede deberse al exceso de nitrógeno libre en la planta causada por la urea, o que la siembra o crianza extensa y de manera intensiva de materiales y razas homogéneas incrementa su vulnerabilidad a las pestes, para lo cual la industria química ha desarrollado una importante batería de pesticidas, agudizando el problema y produciendo otros impactos indeseables como la contaminación del aire, agua, suelo y alimentos; igual sucede con el uso indiscriminado y generalizado de insumos biológicos como hormonas, anabolizantes, biopesticidas y abonos orgánicos.

Las interrelaciones entre los factores del proceso productivo se consideran lineales y constantes o se desconocen, por lo que no son abordadas en la investigación y operación. Igualmente, tampoco son consideradas las interrelaciones entre el proceso productivo y los contextos ecológicos, socioeconómicos y culturales, donde se establecen dichos procesos, lo cual permite concluir que los conocimientos y la tecnología pueden ser aplicados de la misma manera en cualquier lugar.

Este es el paradigma del mecanicismo y el objetivismo, el cual concibe al universo constituido por fenómenos aislados, en espacios neutros, sometidos a leyes objetivamente universales. Esto es, el fenómeno como unidad cerrada, definido aisladamente de su entorno y su realidad objetiva se determina mejor cuando se aísla experimentalmente. En consecuencia, cada disciplina define su fenómeno de trabajo en virtud de las leyes generales a las que obedece, independiente del entorno y del contexto del observador que trata de explicarlo.

En la Figura 1 se esquematiza como estos paradigmas, disciplinariedad, reduccionismo, mecanicismo y objetivismo, han determinado el estudio y operación del fenómeno de la producción agraria.

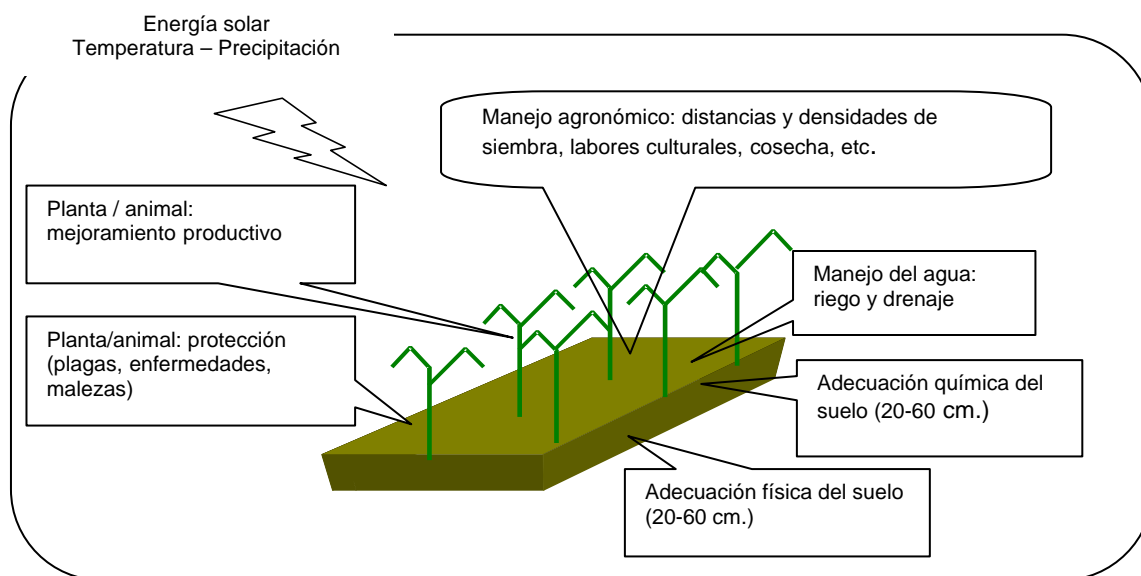


Figura 1. Bajo el paradigma disciplinario, reduccionista, mecanicista y objetivista, las ciencias agrarias han definido su objeto de trabajo, como un espacio natural que transforma en un espacio neutral, definido aisladamente de su entorno; se determina mejor su realidad objetiva, cuando se aísla experimentalmente. En este espacio "objetivo" se establece una población vegetal o animal, en el que la problemática del proceso productivo es reducida y abordada desde el paradigma del factor limitante, el cual es trabajado por cada disciplina de manera aislada espacial y temporalmente; a cada uno de ellos se le encuentra la solución hasta que surge otro factor limitante o resurge el mismo, atendiendo los síntomas más no las causas. Así, el proceso productivo es la resultante de la sumatoria o superposición de dichos factores. Este espacio productivo es utilizado solo como trasfondo de la producción, no son considerados los elementos que constituían ese espacio natural que le dio origen, sus condiciones intrínsecas de potencialidades y limitaciones. Tampoco se consideran las interrelaciones entre los procesos productivos y los contextos ecosistémicos, sociales, económicos, culturales y territoriales.

