

Conceptos, Principios y Fundamentos para el Diseño de Sistemas Sustentables de Producción

Raúl Venegas V. - Gustavo Siau G.

Tomado de: AGROECOLOGIA Y DESARROLLO
Revista de CLADES
Numero Especial 7
Agosto 1994
<http://www.clades.org/r7-art3.htm>

INTRODUCCION

La agricultura sustentable es un modo de producción agrícola que intenta obtener producciones sostenidas en el largo plazo. Esto, a través del diseño de sistemas de



producción agropecuarios que utilicen tecnologías y normas de manejo que conserven y/o mejoren la base física y la capacidad sustentadora del agrosistema.

Uno de los grandes desafíos, que se enfrenta al establecer sistemas de producción sustentables, es alcanzar una utilización eficiente de los recursos propios del predio, lograr maximizar las relaciones de complementariedad entre los componentes del sistema, mejorar la base biológica y la viabilidad, económica y técnica. Esto es posible, sin duda, a través de un **diseño predial**, aspecto fundamental que permite aproximarse a los objetivos de sustentabilidad.

El propósito de este artículo es contribuir a una comprensión holística de los sistemas de producción campesinos y, a partir de ello, plantear principios para el diseño u ordenamiento de estos sistemas que los acerquen a constituir unidades productivas sustentables en el tiempo.

II. CIENCIA MODERNA Y REALIDAD

La visión del mundo que predominó hasta la llegada de la Revolución Científica fue la de percibir al cosmos como algo de pertenencia, donde cada cual participaba e interactuaba directamente con su medio. Este estado involucraba una coalición o identificación estrecha con el ambiente.

Desde el siglo XVI en adelante el hombre fue perdiendo, en su concepción más profunda, la visión cósmica, globalizante y fenoménica de la naturaleza, sustituyéndola por una manera científica moderna de percibir los acontecimientos, caracterizada por la comprensión de los procesos a través del estudio de la materia y del movimiento, con el fin último de manejar la naturaleza.

Al respecto, pareciera ser cierto, al observar los acontecimientos ya finalizando el presente siglo, que la conciencia científica es una conciencia alienada, donde no existe una asociación ectásica con la naturaleza sino más bien una total separación y distanciamiento de ella.

En este contexto, sujeto y objeto son siempre vistos como antagónicos, donde finalmente la visión del mundo es una sensación de no pertenencia: todo nos es ajeno, distinto, y está separado de nosotros. Al cosmos no le importamos y no nos sentimos parte de él.

La visión científica moderna del mundo contiene una carga de inestabilidad inherente, lo que limitó severamente su capacidad de sostenerse a sí misma. Durante más de noventa y nueve por ciento del transcurso de la historia humana, el mundo estuvo encantado y el hombre se veía a sí mismo como parte integral de él. El completo reverso de esta percepción, en un período aproximado de cuatrocientos años, ha destruido esa maravillosa continuidad de experiencia humana y de integridad corporal y síquica que nos relacionaba con la naturaleza (Berman, 1987).

El gran vocero de la ciencia moderna fue, sin duda, René Descartes. Se ha llegado a llamar al en que de investigación moderno "paradigma cartesiano", entendiendo como paradigma a las realizaciones científicas universalmente aceptadas y reconocidas que, durante cierto tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica (Khun, 1971).

Descartes señala que, a través de una filosofía práctica, en reemplazo de una "especulativa", se podía conocer la naturaleza y la conducta de sus elementos, y, de esta manera, podríamos hacernos amos y dueños de ella. En este contexto, señalaba que las matemáticas eran el epítome de la razón pura, el conocimiento más confiable de que podíamos disponer. La certeza era equivalente a la medición y la ciencia en este sentido se fue convirtiendo en "una matemática universal". Por lo cual, en el siglo XVII, se gesta la convicción de que el mundo en su totalidad está ante nosotros para que actuemos sobre él (Berman, 1987).

El método investigativo propuesto por Descartes, se basa en, primero, el enunciado del problema, que inicialmente será confuso y complejo. Segundo, dividir el problema en sus unidades más simples, partes y componentes. Este segundo enunciado implica el estudio aislado de cada componente de la unidad de estudio. Finalmente, el método plantea que se puede rearmar la estructura total del objeto de una manera lógica.

Hasta hoy, en muchos ambientes de la investigación y centros de generación de conocimiento, se consideró que este método era la única clave para el conocimiento del mundo.

Este método podría llamarse adecuadamente "atomístico", en el sentido que el conocer consiste en subdividir una cosa en sus componentes más pequeños, y la esencia de este atomismo, sea éste material o filosófico, es que una cosa consiste en la suma de sus partes constituyentes. Sin embargo, como veremos más adelante en este artículo, este método no tiene validez para la explicación de muchos sistemas de estudio, incluidos los sistemas de producción agropecuarios. Esta afirmación es especialmente cierta cuando trabajamos con

sistemas productivos campesinos, donde es imposible comprender la conducta global sin considerar de manera interrelacionada los componentes constituyentes y sus complejas relaciones.

La identificación de la existencia humana con el raciocinio puro, la idea que el hombre puede saber todo lo que desea a través de su razón y de la lógica, incluye la suposición de que la mente y el cuerpo, sujeto y objeto, son entidades radicalmente dispares, donde el pensar nos separa del mundo que enfrentamos.

Sin embargo, la lógica y la cuantificación presentan limitaciones sustantivas para describir a los organismos (u objetos de estudio), sus interacciones y su organización interna (Bateson, 1982).

Esta escisión mente-cuerpo era verdadera en toda percepción y conducta: en el acto de pensar uno se percibe a sí mismo como una entidad separada "aquí adentro" confrontando las cosas y sucesos de "allá afuera". Esta dualidad yace en el corazón del paradigma cartesiano (Berman, 1987).

Con los inicios de la Revolución Industrial, en la segunda mitad del siglo XVIII, la revolución científica fue reconocida en su verdadera magnitud y alcance, y es en el presente siglo que el paradigma cartesiano logra gran impacto, intensidad y difusión.

Por otra parte, si nos remontamos a la enseñanza que recibimos desde la edad escolar, encontramos influencias marcadas que nos dirigen a pensar en las cosas y acontecimientos como entes separados, sin relación alguna. Por ejemplo, la carga atomista que conlleva el aprender el significado de un sustantivo (nombres personales, lugares, cosas) ó de verbos (palabras que indican acciones determinadas), nos llevan implícitamente a entender que la manera de conocer y definir algo es hacerlo mediante lo que supuestamente son en sí mismo, no mediante su relación con otras cosas (Bateson, 1982). Nadie nos enseña sobre la conexión de las cosas; que todo objeto de estudio y toda comunicación exige un contexto, y que sin contexto no hay significado.

III. EL ENFOQUE DE SISTEMAS Y LA PRODUCCION AGROPECUARIA

A partir de los antecedentes analizados podemos ahora focalizar nuestra mirada hacia un nivel más concreto de análisis de la evolución científica y su relación y aplicación con los sistemas agrícolas, lo que, finalmente, constituye el asunto que nos interesa abordar.

