

## EL PROBLEMA DE LA SOSTENIBILIDAD DENTRO DE LA COM- PLEJIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION AGROPECUARIOS

Alejandro Cotes Torres<sup>1</sup> y José Miguel Cotes Torres<sup>2</sup>

---

### **RESUMEN**

*El problema de la sostenibilidad es una temática que desde finales del siglo XX, ha venido preocupando cada vez mas a los diferentes sectores de la sociedad; pasando a ser uno de los temas de mayor interés para empresarios, consumidores, académicos e investigadores, que conforman las diferentes cadenas agroalimentarias del mundo. Este artículo presenta desde el punto de vista de la Teoría General de Sistemas, algunos elementos de reflexión crítica, abordando la problemática de la sostenibilidad desde la complejidad de los sistemas de producción agropecuarios, partiendo desde la concepción filosófica original de la agricultura, hasta llegar a plantear algunas consideraciones que se deben tener en cuenta para el desarrollo de avances científicos y tecnológicos acordes con las necesidades de las cadenas agroalimentarias del siglo XXI; las cuales permiten orientar no solo el trabajo de los profesionales que lideran los procesos de producción animal y vegetal, sino que crea un sentido de pertenencia en todos los participantes de la cadena, resaltando la importancia de estudiar a través de un pensamiento sistémico, la Agronomía y la Zootecnia, como disciplinas que se aproximan a las complejidades de la Agricultura la cual es la piedra angular de la civilización, tal y como la conocemos actualmente.*

**Palabras claves:** Agronomía, zootecnia, pensamiento sistémico, investigación en agricultura, sistemas complejos.

---

<sup>1</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. A.A. 14490. Bogotá, Colombia. <acotest@unal.edu.co

<sup>2</sup> Profesor Asistente. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. A.A. 1779. Medellín, Colombia. <jmcotes@unalmed.edu.co >

Recibido: Abril 14 de 2005; aceptado: septiembre 21 de 2005.

## ABSTRACT

### THE PROBLEM OF SUSTAINABILITY WITHIN THE COMPLEXITY OF AGRICULTURAL PRODUCTION SYSTEMS

*The problem of sustainability is a topic that since the end of the XX century has been worrying more the different sectors of society; becoming one of the topics of greatest interest for managers, consumers, academics and investigators that conform the different agricultural food chains of the world. This paper presents from the General Systems Theory point of view some elements of critical reflection, approaching the problem of sustainability from the complexity of agricultural production systems, beginning with the original philosophical conception of agriculture and ending by outlining some considerations that should be kept in mind for the development of scientific and technological advances concordant with the agricultural food chain needs of the XXI century; which permit an orientation of not only work by professionals who lead the processes of animal and vegetable production, but also creates a sense of pertinence in all of the participants in the chain, highlighting the importance of studying by means of systemic thought, Agronomy and Animal Science, as disciplines that approach to complexities of Agriculture which is the angular stone of civilization, such as we know it at the moment.*

**Key words:** Agronomy, animal science, systemic thought, agriculture research, complex systems

---

## INTRODUCCION

Si se revisa la literatura internacional, y la coyuntura económica y política que viven actualmente los sistemas agroalimentarios, se encuentra nuevamente un concepto que en la década de los 90 se había convertido en obligatoria necesidad de ser mencionado en los diferentes campos de la vida cotidiana. Ese concepto es la sostenibilidad; palabra que hoy día es mencionada mundialmente para hablar de política, desarrollo, economía, medio ambiente, agricultura; y por supuesto los sistemas de producción agropecuarios no podían escaparse a esta tendencia mundial.

Es así como, frente a un tema de semejantes magnitudes es importante dar

respuesta a por lo menos tres preguntas que tanto en el ámbito académico como en el sector empresarial se hacen permanentemente los agentes que en ellos intervienen. En primer lugar es necesario reflexionar si existen sistemas de producción agropecuaria sostenibles, lo cual lleva a abordar un segundo tema, que gira alrededor de preguntarse, si es posible tener sistemas de producción sostenibles, para finalizar, preguntándose ¿cómo implementar ese tipo de sistemas de producción agropecuaria?

## LA COMPLEJIDAD DE LA AGRICULTURA

Según Ottino (2003), un sistema complejo difiere en esencia de lo que puede denominarse un sistema compli-

cado, en que la organización de un sistema complejo surge de la interacción de sus partes sin que le sea aplicado para ello un principio organizacional externo. Según Ormerod (2005), los rasgos más característicos de un sistema complejo son: 1) No son predecibles a corto plazo; 2) Poseen propiedades emergentes, es decir la acción del conjunto es consecuencia de las decisiones individuales de los agentes que lo conforman; y 3) Pueden generar múltiples escenarios.