Estos paradigmas se han apoyado en el modelo holológico o de caja negra, la cual se esquematiza en la Figura 2a, para afrontar los problemas que le plantea el desarrollo de la agricultura. Sin embargo, se pueden establecer los siguientes dos aspectos de quiebre del enfoque de caja negra:

- En el caso de la agricultura moderna, interesa el comportamiento global del ecosistema respecto al objetivo o respuesta específica buscada, la productividad, referida a maximizar los rendimientos físicos del cultivo con respecto a un producto (por ejemplo, grano) con el propósito de maximizar su rendimiento económico. En esta perspectiva, se asume que el comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples, correspondiente al manejo antrópico, respuesta simple, correspondiente a la cosecha antrópica, tal como se ilustra en la Figura 2b.

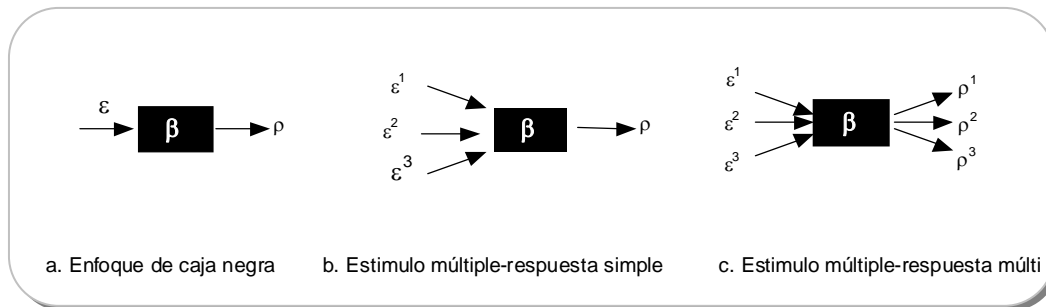


Figura 2. Enfoque de caja negra y algoritmos de comportamiento del ecosistema. La caja negra es asumida como una unidad simple sin estructura interna, y constituye un vínculo sintáctico, dado por una variable intermedia o vinculante (β), entre estímulos (ϵ) y respuestas (ρ), que representan a las variables periféricas; las variables intermedias (β) son consideradas sin su respectiva interpretación, es decir, la producción agrícola como resultado y no como proceso. Por inferencia se intenta conocer sus componentes, arquitectura y funcionamiento, lo cual no permite avanzar en su conocimiento ya que no es posible saber más cuando las variables periféricas están bien establecidas, por lo que no es conveniente utilizarlo para resolver problemas ecosistémicos complejos que requieren conocer y comprender sus mecanismos en detalle y precisión (Gastó, Vélez y D'Angello, 1997; Nava, Armijo y Gastó, 1979).

En este contexto, la productividad constituye el indicador de la condición del proceso productivo, medida como el cociente resultante entre beneficio obtenido (económico o cantidad de producto) y los insumos, expresados en costos monetarios, que se requirieron para el logro de esos beneficios. Entre mayor sea este cociente, indicará una mejor situación del proceso productivo. Esta es una evaluación desde la perspectiva de la economía neoclásica (Bawden e Ison, 1992).

Este indicador no permite indagar, oportunamente, sobre el estado de los recursos que sustentan la producción, sobre como están organizados para cumplir sus funciones, sobre el funcionamiento de esta organización, sobre su tendencia en un momento dado, sobre el impacto ambiental y social del proceso productivo. Esto es un serio limitante para el manejo del proceso productivo en la perspectiva de la sostenibilidad.

Se deben utilizar otros indicadores, que permitan evaluar el comportamiento integral del proceso productivo, como los beneficios obtenidos versus el estado de los recursos naturales empleados y que integren todos los costos y beneficios económicos, ambientales, sociales y culturales.

- No considera otras funciones, servicios y respuestas de los procesos productivos, llamadas externalidades por las ciencias económicas, es decir que el comportamiento del ecosistema es del tipo de estímulos múltiples-respuestas múltiples (Figura 2c), y no el de estímulos múltiples-respuesta simple. Algunas de estas respuestas múltiples son parte de las causas por las cuales el estilo de agricultura predominante se ve forzado a un cambio, de tal manera que minimice las respuestas negativas y revalore otras respuestas como servicios ambientales, sociales y culturales que no han sido consideradas en el mercado.