En rigor, entonces, podemos afirmar que la ciencia moderna para conocer, aprehender e intervenir la naturaleza, ha utilizado el enfoque **cartesiano-reduccionista**, el que divide y subdivide la realidad en partes independientes entre sí, cada una de las cuales pasa a constituir unidades elementales de investigación. De esta manera, la ciencia, a través de un método de investigación atomista, plantea aproximarse a la comprensión de los procesos observados.

Al respecto Von Bertalanffy (1968), planteó que la aplicación del procedimiento analítico de investigación, que caracteriza al enfoque reduccionista, sólo es pertinente de ser aplicado si se cumplen dos condiciones: La primera es que la interacción entre las partes constituyentes del objeto sea igual a cero, o que el grado de interacción sea tan bajo y débil, que pueda ser despreciada en términos analíticos. Sólo de esta manera es posible separar los componentes o partes del objeto para estudiarlos aisladamente, en forma lógica y matemática. La segunda condición señala que las relaciones que describen el comportamiento de las partes sean lineales: sólo de esta forma queda satisfecha la condición de aditividad, de manera que una ecuación capaz de describir la conducta de la totalidad del objeto tiene la misma forma que las ecuaciones parciales que describen la conducta de las partes. Así, los procesos parciales pueden ser superpuestos para obtener el proceso total.

Por otro lado, a medida que los objetos o sistemas de estudio van siendo más complejos, es decir, están constituidos de mayor número de partes, las inter-relaciones entre ellas son más complejas y, la variedad aumenta (entendiendo como variedad al número de estados distintos capaces de alcanzar un sistema o un componente). La explicación a los fenómenos observados a través de sus conductas sólo es posible de describir si incluimos en el análisis al entorno que los rodea y sus complejidades internas.

Estas afirmaciones cobran real importancia al trabajar con agrosistemas, los cuales se caracterizan por ser altamente complejos y establecer, en su interior, relaciones estrechas entre sus componentes, lo que deja fuera toda posibilidad de estudio reduccionista o rubrista para explicar los fenómenos que ocurren en el sistema de interés y para plantear cambios aplicables y eficaces.

Por lo cual, mientras, una corriente considerable de la ciencia moderna se esmera por explicar el comportamiento de los fenómenos que se observan, reduciéndolos a unidades o subunidades independientes y autónomas unas de otras, se plantean también, por otra parte, enfoques para el conocimiento que incluyen a la totalidad de lo estudiado. Es decir, se plantean problemas de organización, fenómenos no descomponibles en acontecimientos locales independientes, con interacciones dinámicas manifestadas en la conducta de las partes o en una configuración superior de varios órdenes, no comprensibles por la interpretación de sus respectivos elementos aislados.

La Teoría General de Sistemas, a través de su enfoque holístico e integrador, se presenta como una herramienta científica para el conocimiento del comportamiento de los objetos dinámicos con interés de estudio. Esta teoría ha sido aplicada en diferentes disciplinas: cibernética, informática, ingeniería de sistemas, teoría de decisiones, etc.

Este concepto fue desarrollado inicialmente en las ciencias biológicas alrededor del año 1925 por el biólogo L. Von Bertalanffy, a partir de sus trabajos sobre los sistemas biológicos abiertos. Sin embargo, sus ideas en este entonces no tuvieron una acogida favorable en los ambientes científicos. Sólo después de la Segunda Guerra Mundial su teoría conquista el espacio que se merece. Desde hace alrededor de 25 años comienza a ser aplicado con cierta importancia en las ciencias agrícolas.

Un enfoque sistémico de investigación nos permite, por un lado, acercarnos a la comprensión de los eventos relevantes que se dan en un proceso productivo y, por otro, formular en forma correcta (o lo más aproximada posible) alternativas técnicas aplicables y reproducibles, que mejoren la producción y eficiencia de transformación en estos sistemas, ampliando las posibilidades para diseñar mejores opciones de producción a través de una comprensión integradora y global.

Para comprender las aplicaciones de la Teoría General de Sistemas es vital contar con un criterio compartido sobre qué entendemos por Sistema (nuestra unidad de estudio) y cuáles son sus características. Para ello, describiremos primero algunas definiciones básicas.

1. Sinergia

Este concepto establece que el examen de una, o incluso de todas las partes constituyentes de un sistema en estudio, no puede explicar la conducta de su totalidad. Dicho de una forma más directa, y como señaláramos anteriormente, la suma de las partes es diferente al todo.

Es fundamental poder conocer las partes y componentes de la unidad y comprender sus interrelaciones, con el fin de aproximarnos a su comprensión.

Por lo tanto, si un objeto de estudio posee dentro de sus características la sinergia, como es el caso de los sistemas de producción agropecuarios, el enfoque de análisis reduccionista será incapaz de explicar su comportamiento. Si no consideramos esta simple afirmación podemos conducir nuestro proceso de conocimiento o investigación a errores graves e inevitablemente a fracasos (Siau, 1993).

2. Recursividad

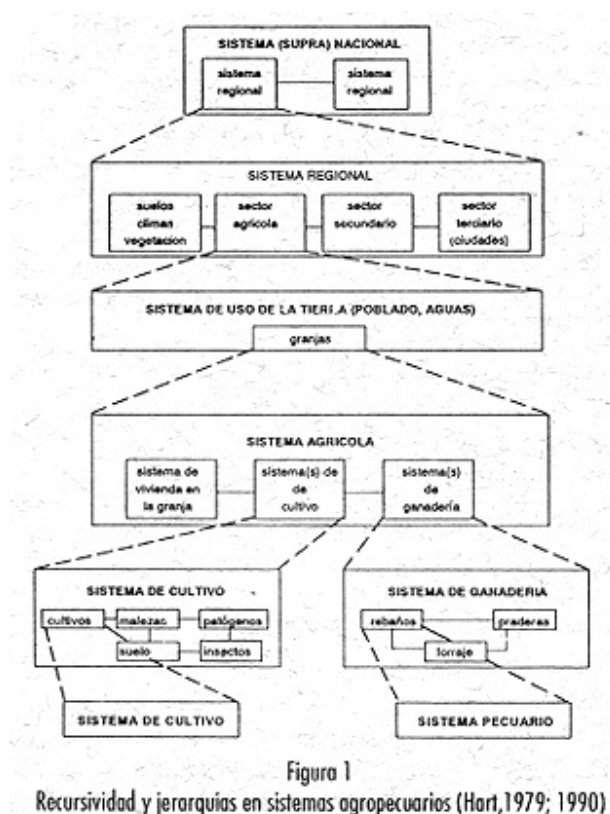
Esta definición indica que todo sistema está compuesto a su vez por otros sistemas menores (subsistemas). Además, el sistema en estudio puede ser parte de un sistema mayor y entonces pasa a constituirse también en un subsistema.

3. Jerarquía

Un sistema jerárquico es aquel que se encuentra compuesto por otros sistemas (subsistemas) interrelacionados, cada uno de los cuales es a su vez jerárquico respecto a los otros, hasta alcanzar algún nivel inferior de subsistema elemental.

Esta definición implica la idea de niveles, que son ocupados por sistemas (o subsistemas), y donde los de más abajo están contenidos en los de niveles superiores.