En este sentido, según Cabezas, *et al.* (2005), la mayoría de los sistemas que son de interés para el estudio de la sostenibilidad son complejos por definición, como por ejemplo los ecosistemas, las economías, los sistemas sociales, y los sistemas industriales y de producción.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, para dar respuesta a la primera pregunta, es necesario ubicar a los sistemas de producción agropecuaria sostenibles, dentro del contexto de la agricultura mundial puesto que ahí tienen sus raíces muchos de los factores que han llevado a pensar que algunos de los sistemas de producción actuales son insostenibles. Para tal efecto es indispensable definir qué es la agricultura. Una buena aproximación a ello, se obtiene tomando como referencia los conceptos planteados por León (1962) quien menciona que *"la agricultura se define como la ciencia y arte de obtener mediante el uso correcto y económico de los recursos naturales, productos vegetales y animales con el objetivo de brindar bienestar y salud al hombre"*. De lo anterior se deduce que no es concebible que la agricultura vaya en contra

del bienestar y salud de la humanidad o del medio ambiente.

León (1962), afirma que la agricultura necesita de varias ciencias fundamentales y auxiliares, entre las que se cuentan todas las ciencias físicas y biológicas, económicas y sociales. Como consecuencia la agricultura se liga a todas las ciencias para dominarlas o para servir las, y que ella está, por la tierra o por el hombre en contacto permanente con la naturaleza o con las sociedades humanas. En esto radica la complejidad de la agricultura y por ende de los sistemas agropecuarios, y es por ello que la agricultura, -por concepción debe ser sostenible-, y solo se logra obtener mediante la articulación con un enfoque de sistemas de cada una de estas áreas de conocimiento que intervienen en la producción agropecuaria.

Según Von Wirén-Lehr (2001); la agricultura es un sistema altamente complejo, conformado por multitud de parámetros que interactúan tanto a nivel medioambiental como los relacionados con las actividades humanas. Esta red dinámica de interacciones, a menudo impredecibles, trae como consecuencia unos problemas metodológicos importantes. Por ejemplo, la valoración del concepto de la sostenibilidad tiene indicadores extremadamente diferentes entre sí, como los elementos propios de las ciencias básicas con los análisis cuantitativos de datos (medición de resultados en experimentos de campo o modelos matemáticos de predicción); en contraposición con la temática social (como las aspiraciones de los productores y la sociedad, valoraciones de tipo político, o indicadores que permitan conocer el

nivel de protección al paisaje), los cuales son principalmente elementos cualitativos y dependientes de las condiciones sociopolíticas del momento.

Por esa complejidad inherente, se puede decir que el ser humano para estudiar esa ciencia-arte (la agricultura), la dividió en dos grandes disciplinas; la Fitotecnia (ó Agronomía) que aborda la problemática de la producción, transformación y distribución de los productos de origen vegetal y sus derivados; y la Zootecnia, encargada de estudiar la problemática de la producción, transformación y distribución de los productos de origen animal y sus derivados. Los sistemas de producción agropecuarios se encuentran inmersos en estas dos disciplinas y por ende los rigen los mismos principios que la agricultura, es decir su objetivo es generar productos de origen vegetal o animal para dar bienestar y salud al hombre; y por lo tanto todos los sistemas de producción que vayan en contra del hombre o del medio ambiente no deben ser aceptables, ni considerados como tales.

En este punto se debe resaltar que, actualmente la multifuncionalidad de la agricultura es considerada como el camino a seguir para su desarrollo en un mundo cada vez más complejo. Según Arovuori y Kola (2005), la idea básica detrás de la multifuncionalidad es que la agricultura provee no solo alimento y fibras, sino una serie de productos catalogados como "*non-commodities*" con características y externalidades propias de los bienes públicos. Desde este punto de vista los elementos a considerar en una agricultura multifuncional son: los impactos de la agricultura en el estado medio-