EL CAMBIO DE PARADIGMA

Afrontar los desafíos y contextos que la sociedad le plantea a las profesiones y a la ciencia, requiere de un cambio de paradigmas que posibiliten la formación de un profesional que pueda enfrentar desafíos para los cuales no necesariamente fue entrenado específicamente; que le permitan formular, enfrentar y resolver problemas radicalmente nuevos, complejos y sujetos a la incertidumbre y la indeterminación; desarrollar competencias para innovar métodos y estrategias para la solución de problemas, para el trabajo en equipo y en territorios de trabajos impredecibles. Se requiere, entonces, de pasar de una educación de la simple presentación y transmisión de conocimientos hacia la integración de los saberes y el desarrollo de habilidades y destrezas claves para hacer un uso apropiado de éstos (Universidad Nacional de Colombia - Vicerrectoría Académica, 2001; Rugarcia *et al.*, 2000).

Es necesario un pensamiento sistémico y una construcción y desconstrucción de los saberes que permita hacer explícitos los supuestos de base, o paradigmas, y las hipótesis de partida, lo cual es fundamental en el proceso de formación del tipo de profesional que hoy se requiere para afrontar los desafíos y contextos referidos (Universidad Nacional de Colombia -Vicerrectoría Académica, 2001).

En el campo específico de las ciencias agrarias, estos nuevos paradigmas deben fundamentar un marco teórico de análisis sistémico, definir un conjunto nuclear de fundamentos científicos e ingenieriles y una unidad mínima de estudio y trabajo en la cual sea posible identificar, estructurar, integrar y analizar de manera sistémica y armónica:

- Los factores, tanto naturales como culturales, que intervienen en el proceso productivo, sus interacciones, funcionamiento, efectos y significado, ya que dicha unidad mínima las articula alrededor de un propósito.
- Los contextos socioeconómicos, culturales y ecológicos en los que se establece y con los cuales interactúa. Estas interacciones generan atributos no considerados en el proceso productivo como tal y que son fundamentales para abordar los desafíos y contextos

referidos. Algunos de estos atributos son estabilidad, elasticidad, resiliencia, adaptabilidad, flexibilidad, homeostasis, equidad y autogestión, entre otros.

- El conocimiento, la investigación y la praxis de las ciencias disciplinarias.
- La formulación de preguntas y necesidades desde una percepción holística de la realidad.

Estos nuevos paradigmas se vienen elaborando desde diferentes instancias como la teoría general de sistemas, el estudio de los sistemas de producción, la ecología de ecosistemas, la ecología del paisaje, el desarrollo rural y la agroecología.

EL ENFOQUE AGROSISTÉMICO

En las ciencias agrarias este cambio de paradigma puede estar representado en el enfoque agroecosistémico, que constituye una síntesis de estas elaboraciones y define al agroecosistema como unidad mínima de trabajo.

El agroecosistema como fenómeno se puede identificar desde que el ser humano se inicia en la agricultura, lo que marca la diferencia es el enfoque agroecosistémico. Bawden e Ilson (1992) y Conway (1985) señalan que el desarrollo del análisis agroecosistémico ha sido una respuesta a la complejidad de muchos de los problemas de la agricultura contemporánea (tales como plagas recurrentes, salinización de los suelos, incremento de la inequidad, etc.) y el reconocimiento resultante de que estos son problemas complejos y esencialmente sistémicos, ligados entre sí por procesos agroecológicos y socioeconómicos básicos y causados, en muchos casos, por incompatibilidades fundamentales entre estos procesos y la tecnología introducida.

Plantear el proceso productivo en una perspectiva agroecosistémica conlleva la necesidad de hacer translúcida la caja negra o agroecosistema, tal que permita conocer sus componentes, arquitectura y función, establecer su estado y tendencia en un momento dado, e identificar su mejor constitución y los estímulos más convenientes para su adecuado manejo en procura de una agricultura sostenible. En la medida que se avanza en este proceso, la caja negra se visualiza compuesta por otras cajas negras, tal como se ilustra en la Figura 3, las cuales también deben hacerse transparentes. En este proceso se avanza hasta que se considere suficiente para lograr una adecuada comprensión y manejo del proceso productivo.

En la medida que se profundiza en el conocimiento de las cajas negras, la investigación y el conocimiento disciplinario toman más relevancia, lo importante es que éste siempre está referido a un contexto integral y holístico y no de manera aislada.