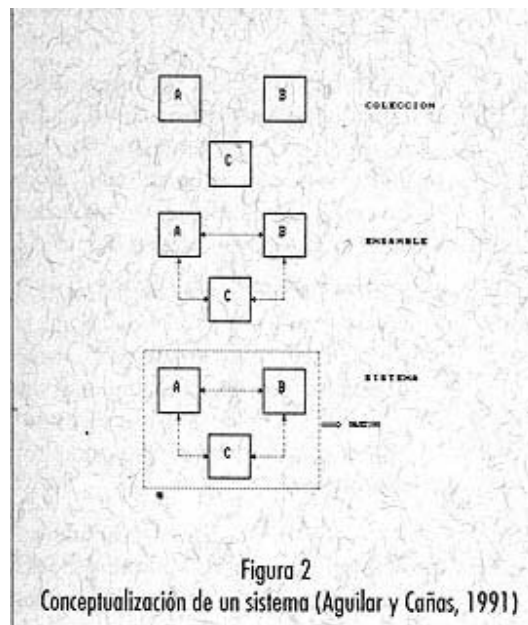
Estos dos últimos conceptos son importantes en el campo agropecuario, ya que cualquier estímulo que se inicia en el nivel superior debe necesariamente continuar en el nivel que le sucede (Johansen, 1985). Esto exige considerar las relaciones relevantes que existen entre el sistema de producción y el entorno que actúa sobre él (Figura 1).



Además, para el estudio de un objeto de interés, debemos considerar las relaciones que se establecen tanto entre sus componentes como entre éstos y los componentes que se ubican en niveles vecinos, superior e inferior. Incluir o considerar elementos, relaciones y eventos que ocurren en niveles jerárquicos lejanos, más bien complejizan el análisis y debilitan el éxito de los objetivos planteados.

Un **Sistema** es, entonces, un arreglo de componentes físicos unidos o relacionados en forma tal que forman y actúan como una unidad y un todo, y que tiene un objetivo.

Si no consideramos los objetivos, dentro de la definición de nuestro sistema de interés, nos estamos refiriendo más bien a un ensamble (conjunto de elementos relacionados), a partir del cual, en rigor, sólo podemos obtener un resultado descriptivo, perdiendo la posibilidad de lograr con nuestro estudio resultados prescriptivos con aplicación práctica (Aguilar y Cañas, 1991; Aguilar, 1992) (Figura 2).



A partir de la definición dada para un sistema genérico, podemos definir a un sistema agropecuario como aquel que tiene a los menos uno de sus componentes u objetivos con dimensión agrícola. Sin duda esta definición es muy amplia, pudiendo abarcar desde circuitos nacionales o continentales de insumos o productos agropecuarios, hasta un micro proceso fisiológico observable en una planta o en un animal.

La amplitud de aplicación de este concepto también se ve expresada en los diferentes niveles de investigación donde se realizan los estudios en sistemas de producción agrícola. Al respecto, Dent (1975) señala que existen 4 grandes niveles donde se han desarrollado las investigaciones en sistemas, a saber:

Nivel 1: Sistemas bioquímicos y físicos.

Nivel 2: Sistemas de plantas y animales.

Nivel 3: Sistemas comerciales de explotaciones.

Nivel 4: Sistemas agrícolas nacionales e internacionales.

En todo sistema es posible distinguir **subsistemas** (principio de recursividad). Los subsistemas constituyen cada una de las partes de un sistema. Están formados por un conjunto de interrelaciones estructurales y funcionales que los vinculan directamente con el sistema mayor y poseen sus propias características. Es decir, son sistemas más pequeños contenidos en sistemas superiores.

Pero, no todas las partes constituyentes de un sistema pueden ser consideradas y tratadas como subsistemas. Al respecto, Valderas (1988) indica algunas funciones que debieran

cumplir las unidades para ser consideradas sistemas o subsistemas. Brevemente, son las siguientes:

1. Función de Producción: Relacionada con el uso de los recursos y su transformación en productos, con la mayor eficiencia posible. Para el caso agropecuario, esta función estará dada por la producción vegetal, animal y de subproductos agropecuarios.
2. Función de Apoyo: Provee al sistema de los insumos necesarios para el cumplimiento del proceso de producción. Además, exporta los productos al medio con el fin de volver a ingresar los insumos necesarios. Es decir, relaciona al sistema con su medio ambiente.
3. Función de Mantenición: Permite que los elementos del sistema permanezcan dentro de él y se comporten dentro de rangos que no amenacen su sobrevivencia.
4. Función de Adaptación: Encargada de que el sistema actúe adecuadamente frente a los continuos cambios provocados por el medio ambiente.
5. Función de Dirección: Encargada de la coordinación de las funciones y de la toma de decisiones, para el cumplimiento de los objetivos propuestos.

La descripción de funciones hecha por Valderas no deja de ser un tanto teórica. No obstante, nos orienta acerca de los roles que le corresponden a los sistemas para ser considerados como tales.

Por otro lado, si afirmamos que un subsistema necesariamente debe ser **viable**, es decir, tener la capacidad de adaptación y de sobrevivencia en un medio de permanente cambio, el concepto de viabilidad puede ser considerado también como un criterio más para determinar si un elemento es o no un subsistema.

Profundizando esta idea, Beer (1973) señala que un sistema es viable, si cumple con tres características básicas:

1. Ser capaz de autoorganizarse, o sea, mantener su estructura y ser capaz de modificarlas de acuerdo a las necesidades o estímulos.
2. Ser capaz de autocontrolarse, es decir, poder mantener el valor de las variables fundamentales dentro de límites de normalidad para el sistema.
3. Tener un grado de autonomía suficiente, o un cierto grado de libertad e independencia que permita mantener las variables fundamentales.

La determinación de los **límites** de cada subsistema es compleja. Es difícil aislar los elementos y los aspectos propios del subsistema ya que existe un permanente intercambio y relaciones con el medio externo y con otros subsistemas. Además, muchas de estas interrelaciones son de causa y efecto, con lo que se producen modificaciones en el tiempo.

Sin embargo, es posible usar dos conceptos para la definición territorial de un sistema. Primero, el supersistema que lo contiene y segundo, los subsistemas que lo componen. Esto significa definir al objeto de estudio en relación a su medio y a sus componentes. Esta idea viene a recalcar que, para conocer un sistema productivo, hay que conocer las relaciones con su entorno y su funcionamiento interno.

Otro criterio de ayuda para la definición de los límites lo encontramos en el concepto de sinergia-organización. A través de éste, podemos definir y establecer cuáles son los elementos, subsistemas, factores y relaciones que son posibles de eliminar sin que se afecte, altere o elimine la organización que caracteriza al funcionamiento del sistema examinado (Berdegú, 1984).

No obstante, la definición de los límites requiere siempre de un esfuerzo importante de buen criterio y de conocimiento.

Las **relaciones** que se producen entre los subsistemas, son esencialmente de intercambio o de transferencia. Al respecto hay que destacar al menos dos tipos de relaciones que se producen en función de los factores que son transferidos. Las primeras son las relaciones de **Complementariedad**, donde los subsistemas se complementan en el uso de los factores, y las segundas, las relaciones de **Competencia**, en la cual los subsistemas compiten por el uso de factores limitantes.