ambiental de áreas rurales, el paisaje rural, la biodiversidad de las tierras con vocación agropecuaria y sus alrededores, la contribución de la agricultura a la viabilidad socio-económica del campo y empleo rural, la seguridad alimentaria tanto a nivel regional como nacional, el bienestar de los animales destinados a la producción, y la cultura de los agricultores y su herencia histórica. Al respecto la Comisión Europea (1999); considera tres diferentes campos de acción de la agricultura multifuncional: 1) La producción de alimentos; 2) La función medio ambiental; y 3) La función rural. La primera función incluye un adecuado suministro de alimentos, a precios razonables, de alta calidad y seguros para el consumo humano. Se considera que los "*output*" obtenidos a partir de la función de producción, son de carácter privado y por tanto las fuerzas del mercado deben jugar un rol importante en su regulación. La función medio-ambiental incluye el paisaje agrícola y la biodiversidad así como los valores culturales y naturales. La función medioambiental debe ser mantenida a través de las "buenas prácticas agrícolas" y regulada por la intervención del Estado. Y finalmente, la función rural se refiere al mantenimiento de las actividades agropecuarias en regiones remotas o zonas periféricas donde hay pocas posibilidades de empleo.

Por otro lado, se debe mencionar que si se admite que existen o deberían existir sistemas de producción agropecuaria sostenibles, es porque implícitamente se está validando la hipótesis de que hay unos que no lo son, y que al identificarlos, se tendría un punto de partida para explicar un sistema de producción sostenible. Para ello se debe volver nuevamente al concep-

to de agricultura, por-que fue allí donde se gestó uno de los más grandes cambios que han afectado la producción vegetal y animal hasta nuestros días; ese cambio fue la "Revolución Verde". En esta etapa de la agricultura que se inicia aproximadamente en la década de los 50, se aplicaron ampliamente las ciencias de la química y de la física, básicamente con el fin de incrementar la producción agropecuaria en el mundo, y así evitar una posible escasez de alimentos debido al constante incremento de la población humana. Para tal fin se recurrió a la creación y posterior utilización de variedades vegetales y especies animales de alto potencial productivo, a la implementación de sistemas de riego, al uso de maquinaria pesada para mecanizar los campos, a la utilización de fertilizantes químicos, al control químico de plagas y enfermedades, entre otras cosas; lo cual permitió la creación de "paquetes tecnológicos" para cada uno de los sistemas de producción agropecuarios, que gracias a sus rápidos resultados y al hecho que efectivamente incrementaban la producción, fueron vendidos en todo el mundo como la formula mágica que salvaría a la humanidad. Sin embargo, todo ello trajo consigo una serie de inconvenientes que hoy día para un sector de la sociedad (consumidores, empresarios, académicos, investigadores), son identificados como las consecuencias de sistemas de producción insostenibles, entre los cuales están los siguientes:

- Pérdida de fertilidad del suelo que finalmente desencadena en la erosión de los mismos.
- Destrucción de los ecosistemas por el deseo de ampliar la frontera agrícola que generó grandes procesos de deforestación.

- Disminución del potencial hídrico del mundo.
- Contaminación ambiental.
- Pérdida de la biodiversidad biológica y genética.

Puesto que la mayoría de los sistemas de producción agropecuarios empleados no solo en Colombia, sino a nivel mundial son usuarios directos de mucha de esta tecnología, la cual es identificada como insostenible; actualmente existe la tendencia a pensar que sostenibles son todos aquellos sistemas de producción que no las utilizan, es decir que no suministran fertilizantes químicos a los cultivos o a las praderas, no usan variedades de "semillas mejoradas", no emplean razas "puras" de ganado, no recurren a sistemas de riego, no realizan ningún tipo de mecanización en los campos, y no aplican productos químicos para el control de plagas, enfermedades y malezas. Este tipo de planteamientos, mas que una propuesta proactiva hacia la sostenibilidad, parece ser una fuerte actitud reactiva contra todo lo relacionado con la Revolución Verde, o con lo que en su momento fue considerado como uno de los más grandes desarrollos tecnológicos de la historia de la agricultura.

Esta posición es extremadamente peligrosa puesto que es reducir el problema a decir que todo lo proveniente de la química o de la Revolución Verde es insostenible, y que sencillamente todo lo que no provenga de allí es el camino hacia la verdadera sostenibilidad; con lo cual se entra en la carrera desesperada de conseguir el último "paquete tecnológico" que en materia de sistemas de producción, supuestamente sostenible, se este presentando en el momento. Surgen así

distintas alternativas dentro de los sistemas de producción agropecuaria como por ejemplo: aplicación de abonos orgánicos para fertilización de suelos, técnicas de "labranza cero" para la siembra de cultivos y pastos, control biológico de plagas, el silvopastoreo, la alimentación animal con cultivos hidropónicos, y otras tecnologías que conforman una larga lista de posibles soluciones que buscan de alguna forma el camino hacia la sostenibilidad de la agricultura moderna, pero que en muchos casos no presentan unos resultados productivos acordes con las necesidades económicas del productor, llegando a ser tan insostenibles como muchos de los sistemas de producción actuales.