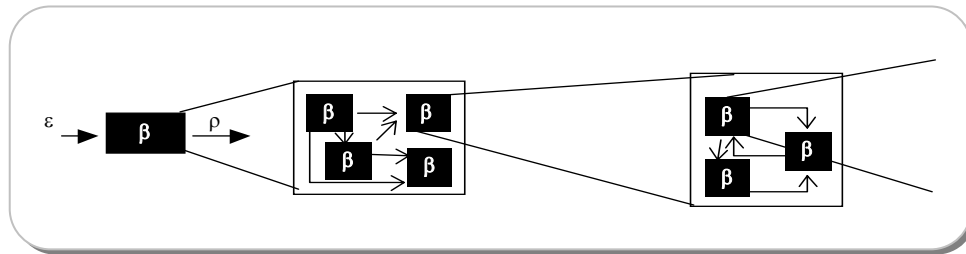


Figura 3. Enfoque de caja translúcida (modificado por Gastó, 1983)

El enfoque agroecosistémico posibilita abordar la agricultura desde la perspectiva del ecosistema, que constituye la unidad mínima de organización y funcionamiento de la naturaleza (Evans, 1956), lo cual permite una aproximación operativa de los desafíos y contextos ya referidos. Esta aproximación puede formularse en los siguientes términos:

La agricultura puede definirse como la serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad y cantidad de recursos canalizables hacia el ser humano (Gastó, 1983; Prado, 1983).

Respecto del término artificialización, éste implica la transformación de un ecosistema natural desde un estado inicial E_i a un estado deseado E_j , con una probabilidad de ocurrencia P_j , luego de aplicar un trabajo W_{ij} . De no mediar la intervención humana, el ecosistema natural tendería a un estado E_i , con una probabilidad P_i ; simbólicamente esta transformación se puede representar de la siguiente manera.

$$E_i \xrightarrow{W_{ij} (P_j)} E_j \xrightarrow{P_i} E_i$$

De este modo, la artificialización del sistema puede definirse como la diferencia de estado que existe entre el estado probable que alcanzaría el ecosistema no intervenido y el estado que presentaría al aplicar estímulos artificiales (Gastó, Vélez y D'angelo, 1997).

La probabilidad P_j de alcanzar el estado deseado E_i depende del ámbito en cuestión, de la identidad del estado E_j y del trabajo aplicado W_{ij} para alcanzarlo (Gastó, Vélez y D'angelo, 1997).

De acuerdo con lo anterior, en la agricultura se combinan tres componentes básicos: el ecosistema, las metas antrópicas, expresadas en una cierta calidad y cantidad de productos canalizables hacia el hombre, y las acciones de artificialización correspondientes a éstas.

A partir del ecosistema existente en un tiempo dado, puede postularse que éste impone restricciones a los cambios de estado posibles o metas antrópicas, mientras éstas definen las acciones de artificialización pertinentes, que hacen posible el logro de la meta. Por consiguiente, la elección del estado final o meta antrópica y del operador de artificialización de un sistema dado, dependerá, en primera instancia, de cada ecosistema particular (Gastó, Vélez y D'angelo, 1997).

El enfoque agroecosistémico permite abordar, de manera ordenada y metodológica, los diferentes niveles jerárquicos o escenarios de trabajo de las ciencias y profesiones agrarias (Figura 4), y precisar los marcos teóricos, conocimientos y destrezas, disciplinarias e integradoras que deben desarrollar las ciencias agropecuarias desde su perspectiva y en los que deben ser formados los profesionales. Este ordenamiento jerárquico debe ser construido progresivamente, de manera orgánica, no sobreponiendo un nivel sobre el otro, sino construyendo el siguiente nivel a partir del anterior; cada nivel jerárquico debe tener su momento de estudio.

En la Figura 4, la parcela puede ser agrícola, ganadera o forestal, extensiva en área o intensiva en invernaderos, cebaderos o establos, y la fitosfera puede ser sustituida por la zoosfera.

En síntesis el enfoque agroecosistémico permite:

- Ordenar la unidad de trabajo e investigación de manera jerárquica con múltiples niveles de interacción.
- Presentar el proceso de producción como una resultante del efecto integrado, orgánico, de factores socioeconómicos, ecológicos, culturales, científicos y tecnológicos.
- Cada nivel jerárquico constituye un nivel de integración de sus componentes y no de su sumatoria.
- La identificación integral de los problemas, el quiebre de los límites disciplinarios y responder de manera afortunada a las demandas que la sociedad plantea, las cuales se pueden resumir en los siguientes cuatro aspectos: sostenibilidad, competitividad, equidad y la multifuncionalidad de la agricultura.