Para el caso de agrosistemas, la definición de los límites y la identificación de las relaciones fundamentales, nos permite identificar y definir las subunidades donde interesa priorizar los esfuerzos de investigación y trabajo. Por otro lado, nos ayuda a identificar las relaciones relevantes que ocurren entre cada componente y determinar cuáles son las que podemos potenciar internamente de manera sinérgica en función de los objetivos propuestos.

Todo sistema está constituido de estructura, definida por los componentes y el arreglo espacial entre éstos, y **función** o comportamiento, dada por los flujos que entran y salen del sistema.

Johansen (1979), conceptualiza el funcionamiento de un sistema a través de la descripción de elementos o características que se dan en él.

1. Corrientes de Entrada: Representa la importación de energía al sistema (materiales, recursos financieros, recursos humanos e información).
2. Proceso de Conversión: Representa la transformación de la energía ingresada en energía de producción, en función de los objetivos planteados.
3. Corrientes de Salida: Representa la exportación que el sistema hace, a través de un producto, hacia el medio externo.
4. Comunicación de Retroalimentación: Es la información que indica cuán diferente es la conducta que desarrolla el sistema, respecto a los objetivos propuestos, y que es introducida nuevamente al sistema con el fin de hacer las correcciones necesarias para la consecución de objetivos (Figura 3).

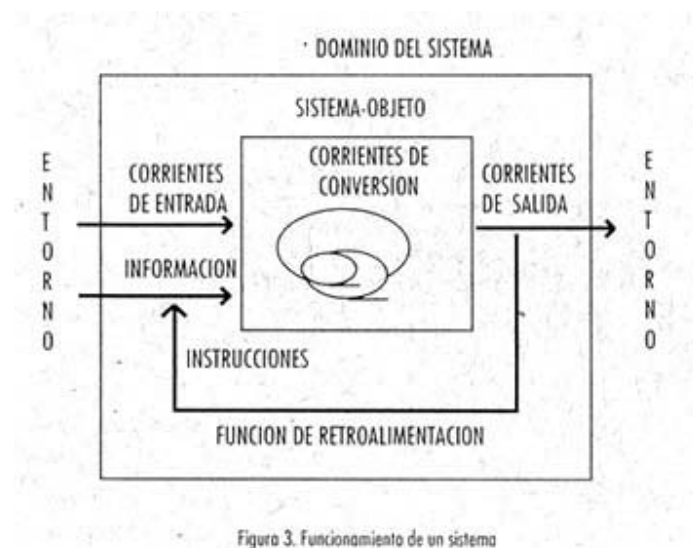


Figura 3. Funcionamiento de un sistema

La **complejidad** de un sistema está determinada por el grado y cantidad de interacciones entre las partes y subsistemas y el grado de variedad de los mismos. Al respecto, podemos afirmar que los sistemas de producción agropecuarios son altamente complejos, dando su alto número de variables participantes en el proceso y sus numerosas inter-relaciones.

Por otra parte, los sistemas agropecuarios, como sistemas ecológicos, no pueden actuar más allá de los límites que les imponen los procesos fisiológicos que ocurren dentro de sus componentes y subsistemas. Estos, a su vez, están limitados por la competencia con otros componentes y por las características del entorno exterior (Hart, 1979; 1990).

A partir de los conceptos revisados es posible afirmar que el comportamiento de las unidades de producción agropecuaria responde a un funcionamiento de carácter sistémico. Esta aseveración la podemos sintetizar en los siguientes enunciados:

1. Las unidades de producción presentan objetivos globales, es decir, objetivos sistémicos.
2. Tiene sinergia y organización.
3. Poseen características recursivas.
4. Tienen jerarquía.
5. Tienen estructura y funcionamiento.
6. Presentan interrelaciones y vinculaciones entre los componentes, los subsistemas, y el sistema global.
7. Tienen permanencia en el tiempo.

Ahora bien, para acercarse a los objetivos definidos para cada unidad productiva, y para que éstos se logren con la mayor economía y eficiencia en relación a los recursos, los modelos de transformación que se propongan deben tratar de cumplir y conjugar algunos **atributos sistémicos**, características generales que definen la estructura y funcionamiento de cada sistema en particular. Al respecto, Gastó (1979) plantea tres atributos:

1. **Balance:** Decimos que un sistema está balanceado si sus elementos componentes están presentes en cantidades relativas adecuadas para la consecución de las metas.

Lo que quiere decir este atributo se puede representar en el concepto agroecológico de diversidad-estabilidad. Es decir, para poder tener una mayor estabilidad tanto técnica (productiva, sanitaria) como económica, a nivel predial, es importante, por ejemplo, balancear los componentes animales y cultivos dentro del sistema, y aprovechar así los beneficios recíprocos de sus interrelaciones.

2. **Armonía:** Indica si un sistema está funcionando en forma sincronizada o no, o, dicho de otra manera, si existe un ritmo adecuado entre los diversos procesos o eventos que se producen en el ámbito de acción predial.
3. **Estilo:** Señala si el sistema se está desarrollando, o no, en favor de la consecución de los objetivos. Es decir, si su estructura y funcionamiento son tales que hacen factible la materialización del proyecto trazado por el productor.

Por otra parte, se deben considerar, además, atributos del comportamiento del sistema que reflejen su totalidad, tales como la productividad, estabilidad, sustentación y la relación entre éstos.

1. **Productividad:** representa una medida de la cantidad de producción por unidad de superficie, trabajo invertido o insumos utilizados. Generalmente, es medida en cantidad anual de productos, y representa la eficiencia de uso de los insumos en el proceso de transformación (Conway, 1986).

De esta manera, uno de los objetivos que debiera alcanzar todo proceso de producción es producir el máximo de productos invirtiendo el mínimo de esfuerzo económico y/o energético, lo que en su acepción más general podríamos llamar Eficiencia de un Sistema Productivo, y que representamos por el cociente que resulta entre los productos (salidas) y los insumos (entradas) que se invierten en un determinado proceso productivo (Toledo, 1987).

$$E = P / I$$

donde: E = eficiencia; P = producto;

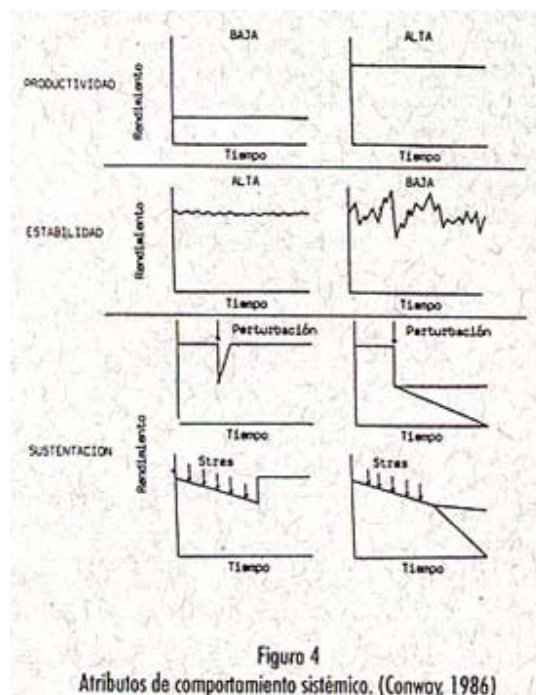
I = insumo

2. **Estabilidad:** Es la constancia de la producción agropecuaria bajo las condiciones ambientales, económicas y prácticas de manejo. Al respecto, Harwood (1979) señala que la estabilidad puede ser analizada desde el punto de vista económico y del manejo.
 - a. Estabilidad de manejo: Relacionada con la posibilidad que tiene el productos de seleccionar aquellas técnicas, prácticas o estrategias agropecuarias que apunten a

contribuir a la constancia de la producción global a través del tiempo, tales como rotaciones de cultivos, diversidad de cultivos, incorporación de cultivos adaptados localmente, balance entre producción animal y vegetal, etc.