Con lo anterior, no se pretende dejar la sensación que tanto la agricultura basada en la Revolución Verde, como la agricultura basada en nuevas propuestas, son un total fracaso; sino por el contrario, se reconoce que en cada uno de ellas hay una luz de esperanza que utilizada con un profundo conocimiento, puede contribuir a generar soluciones a los problemas actuales. Basta con recordar las palabras de Adam Smith (padre de la economía) en el siglo XVIII, quien afirmó: *"La agricultura es la única industria verdaderamente productiva, indispensable a la vida, única y realmente moral y moralizadora"*.

Por otro lado, un elemento que es necesario analizar, es el hecho que gran parte de los sistemas de producción agropecuarios en Colombia, se enmarcan dentro de los Sistemas Mixtos de Producción de Secano, que según Ruiz (1997), es el sistema de producción mas importante del mundo porque de ahí proviene el 39 %,

24 % y 63 % de la producción mundial de carne vacuna, ovina y de leche, respectivamente. Es por ello, que se ha querido desarrollar este tema ubicando la producción pecuaria dentro del contexto de la agricultura, debido a que en la mayoría de las regiones de Colombia y posiblemente en muchos países del mundo; el proceso de deforestación, que es uno de los problemas mas graves en la actualidad, ha sido causado conjuntamente con las prácticas que se adelantan con los sistemas de producción agrícola.

Lo anterior, es necesario mencionarlo porque solamente así se hace evidente que el problema de la sostenibilidad en los sistemas de producción agropecuarios, no puede ser resuelto analizando aisladamente los factores que intervienen en este, sino que tiene que ser considerado dentro de un entorno mucho mas amplio como lo es la agricultura, contextualizándola con factores de tipo social y económico que igualmente intervienen en el proceso.

En cuanto a los factores económicos que han permitido la implementación de los sistemas de producción actuales, está la incapacidad de los modelos económicos vigentes, de fijar un equilibrio entre la rentabilidad privada y la rentabilidad social. En otras palabras, los productores del sector agropecuario, impactan zonas productoras de agua, explotan intensivamente los recursos naturales y contaminan las fuentes hídricas, porque todas esas acciones son rentables para su beneficio personal a corto plazo; como consecuencia de que no existe un mecanismo económico para exigirle a ese productor, la retribución de lo que le cuesta a la sociedad la pérdida de la

fertilidad edáfica, del potencial hídrico, o de los recursos genéticos que se pierden con la destrucción de los ecosistemas naturales.

Según Romero, *et al* (1993), este fenómeno es el efecto de las "externalidades", como consecuencia de que el sistema de precios del mercado falla en reflejar los verdaderos efectos de la actividad económica sobre el ambiente, lo cual lleva a que existan sistemas de producción agropecuaria, insostenibles a largo plazo.

La solución de esta situación, no es solamente competencia de la economía en sus fundamentos teóricos, sino que toma un carácter de adopción de políticas de desarrollo de una nación, que ayuden a conciliar los intereses individuales de los productores con los de la sociedad en general. En este sentido, el caso europeo ilustra la importancia de la agricultura en la actualidad. Según Burguillo (2005), se presenta una dicotomía al considerar el peso socioeconómico y ambiental de la agricultura, en un contexto en el que los lazos existentes entre economía, sociedad y medio ambiente son objeto de una preocupación creciente, y en el que la conciliación de la actividad económica y social con la conservación del entorno es un objetivo prioritario de las políticas económica, social y ambiental. En concreto ese objetivo se plasma en la consecución del denominado desarrollo sostenible, y dadas las circunstancias, los responsables de la elaboración de las políticas agrarias, en el marco de los países desarrollados, han tenido en cuenta esa meta a la hora de desarrollar sus propuestas de actuación. En cualquier caso, el beneficio que la agricultura ocasiona al medio ambiente es en el presente uno de los argumentos más

fuertes para justificar la existencia de políticas públicas para el sector primario.