Figura 4. Enfoque agroecosistémico y jerárquico en las ciencias agrarias.

CONCLUSIONES

Un cambio de paradigma no es saber más, es, fundamentalmente, cambiar la forma de pensar, de percibir la realidad, de plantear los problemas, desafíos y respuestas pertinentes a una realidad. Es decir, para el caso específico de este ensayo, es contribuir al avance y desarrollo de las ciencias agropecuarias y no solo al aumento del mismo conocimiento.

Se requiere, entonces, de nuevos paradigmas, pero ¿cuáles serían los argumentos y las características de los mismos? Una respuesta a la anterior pregunta requiere, a su vez, plantearse las siguientes reflexiones: ¿agricultura para qué?, ¿ciencias agropecuarias para qué? Es decir, ¿cuáles son los problemas que se necesitan resolver y cuáles los conocimientos que se requieren generar?

En su desarrollo histórico, las ciencias y profesiones del agro hoy deben dar un nuevo salto cualitativo, representado en un cambio de paradigma, que permita asumir nuevos compromisos, como la interdisciplinariedad y el enfoque sistémico de la investigación, el desarrollo y transferencia de tecnología, la identificación de los problemas, la praxis de la agricultura.

Este nuevo paradigma puede ser el enfoque agroecosistémico, que ha sido una respuesta a la complejidad de muchos de los problemas de la agricultura moderna y el reconocimiento de que estos son problemas esencialmente sistémicos, ligados entre sí por procesos agroecológicos y socioeconómicos básicos.

La definición de esta unidad mínima de trabajo en las ciencias agrarias como el agroecosistema, constituye un asunto fundamental si se quiere responder de manera afortunada a los desafíos y contextos que hoy la sociedad le plantea a las profesiones y ciencias del agro.

Los pregrados deben apuntar a la formación de profesionales con un enfoque agroecosistémico, con la capacidad de integrar los conocimientos disciplinarios para la resolución de problemas complejos, lo cual hoy constituye una gran debilidad. Los posgrados deben ser la instancia donde haya una fortaleza en conocimientos más específicos.

A pesar de que estos análisis se vienen dando desde los años 70, aún no logran permear de manera significativa las profesiones y ciencias del agro.

BIBLIOGRAFÍA

BAWDEN, R. J. and ISON, R. L. The purposes of field-crop ecosystems: social and economic aspects. *En*: PEARSON, C. J. Field crop ecosystems. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1992. p. 11-35.

CONWAY, G. R. Agriculture ecology and farming system research. *En*: REMENYI, J. Agricultural systems research for developing countries. *En*: PROCEEDINGS OF AN INTERNATIONAL WORKSHOP HELD AT HAWKESBURY AGRICULTURAL COLLEGE RICHMOND, N.S.W. (1985: Australia). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1985. p. 43-50.

EVANS, F. C. Ecosystems as the basic unit in ecology. *En*: Science. Vol. 123 (1956); p. 1127-1128.

GASTÓ, J. Ecosistema: componentes y atributos relativos al desarrollo y medio ambiente. Bases ecológicas de la modernización de la agricultura. Informes de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Santiago de Chile: Universidad Católica de Chile, Central de Apuntes, 1983. 170 p.

_____; VÉLEZ, L. D. y D'ANGELO, C. Gestión de recursos vulnerables y degradados. *En*: PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR. Libro verde: elementos para una política agroambiental en el Cono Sur. Montevideo: Procisur, 1997. p. 75-116.

KUHN, T. La estructura de las revoluciones científicas. Santafé de Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 1998. 319 p.

NAVA, R.; ARMIJO, R. y GASTÓ, J. Ecosistema. La unidad de la naturaleza y el hombre. México: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Navarro", 1979. 332 p. (Serie Recursos Naturales).

PRADO, C. Artificialización del ecosistema. Planteamiento teórico para su transformación. Santiago de Chile, 1983. 250 p. Trabajo de grado (Ingeniero Agrónomo). Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía.

RUGARCÍA, A. *et al.* The future of engineering education. A vision for a new century. *En*: Chemical Engineering Education. Vol. 34, No. 1 (2000); p.16-25.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. VICERRECTORÍA ACADÉMICA. Bases conceptuales de la autoevaluación de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: La Universidad, 2001. 123 p.