- b. Estabilidad económica: Relacionada con la capacidad que tiene el agricultor de conocer y manejar información económica relacionada en algún punto con su proceso productivo. Señala también la capacidad que tiene el sistema de responder a las variaciones permanentes del mercado, sin deteriorar su nivel de generación de ingresos económicos en períodos determinados.
3. **Sustentación:** Representa la habilidad de un sistema para mantener su nivel de producción el tiempo, conjugando las características socioeconómica del agricultor y las restricciones ambientales, frente a presiones de estrés (disturbio regular, continuo y permanente) o perturbaciones (disturbio poco frecuente e impredecible). (Conway, 1986).

La figura 4 representa los conceptos de productividad, estabilidad y sustentación en niveles altos y bajos. Desde una concepción sistémica óptima, los sistemas de producción agropecuarios deberían alcanzar los niveles más altos posibles de producción, estabilidad y sustentación en el tiempo.



IV. PRINCIPIOS PARA EL DISEÑO Y MANEJO DE SISTEMAS DE PRODUCCION SUSTENTABLE

Como señaláramos en párrafos anteriores, la concepción de sustentabilidad predial necesita que la unidad agrícola sea considerada como un ecosistema global, en el que la

investigación y la producción busquen no solamente resultados en relación a altos rendimientos en cada rubro, sino en optimizar al sistema como a un todo.

En este marco conceptual, se revisarán a continuación los principios y fundamentos agroecológicos aplicables al manejo de agrosistemas que permiten obtener sustentabilidad biológica y viabilidad económica en unidades de producción agropecuaria.

- A. Diversificación espacial y temporal.
- B. Integración de la producción animal y vegetal.
- C. Mantención de altas tasas de reciclaje de desechos animales y vegetales.
- D. Optimización del uso del espacio, con un diseño adecuado de la superficie de uso agrícola.

A. DIVERSIFICACION ESPACIAL Y TEMPORAL

Policultivos

La biodiversidad, en su sentido más general, está representada por la interacción que se produce entre todos los organismos vivos: vegetales, animales y microrganismos existentes en un determinado ecosistema. La agricultura moderna, que ocupa del 25-30% de los suelos del mundo, es una de las principales causas de disminución de ella.

Un efecto importante de la agricultura aparece al simplificar la estructura del medio ambiente, reemplazando la diversidad natural por un pequeño número de plantas cultivos y animales domésticos. Resulta impactante comprobar que no más de 70 especies vegetales cubren o están distribuidas en aproximadamente 1.440 millones de hectáreas de tierra cultivada en todo el planeta. Esto contrasta con lo que sucede en un bosque tropical lluvioso, donde podemos encontrar sobre 100 especies de árboles distintos en una hectárea (Myers, 1984).

El resultado final de la simplificación agrícola es que un agrosistema requiere de intervención humana constante. Esto, para reemplazar las funciones reguladoras llevadas a cabo por las poblaciones animales y vegetales que compartían los distintos nichos ecológicos que se dan en un ecosistema diversificado y que desaparecen producto de la simplificación y homogeneización que produce el establecimiento de sistemas agrícolas monoculturales.

En sistemas agrícolas modernos hay evidencia experimental que sugiere que la biodiversidad puede ser utilizada para mejorar el manejo de plagas (Andow, 1991).

El manejo de policultivos requiere del diseño de una combinación espacial y temporal de cultivos en un área. Existen múltiples arreglos posibles de cultivos en una superficie y cada uno genera diferentes efectos sobre las poblaciones vegetales y animales presentes en el área.

Los sistemas de policultivos constituyen unidades diversificadas en el tiempo y en el espacio. Estas asociaciones normalmente producen una reducción en los problemas generados por insectos.

Un gran cuerpo de literatura cita ejemplos específicos de cultivos que tienen efectos sobre diversas especies de insectos (Altieri y Liebman, 1986).

Altieri (1992) revisa cuatro hipótesis ecológicas para explicar la menor carga de poblaciones plaga en asociaciones de especies vegetales múltiples:

La primera de ellas es la de **Resistencia asociacional**, que establece que los ecosistemas en los cuales las especies de plantas están entremezcladas poseen en conjunto una resistencia a los herbívoros, además de la que cada una de ellas pueda tener individualmente, sugiriendo que aparte de su diversidad taxonómica, los policultivos exhiben una estructura, ambiente químico y microclimas relativamente complejos. Estos factores en mezclas de vegetación trabajan en forma sinérgica para producir una resistencia asociacional al ataque de plagas.

La segunda hipótesis analizada es la de **Los enemigos naturales**, que predice habrá una mayor abundancia y diversidad de enemigos naturales en policultivos que en monocultivos. Los depredadores tienen a ser polívoros y tienen requerimientos amplios de hábitat. Por ello, en sistemas diversificados, puede esperarse que encuentren una mayor variedad de presas alternativas y micro hábitat. Los monocultivos no proveen de estas condiciones.

La tercera hipótesis, o de **Concentración de recursos**, propone que las poblaciones de insectos pueden ser influidas directamente por la concentración y/o distribución espacial de sus plantas hospedadoras. Puede ocurrir un efecto de las especies de plantas asociadas sobre la habilidad del insecto herbívoro para encontrar y utilizar su planta hospedadora. Para cualquier especie plaga, la fuerza total del estímulo atractivo la determina la concentración de recursos, y ésta varía con factores interactivos tales como la densidad y estructura espacial de las plantas que la pueden alimentar, y los efectos perturbadores de las plantas no hospedadoras. Por consiguiente, a un menor concentración de recursos, más difícil será, para el insecto plaga, la localización de una planta sobre la cual actuar.

La última de las hipótesis revisadas es la de **La apariencia de las plantas**, que establece que la mayoría de los cultivos han derivado de tempranas sucesiones de hierbas que escaparon de los herbívoros en el espacio y en el tiempo. La efectividad de las defensas naturales del cultivo es reducida por los métodos agrícolas actuales ya que los monocultivos hacen a las plantas más aparentes a los herbívoros de lo que fueron sus antecesoras.

En agricultura, la apariencia de una planta de cultivo es aumentada por su asociación cercana con especies relacionadas, por lo que estas plantas en monocultivo están sujetas a condiciones artificiales para las cuales sus defensas químicas y físicas son cualitativamente inadecuadas. La teoría de Fenny (1976), y Rhoades y Cates (1976), citados por Altieri (1992), analiza la clasificación de las plantas en aparentes o predecibles y no aparentes o impredecibles, así como las implicancias de tales divisiones para los cultivos agrícolas en relación a la susceptibilidad frente a las plagas.