Con respecto a algunos factores sociales que afectan los sistemas de producción, es necesario tener en cuenta que, según Kjaerheim (2005), una producción eficiente y protectora del medio ambiente no solo es un asunto de poseer la tecnología más apropiada, puesto que es igualmente importante el desarrollo del individuo como ser humano, sus habilidades particulares, su experiencia, su motivación y la forma como se organizan para efectuar su trabajo. De nuevo la consecución de un sistema de producción agropecuaria sostenible, toma un rumbo que aparentemente no tenía relación con los factores biológicos estudiados tradicionalmente, y cuya solución está más orientada hacia el establecimiento de un equilibrio entre estos factores y elementos socioeconómicos que igualmente lo afectan, siempre ubicándolo dentro de un contexto regional, nacional e internacional, porque según Würtenberger, *et al*. (2005), se hace necesario interrelacionar la agricultura de cada nación con las políticas comerciales vigentes, con el fin de obtener el ambiente propicio para un desarrollo sustentable del sector agropecuario internacional. Con los argumentos esbozados hasta el momento, se puede decir que en general, actualmente no existen sistemas de producción sostenibles, con lo cual se dará por finalizada la disertación alrededor de la temática planteada en la primera pregunta al comienzo de este artículo.

### **LA SOSTENIBILIDAD EN LOS SISTEMAS DE PRODUCCION AGROPECUARIA**

Cuando se llega a este punto, donde los sistemas de producción supuestamente

sostenibles pierden la credibilidad de muchos, convirtiéndose en otra de las muchas modas que periódicamente se presentan dentro del sector agropecuario, y he aquí la precaución que se debe tener al utilizar la palabra "sostenible", puesto que esta temática no puede ser una moda. Y cuando definir un sistema de producción agropecuario no es solamente hablar de la parte biológica o tecnológica de la producción; sino que es necesario hablar de su componente económico, político y de la problemática social de un país; surge de inmediato la segunda pregunta que se planteaba inicialmente, y es: ¿Será posible tener sistemas de producción sostenibles?

La respuesta categórica debe ser ¡sí! Y esto tiene su fundamento en la filosofía que muchos estudiosos del tema han planteado al respecto, entre los que se destaca Henning (1995), quien mencionaba que un agroecosistema es apto para la supervivencia de las especies silvestres y a la vez genera recurso para el uso humano; y que en este sentido la agricultura corresponde a un ecosistema modificado para la supervivencia humana, que si obedece a los principios y leyes que rigen el ecosistema natural será tan viable y estable como este. También afirmaba, que el ecosistema natural y el ecosistema modificado que se llama agricultura, no son diferentes ni van en contravía; y que por el contrario pueden ser absolutamente armónicos y equitativos, constituyéndose en un solo agroecosistema al considerarlos en su conjunto.

Según Del Río (1998), no es fácil definir qué ha de entenderse por desarrollo sostenible; sin embargo, independientemente de la definición que se tome, exis-

ten dos elementos básicos que lo caracterizan. El primero está relacionado con la defensa de la equidad inter e intrageneracional y la preocupación por horizontes temporales de largo plazo. El desarrollo sostenible debe generar un bienestar actual sin imponer costes a las generaciones futuras. El uso que la generación actual hace del entorno es una de las vías por las que pueden trasladarse costes importantes al futuro. Se trata de que el desarrollo actual no lo sea a costa de los descendientes por venir. En segundo lugar, la triple dimensión del desarrollo que incorpora el concepto de desarrollo sostenible. Es decir que incorpora objetivos económicos, sociales y ambientales. O sea que el desarrollo sostenible debe alcanzar la sustentabilidad económica, la sustentabilidad social y la sustentabilidad ambiental. La primera se alcanzará a través de un crecimiento sostenido y de la eficiencia en el uso del capital y de los recursos. La segunda se alcanzará a través del logro de una mayor equidad, de la preservación de la diversidad cultural y de la mayor utilización de prácticas sostenibles en culturas menos dominantes. La tercera se alcanzará reduciendo la degradación ambiental, que puede consistir tanto en la sobreexplotación de recursos naturales como en el aumento de la contaminación. Dewulf y Van Langenhove (2005) coinciden con lo anterior, y mencionan que en la actualidad un indicador válido de desarrollo, debe incluir los tres fundamentos de la sostenibilidad, es decir el tema económico, medioambiental y social integrándolos y conformando lo que denominan "*The Triple Bottom Line of Elkington*".

Según Green, *et al.* (2003), la noción de sostenibilidad no debe limitarse solo a la

reducción del impacto ambiental de algunos productos, o a la agricultura en general, ó a los procesos industriales, sino que ello requiere aplicar los fundamentos de un pensamiento sistémico. Transformar las actividades humanas con respecto a la Cadena Alimentaria implica enfocarse integralmente en los sistemas de producción agropecuaria, industrial, de comercialización y de consumo; analizando sus mutuas interrelaciones dentro de un contexto regional, nacional e internacional. De esta forma para algunos investigadores, se hace necesario estudiar la problemática de un Sistema de Producción y Consumo de Alimentos, el cual incluye integralmente la cadena de actividades humanas organizadas que se ocupan de la producción, procesamiento, transporte, comercialización, transformación y consumo de alimentos, al igual que de la apropiada utilización de los residuos que estas actividades producen (Tansey y Worsley, 1995; Millstone y Lang, 2003).

### **LA INVESTIGACION EN AGRICULTURA**

Lo anterior, lleva automáticamente a hacerse la tercera y última pregunta, propuesta inicialmente, y es ¿Cómo implementar este tipo de sistemas de producción agropecuaria?

Inicialmente es importante mencionar que, en esta labor juega un papel importante la universidad y las instituciones de investigación, puesto que es en el profundo conocimiento de los principios biológicos y socioeconómicos que intervienen en la producción y distribución de alimentos, lo que va a permitir encontrar la salida a la insostenibilidad que se vive en algunos sistemas agropecuarios. Pero especialmente la universidad debe contri-

buir a ello ya que es la entidad que debe formar verdaderos profesionales e investigadores, con conceptos universales tan claros, y con una actitud crítica tan fuerte que le sirvan para decidir cuando modificar y cuando adaptarse al medio que lo rodea. Según Green y Foster (2005), la innovación tecnológica y los cambios en las estructuras económicas y sociales que esta conlleva, serán el camino para lograr una producción y un consumo sustentable en todas las áreas de la actividad humana.

En este sentido, la Estrategia de Lisboa aprobada por el Consejo Europeo en el año 2000, es el proyecto más amplio y ambicioso de la Unión Europea (UE), tras la unión monetaria y las sucesivas ampliaciones; y trata de convertir a Europa en la mayor economía mundial del conocimiento en lo que falta hasta el año 2010, con el fin de aumentar la productividad y la competitividad de manera que aseguren el progreso en el estado del bienestar, la cohesión y la sostenibilidad, que son los otros grandes objetivos prioritarios de la UE (Matías, 2005).

De esta forma, es la investigación la que retroalimenta la actividad docente, donde está la piedra angular para obtener sistemas de producción sostenibles, puesto que ella deberá dar las pautas para discernir cuales son las técnicas que pueden permanecer y cuales han de crearse.

Pero no es el hecho de “investigar por investigar”, sino que se necesita cumplir por lo menos con las siguientes características:

- En primer lugar, se debe identificar el factor que esté limitando la producción en

un determinado lugar, para lo cual el pensamiento sistémico expuesto por Bertalanffy desde 1950, y su aplicación en la agricultura, debe ser el insumo principal para que profesionales e investigadores del sector, aborden de una forma integral y eficiente la complejidad inherente en los sistemas de producción agropecuarios. Según Hall, *et al.* (2005), siempre ha sido difícil animar a las personas a tener un pensamiento multidimensional; pero considerar todos los aspectos involucrados en una situación determinada, es una necesidad ampliamente reconocida en el mundo de los negocios; que sumado al proceso de globalización de la economía hacen necesario que las organizaciones deban ver mas allá de sus perspectivas culturales con el fin de crear alternativas y facilitar sus procesos de decisión y ejecución.

- Debe tener un enfoque menos reduccionista, lo cual es una consecuencia directa de aplicar los principios del pensamiento complejo presentados por Morin (1994), puesto que todo sistema productivo, así como todo fenómeno físico y biológico, tiende a degradarse; por lo cual el fenómeno de la desintegración y por ende el problema de la insostenibilidad, es un fenómeno normal. Dicho en palabras de Morin (1994), *"lo normal no es que las cosas duren, como tales, eso sería, por el contrario, inquietante. No hay ninguna receta de equilibrio, pues la única forma de luchar contra la degeneración está en la regeneración permanente"*. Estos elementos aplicados a la agricultura, se deben traducir en la constante innovación y desarrollo tecnológico, basado en conocimientos ciertos y contextualizados con el medio ambiente, lo cual implica abandonar los paquetes tecnológicos que muchas veces

fomentan tanto académicos, como profesionales del sector, y que en el fondo no dejan de ser una apología a un pensamiento reduccionista que no permite abordar la verdadera complejidad de la agricultura (producción vegetal y animal).