Rotación de Cultivos

Una rotación de cultivos es la plantación o siembra sucesiva de diferentes cultivos en la misma superficie.

El comportamiento exitoso de los sistemas orgánicos de producción depende del diseño de rotaciones de cultivos viables, definidos como aquellos que mantienen la fertilidad y contribuyen al control de malezas, plagas y enfermedades. Una rotación debe incorporar en su diseño los siguientes criterios (Soil Association, 1989):

- Equilibrar en el tiempo la acumulación de fertilidad, con la extracción que hacen los cultivos.
- Incorporar cultivos de leguminosas.
- Incluir cultivos con diferentes sistemas radiculares.
- Separar en el espacio y/o tiempo los cultivos que presentan susceptibilidades similares a plagas y enfermedades.
- Alternar malezas susceptibles con cultivos supresores de malezas.
- Emplear cultivos para abono verde y de cobertura que permitan minimizar la exposición del suelo al invierno.
- Mantener o incrementar los niveles de materia orgánica del suelo.

La causa de las mejores características físicas del suelo en el que se hacen rotaciones puede ser su aumento de materia orgánica, especialmente en los que integran rastrojos. Esto explicaría, en parte, el aumento en el rendimiento de estos sistemas.

Los cultivos con raíces profundas pueden utilizar nutrientes ubicados profundamente en el perfil del suelo. En este proceso, las plantas pueden extraer nutrientes hacia la superficie, volviéndolos disponibles para los cultivos de raíces más superficiales.

Diversos estudios indican que en las rotaciones de cultivo se producen en el suelo modificaciones microbiológicas y bioquímicas, y se producen y mantienen mayores niveles de biomasa microbiana y actividad enzimática, en relación a suelos manejados con rotaciones culturales limitadas o con monocultivos (Khan, 1970; Dick, 1984; Mc. Gill y col., 1986).

Se han comparado sistemas de rotación con otros sistemas que recibían estiércol o fertilización convencional, encontrándose en las rotaciones mayores cuentas bacterianas (Martinuk y Wagner 1978).

En el caso de hongos, las cuentas han sido generalmente bajas en los sistemas en rotación, comparado con los que recibieron fertilización NPK o estiércol. Se observó, en la rotación de cultivos, un descenso del nivel del género *Fusarium*. La rotación de cultivos es capaz de soportar mayor biodiversidad, lo que aparentemente lleva a la supresión de este tipo de hongos (Martinuk y Wagner, 1978).

El monocultivo continuado de una especie normalmente lleva a la disminución del nivel de producción, en comparación con la producción de la misma especie en rotación. Esta

reducción usualmente no está relacionada con problemas de fertilidad o plagas. Algunos autores sugieren que esta baja se debería al efecto de toxinas de efecto alelopático, derivadas del proceso de descomposición de los residuos vegetales del monocultivo (Breakwell y Turco, 1990).

Existe evidencia creciente de que el "efecto rotacional" se debe a la supresión del efecto deletéreo, provocado por rizobacterias que aumentan su nivel poblacional bajo monocultivos.

Se han encontrado bacterias del género *Pseudomonas* que llevarían a una pérdida del vigor de las plantas debido a una reducción del largo de las raíces y a un incremento de la susceptibilidad de las plantas a las enfermedades provocadas por hongos (Fredrickson y Elliot, 1985).

En un estudio realizado por Turco y col., 1980, utilizando maíz germinado en distintos suelos, se aislaron 130 tipos de bacterias que fueron probadas en bioensayos para conocer su efecto depresor sobre las raíces de maíz germinado. Aproximadamente el 22% de las bacterias aisladas inhibía el crecimiento de las raíces y, de éstas, el 72% fue aislada de suelo monocultivado continuo. Esto sugiere que el cultivo continuo de una especie en una misma área promueve el desarrollo de bacterias de efecto depresor.

Dentro de los sistemas de agricultura orgánica, el énfasis sobre el diseño y manejo de la rotación de cultivo pretende evitar el desarrollo de problemas serios de malezas, plagas y enfermedades, tanto dentro de un cultivo como a través del tiempo.

Control de malezas a través del Diseño de Rotaciones

Una correcta rotación de cultivos ha sido tradicionalmente considerada como controladora de malezas.

En los sistemas orgánicos no se busca la erradicación total de malezas. Los productores deberían buscar un equilibrio entre los beneficios de la diversidad ambiental y los niveles de producción que se obtienen en sistemas donde se produce junto a población alta de maleza.

Algunas plantas no cultivadas son beneficiosas, ya que aportan nutrientes y refugio a los controladores naturales de plagas, o actúan como "cultivos trampa" para ellas.

Por ejemplo, es interesante señalar, el comportamiento de los cultivos bajo el efecto de los residuos del sorgo, así como con otros cultivos, tanto como para evitar consecuencias no deseadas como para usarlos en el control de maleza. Observaciones de campo en el Centro de Educación y Tecnología nos han permitido ver que el efecto depresor que se aprecia sobre malezas invernales no se daría en el cultivo de vicia (*Vicia atropurpurea*) ni en el de alfalfa (*Medicago sativa*) establecidos temprano en otoño sobre un suelo que en primavera-verano estuvo ocupado por sorgo.

Existen razones diversas para explicar el efecto deletéreo del sorgo e identificar su ubicación dentro de una rotación:

- a. Alta utilización de agua y nutrientes.
- b. Alta utilización de nutrientes por parte de la biomasa del suelo para procesar los desechos de raíces.
- c. Aparición de sustancias tóxicas durante la descomposición de los residuos.
- d. Secreción de exudados dañinos para los cultivos.

También se ha observado la aparición de ácidos excretados desde los residuos de sorgo como el ac. P-coumarico, Ohidroxibenzoico y Protocatechuico, que probablemente contribuyen a la fitotoxicidad del sorgo (Rao y col, 1990).

Por otra parte, extractos acuosos de trigo, cebada, avena y maíz muestran también diversos grados de toxicidad, pero sus efectos se dan en cortos períodos. Los residuos de las raíces del sorgo presentan efectos tóxicos durante períodos largos de tiempo, tanto en el campo como en el laboratorio (Rao, 1990).

En el caso de rotaciones que incorporan praderas, el período de pastos permite la reducción de la población de malezas. Esto se logra por la competencia y exclusión de ellas por especies forrajeras de mayor vigor a través de la remoción directa de las plantas, por el pastoreo del ganado o por el corte para conservación. De esta manera, se consumen las reservas de las plantas no deseadas disminuyendo la producción y agotando en algunos casos el banco de semillas.

La presión de las malezas tiende a disminuir durante el período de la rotación, por lo que la secuencia de cultivos que se establezca debe contribuir a la estrategia de control de malezas, tanto como sea posible.

Diferentes especies de cultivos compiten o suprimen el crecimiento de malezas en diversos grados. Entre los cereales esto es visto comúnmente. Por ejemplo, la avena (*Avena sativa*) tiene una alta competitividad con las malezas en comparación al trigo (*Triticum aestivum*), por lo que puede ser incluida tardíamente en la secuencia de cultivos.

La observación de que los cultivos orgánicos no sufren con tanta intensidad de plagas y enfermedades se debería a que los niveles de N disponible en suelos manejados orgánicamente no permiten una absorción excesiva de N por la planta. Se ha reportado un aumento en las enfermedades en la medida que se incrementa el N en los cultivos convencionales (Lampkin, 1990). Por otra parte, se ha encontrado una correlación positiva entre la cantidad de N aplicado y el incremento de plagas que atacan los vegetales (Schüler, 1990).

B. INTEGRACION DE LA PRODUCCION ANIMAL Y VEGETAL Los beneficios de la rotación de cultivos y de la diversificación son más fáciles de alcanzar en las unidades en que la pradera, en particular de leguminosas, y la producción animal, forman parte de la estructura productiva.

En cada rotación orgánica la permanencia de pastos, gramíneas y leguminosas es utilizada para acumular nitrógeno a través de la fijación biológica, lo cual permite soportar los cultivos siguientes.

Un hecho importante es que la fase de recuperación o acumulación de la fertilidad, cuando el sistema de producción es agropecuario, permite hacer viable la rotación.

Cuando la rotación no considera praderas ni animales, la mantención de la fertilidad depende de la incorporación de leguminosas como abonos verdes, manejadas con el objetivo de maximizar la acumulación de nitrógeno.

Reciclaje en praderas

El aporte de nitrógeno disponible es un factor que afecta fuertemente la producción de una pradera. Este puede ser derivado del suelo, de las excretas animales, de las plantas leguminosas y de los fertilizantes químicos.

La contribución de N desde el suelo puede variar entre 0 y 250 Kgrs./ha/año, con bajos valores asociados a los suelos arables permanentemente trabajados, y altos valores asociados a las praderas permanentes (Richards, 1977).

El aporte de N que hacen las excretas depende de la carga animal, la que a su vez depende el aporte de N de los fertilizantes y de la estrategia de fertilización. Se han encontrado valores sobre 380 kgs. De N/ha/año (Richards, 1975).

Bajo condiciones de pastoreo, la respuesta a la aplicación de N es afectada por la frecuencia de desfoliación de la pradera, el reciclado de las excretas de los animales en pastoreo y el pisoteo.



Con bajos niveles de fertilización nitrogenada, el pastoreo tiene un mejor nivel de producción de materia seca que con un sistema de corte, sin pastoreo, esto debido al reciclaje de las excretas. Pero, a niveles de fertilización sobre 200 Kg. de N/ha/año, la producción de praderas bajo corte es mayor que bajo pastoreo, (Richards, 1977).

Las vacas en pastoreo retornan a la pradera alrededor del 70% del N, el 66% del P y el 92% del K consumido (Hutton, y col., 1967).

El fósforo de las fecas es de pequeña importancia en el corto plazo, debido a su baja disponibilidad. Sin embargo, es reciclado en alta cantidad con cargas animales altas. (Brockman et al 1970).

Cada tonelada de materia seca remueve aproximadamente 4,4 kg. de fósforo (9 kg. de fosfato). Sin embargo, sólo debido al reciclaje, la mitad de estos requerimientos debe ser retornado vía fertilizantes en las praderas permanentes (Williams 1980).

En las praderas pastoreadas, la mayor parte del K es retornada con las excretas de los animales. Sin embargo, la distribución espacial puede afectar su disponibilidad (Marsh y Campling, 1970). Normalmente son necesarios 15-40 kg. de k/ha/año para aportar las necesidades de una pradera en relación a este mineral.

Entre un 20-30% de la materia seca consumida diariamente por las vacas en pastoreo es excretada como bostas. Estas deposiciones llegan a cubrir entre 0,45 a 1,10 m²/vaca (Mac Diarmid y Watkin, 1972; Mac Lusk, 1960). El área de hierba rechazada puede variar entre 6 a 12 veces el área de la mancha de fecas, dependiendo de la presión de pastoreo. El área de pradera rechazada puede variar de un 10% a un 45% durante una temporada de pastoreo (March y Campling, 1970; Volton, 1979).

El contenido más probable de nutrientes del estiércol de bovinos en pastoreo por kg. de materia seca es de 20 a 24 grs. de N, 5 a 11 de P y 5 a 14 de K, (Holmes, 1980). Sólo el 25% del N alcanza a ser disponible para las plantas en el año de depósito.

El retorno de la orina a la pradera es beneficioso ya que ésta contiene el 70% del N, (6-11 grs./L) y la mayoría del K excretado. El crecimiento de la hierba responde en forma similar a la aplicación de orina que a la aplicación de fertilizantes (Holmes, 1980; Daring y Naught, 1961).

C. MANTENCION DE ALTAS TASAS DE RECICLAJE DE DESECHOS ANIMALES Y VEGETALES

La obtención de altas tasas de reciclaje sólo se logrará a través del procesamiento y utilización de los desechos animales y vegetales que permanentemente se acumulan en las unidades de producción agropecuaria y de abonos verdes.

Fertilizantes Orgánicos

Se denomina abono orgánico a toda sustancia de origen animal, vegetal o mixto, que se añade al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Schoning y Wichmann, 1990). Estos pueden consistir en: residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha, cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de N), restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín), restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas, desechos domésticos, compost preparado con la mezcla de los compuestos mencionados.

Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que, además, influyen favorablemente sobre la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes a la biología del suelo, favorecen la formación de dióxido de carbono y a la microflora y

microfauna en genreal. Contienen N en cantidades variables. Son fuente de nitrógeno de liberación lenta pero estable (Shoning y Wichmann, 1990).

CUADRO 1. Promedio de nutrientes contenidos en abonos orgánicos (% de materia seca)

Abono Estiércol	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Vacuno	0.94	0.42	1.89*
Oveja	2.82	0.41	2.62
Cerdo	1.77	2.11	0.57
Conejo	1.91	1.38	1.3
Cabra	2.38	0.57	2.50
Caballo	1.98	1.29	2.41
Ave	2.72	2.23	2.26
Ave piso	2.89	1.43	2.14
Ave jaula	2.92	2.14	1.62
Purín (bovino)	0.3	0.2	0.3**
Novillo	2	0.8	1.5***
Guano Rojo	1.8	18.0	1.65

* Rodríguez, 1993

** Shoning y Wichmann, 1990

*** USDA, 1978

El Estiércol

El estiércol consiste en excretas de ganado puras o mezcladas con diferentes tipos de materiales usados como cama. Estos compuestos sufren inicialmente un proceso de fermentación aeróbica, con producción de CO₂, NH₄ y N elemental. El resultado final es la producción de humus. Debido a la elevada pérdida de CO₂, durante el proceso de fermentación hay una considerable variación del volumen del estiércol.

La composición de los diferentes estiércoles es muy variable y generalmente depende de la dieta que se le suministre al animal; en el Cuadro 1 se muestra una posible composición de diferentes estiércoles.

Abonos Verdes

Esta práctica consiste en la incorporación de tejido vegetal verde al suelo. En particular, algunos cultivos de crecimiento rápido como avena, vicia, trébol alejandrino, centeno o arvejas.