- Debe realizarse un trabajo interdisciplinario, porque si se toma como referencia lo afirmado por Häbich (1995), solo así se puede abordar el estudio de la agricultura, cuya complejidad abarca entre otras cosas, la biología molecular, las relaciones suelo-planta-animal, las diferentes tecnologías de cultivos, las tecnologías aplicadas a la producción animal, el manejo de microcuencas y ecosistemas, el impacto de la agricultura sobre los sistemas sociales (tanto rurales como urbanos), los beneficios que los sistemas económicos obtienen de la agricultura (desde la micro-empresa hasta la economía global integrada), y la integración de la agricultura en los sistemas políticos (desde el nivel comunitario hasta el nivel nacional e internacional).

- Debe ser un trabajo interinstitucional, porque según Häbich (1995), ninguna institución por si sola puede abarcar todas las dimensiones disciplinarias y temáticas que deben integrarse para proponer y establecer políticas alternativas de desarrollo, con criterios de sostenibilidad, equidad y competitividad.

- Su objetivo debe ser producir opciones e información que contribuyan a la gestión tecnológica de los sistemas productivos, para que finalmente los productores y profesionales puedan decidir, sobre la alternativa mas competitiva dentro del contexto económico y social en que se desarrollan.

Por su enfoque este tipo de investigación puede tener algunas dificultades, como son:

- Es más difícil analizar y generar proyectos de investigación integrales, que programas autónomos donde solo se estudian algunos de los factores que intervienen en un sistema de producción.

- La tradición que se tiene de producir tecnologías concretas, -la cual muchas veces no pasa de ser simples "recetas tecnológicas" o adaptación de tecnologías foráneas-, está muy arraigada dentro de algunos grupos de investigación, y por lo tanto un enfoque sistémico puede ser rechazado por los investigadores tradicionales.

- Al necesitar la participación tanto científica como financiera de diferentes instituciones, la organización del trabajo se vuelve compleja.

- Puesto que su principal objetivo es buscar el conocimiento que sirva para utilizar eficientemente los recursos que el productor posee, puede carecer de atractivo para las empresas que comercializan insumos para la agricultura.

De esta forma, sistemas de producción sostenibles se logran obtener, cuando se estudie y comprenda la forma mediante la cual los diferentes factores de producción, afectan a la agricultura, para que con esta información y un espíritu crítico se pueda decidir cual es la tecnología más apropiada para ser utilizada en cada agroecosistema, y así poder prever y controlar los diferentes procesos tecnológicos que se desarrollan dentro de la complejidad de un sistema de producción agropecuario.

De lo anterior se infiere que potencialmente existen tantos sistemas de producción sostenibles, como posibles combinaciones entre factores existan; y que sería infructuoso tratar de explicarlos a todos en forma detallada, razón por la cual se debe abandonar la idea que existen recetas tecnológicas que al aplicarlas llevarán a obtener el tan anhelado estado de la sostenibilidad, y que por el contrario, lo que es necesario es que profesionales, empresarios e investigadores, actúen sinérgicamente para pensar y adelantar gestiones e innovaciones tecnológicas, donde el impacto ambiental de los sistemas de producción se reduzca progresivamente con el tiempo.

Para finalizar es necesario mencionar que, los sistemas de producción sostenibles son todos aquellos que combinan eficientemente tanto los factores socioeconómicos como los biológicos, dentro del contexto de un agroecosistema específico, para brindar bienestar y salud al hombre; siempre teniendo presente las palabras de León (1962) -las cuales continúan vigentes-, y quien afirmaba que "*La agricultura es la base física de la civilización, porque efectivamente, si hay algo vital en la vida de un pueblo es su alimentación. Las civilizaciones se transforman, los gobiernos cambian y las necesidades humanas se multiplican; pero en el fondo de toda cultura, de toda política, de toda economía, la alimentación surge como la primera necesidad imprescindible vital. La agricultura, fuente básica de la alimentación es por tanto, la más importante de las ocupaciones humanas, y sus problemas son la clave de bienestar mundial*".

## BIBLIOGRAFIA

- AROVUORI, Kyösti and KOLA, Jukka. Policies and measures for multifunctional agriculture: experts' insight. *En: International Food and Agribusiness Management Review*. Vol. 8, No. 3 (2005); p. 21-51.
- BERTALANFFY, Ludwig Von. The theory of open systems in physics and biology science. *En: Science*. Vol. 111 (1950); p. 23-29.
- BURGUILLO, Mercedes. La revisión intermedia de la PAC y el desarrollo rural sostenible. *En: Boletín Económico de ICE*. No. 283 (2005); p. 29-37.
- CABEZAS, H. *et al.* Simulated experiments with complex sustainable systems: ecology and technology. *En: Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 44 (2005); p. 276-291.
- COMISION EUROPEA. Safeguarding the multifunctional role of EU agriculture: which instruments?. Info-Paper, october 1999. Direction General of Agriculture. Disponible en Internet: [www.europa.eu.int/comm/agriculture/external/wto/archive/index\\_en.htm](http://www.europa.eu.int/comm/agriculture/external/wto/archive/index_en.htm).
- DEL RÍO, Pablo. La ecología industrial: una interpretación evolutiva del proceso de transición tecnológica hacia la sustentabilidad, Madrid. España. 1998. 138 p. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Madrid. Facultad de Económicas y Empresariales.
- DEWULF, Jo and VAN LANGENHOVE, Herman. Integrating industrial ecology principles into a set of environmental sustainability indicators for technology assessment. *En: Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 43 (2005); p. 419-432.
- GREEN, Ken and FOSTER, Chris. Give peas a chance: transformations in food consumption and production systems. *En: Technological Forecasting and Social Change*. Vol. 72 (2005); p. 663-679.
- GREEN, Ken, *et al.* Transformations in food consumption and production systems. *En: Journal Environment Policy Planning*. Vol. 5. No. 2 (2003); p. 145-163.
- HALL, Dianne *et al.* Extending unbounded systems thinking with agent-oriented modeling: conceptualizing a multiple perspective decision-making support system. *En: Decision Support Systems*. Vol. 41 (2005); p. 279-295.
- HÄBICH, Gerardo. Criterios de sostenibilidad, equidad y competitividad en el plan estratégico del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT): un caso de cambio institucional. *En: SIMPOSIO LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACION Y EXTENSION EN SISTEMAS AGROPECUARIOS (2º: 1995: Bogotá)*. El enfoque de sistemas de producción y la incorporación de criterios de política. Bogotá: Corpoica. 1995. 478 p.
- HENNING, Carlos. Marco conceptual para la educación agropecuaria. Sopó-Colombia: Escuela de Granjeros, 1995. 8 p.
- KJAERHEIM, Gudolf. Cleaner production and sustainability. *En: Journal of Cleaner Production*. Vol. 13 (2005); p. 329-339.

- LEON, Aniceto. Manual de agricultura. Barcelona-España: Salvat, 1962. 179 p.
- MATIAS, Gustavo. La Estrategia de Lisboa sobre la sociedad del conocimiento: la nueva economía. *En: Revista de Economía ICE*. No 820 (2005); p. 169-193.
- MILLSTONE, Eric and LANG, Tim. The atlas of food: who eats what, where and why?. London. UK: Earthscan, 2003. 128 p.
- MORIN, Edgar. Introducción al pensamiento complejo. Barcelona, España: Gedisa, 1994. 30 p.
- ORMEROD, Paul. Complexity and the limits to knowledge. *En: Futures*. Vol. 37 (2005); p. 721-728.
- OTTINO, J. M. Complex systems. *En: AIChE Journal*. Vol 49 (2003); p. 292-299.
- ROMERO, Gabriel *et al.* La sostenibilidad y la investigación agropecuaria en Colombia. Villavicencio, Colombia: Instituto Colombiano Agropecuario, 1993. 44 p.
- RUIZ, M.E. Clasificación de sistemas de producción animal. *En: LASCANO, C.E. y HOLMAN, F. Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997. p.153-164.
- TANSEY, G. and WORSLEY, T. The Food System: a guide. London, UK: Earthscan, 1995. 272 p.
- VON WIRÉN-LEHR, S. Sustainability in agriculture — an evaluation of principal goaloriented concepts to close the gap between theory and practice. *En: Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 84 (2001); p. 115–129.
- WÜRTEMBERGER, Laura, *et al.* Virtual land use and agricultural trade: Estimating environmental and socio-economic impacts. *En: Ecological Economics*. 2005. Disponible en Internet: <<http://www.elsevier.com/locate/ecolecon>>