Estos abonos significan un gran aporte de materia orgánica al suelo. Los compuestos húmicos resultantes de su descomposición aumentan la capacidad de absorción del suelo y promueven el drenaje, la aireación y la granulación, condiciones importantes para el

crecimiento vegetal. Sirven de alimento para los microorganismos del suelo y tiende a estimular marcadamente las transformaciones de las cadenas biológicas. Esa acción bioquímica tiene especial importancia en la producción de bióxido de carbono, amonio, nitritos, nitratos y otros compuestos simples.

Los abonos verdes ejercen una influencia conservadora sobre los elementos nutritivos del suelo, ya que recogen los constituyentes solubles que, de otro modo, se perderían en el agua de drenaje. Por otra parte, los abonos verdes de raíces largas capturan nutrientes en los horizontes inferiores del suelo y los llevan hacia la superficie.

Cuando se incorpora una gramínea como abono verde, el nitrógeno original del suelo vuelve a una forma no orgánica y no hay aumento de su contenido. Cuando se emplea una leguminosa, existe la posibilidad de aumentar el contenido de nitrógeno del suelo en una proporción correspondiente a la fijación simbiótica (Alexander, 1977).

Cuanto más joven es el cultivo y mayor la proporción de agua que contiene, más rápida será la acción de la microbiología del suelo. Por otro lado, la incorporación de un cultivo seco al suelo no dará resultados tan satisfactorios.

En estos abonos verdes, el nivel de lignificación -o la presencia de materiales recalcitrantes- es muy baja, por lo que la tasa de decaimiento de descomposición es rápida y los nutrientes estarán disponibles en un corto plazo.

El Compost

El compost es otra fuente importante de nutrientes. Es el resultado de la fermentación aeróbica de la mezcla de residuos animales y vegetales, desechos agrícolas u otros materiales orgánicos.

Según Lampkin (1990), durante el proceso de fermentación se produce una sucesión de cambios de temperatura y pH. Este proceso puede ser dividido en cuatro fases, conocidas como: mesofílica, termofílica, enfriamiento y madurez.

Inicialmente, las cepas de microorganismos que están presentes en los desechos orgánicos o en la atmósfera empiezan a descomponer los materiales. La temperatura aumenta.

El pH, por su parte, baja a medida que se producen ácidos orgánicos. Aproximadamente, a los 40°C los microorganismos termofílicos incrementan su actividad. La temperatura aumenta hasta 65°C. Los hongos empiezan a ser desactivados. Sobre esta temperatura las reacciones son mantenidas por actinomicetes y bacterias formadoras de esporas. En esta fase de alta temperatura, las sustancias de fácil degradación (como azúcares, almidón, grasas y proteínas) son rápidamente consumidas, y el pH empieza a ser alcalino, a medida que se libera amonio de las proteínas.

La tasa de las reacciones empieza a ser más lenta a medida que los materiales más resistentes son atacados. La "pila" de compost entra en su fase de enfriamiento. Los hongos

termófilos la reinvienden desde la periferia y empiezan a atacar la celulosa. Más tarde, la "pila" se ve reinvasada por las líneas mesofílicas de microorganismos. Este proceso ocurre en algunas semanas.

Para producir un producto estable de humus (o ácidos húmicos), se requieren reacciones sobre la materia orgánica residual por varios meses. Durante este período hay una intensa competencia por alimento entre las distintas clases de microorganismos. Se produce formación de antibióticos y antagonismo, y la "pila" es invadida por la macrofauna y mesofauna.

Semillas de malezas viables en los desechos vegetales y en el estiércol pueden propagarse en el campo de cultivo. El manejo óptimo de los residuos, por lo tanto, es un punto muy importante a considerar para evitar este efecto. El compostaje, si es llevado a cabo correctamente, puede hacer una importante contribución al control de malezas. En efecto, la actividad de las bacterias aerobias termofílicas responsables del compostaje lleva a un aumento de la temperatura (sobre los 70°C) que puede inactivar las semillas de malezas.

En general, las prácticas de manejo que incrementan los niveles de materia orgánica, o de residuos orgánicos animales o vegetales, aumentan la actividad biológica del suelo.

Al respecto, se señala que la adición de estiércol de corral más la cama animal (famyard), incrementa la actividad de la biomasa microbial (Schnürer y col., 1985; McGill y col., 1986; Rasmussen y col., 1989) y de las enzimas del suelo (Khan, 1970; Verstraete y Voets, 1977; Dick y col., 1988), en relación al suelo que no recibe el mismo tipo de tratamiento. Otros índices que aumentan, en el largo y mediano plazo con la aplicación de enmiendas orgánicas, es el N potencialmente mineralizable y la actividad bioquímica del suelo (Verstraete y Voets, 1977).

Dick y col., 1988, establecieron que suelos sometidos a manejo orgánico tenían niveles más altos de ureasa y amilasa, y que la aplicación de N sintético producía una depresión de estas mismas enzimas. El NH_4 es el producto final de estas enzimas, y al parecer, tasas altas de aplicación de este compuesto producirían una inhibición en la síntesis bacteriana de ellas. Estas investigaciones indican que las prácticas de manejo que minimicen el aporte de materia orgánica al suelo disminuyen el potencial de la actividad enzimática. Esto parecería afectar la habilidad del suelo para ciclar y proveer nutrientes para el crecimiento de las plantas.

Diversos estudios en plantas sometidas a un aporte de NO_3 y NH_4 han demostrado que cada uno de ellos produce una respuesta fisiológica diferente dentro de la planta. También la planta responde de manera diferente a una mezcla de estos iones.

D. DISEÑO DEL ESPACIO

Para el diseño de los espacios de la unidad de producción se deben considerar los siguientes criterios:

1. Establecer una estructura permanente de las unidades espaciales y de manejo que la conforman.

Esta estructura tendrá que estar relacionada con la rotación de cultivos posibles de desarrollar en un área determinada. Esta rotación estará influenciada fuertemente por la demanda de los mercados locales, pero, además, por elementos de orden sociocultural. Esto es, la existencia de una agricultura campesina y una agricultura empresarial que tienen distintos modos de pensar.

Se podría pensar que existen tantos diseños como predios y propietarios, y que cada situación estaría determinando expresiones variables de diseño. El punto central es que en la toma de decisiones, para implementar cualquiera de ellos, deberían tenerse en cuenta los elementos que hacen que el manejo de los recursos sea más estable, en relación a su productividad, en el tiempo, y que han sido enumerados a lo largo del presente documento.

2. Elección y establecimiento del conjunto de componentes vegetales y animales.

Estos tienen diferentes niveles de permanencia en el sistema. Por ejemplo, los árboles forman parte de la estructura más permanente, y deben definirse inicialmente en términos de ubicación y cantidad. Otros elementos de mayor permanencia son las transformaciones que se le hacen al sistema para darle mayor estabilidad, como curvas de nivel, franjas de contención, sistemas de acumulación de agua, entre otros. Estos requieren de inversiones con las que se debe ser cuidadoso, ya que implican inmovilización de capital y de suelo, al darle un uso permanente que no estará ligado directamente con la producción agrícola, aunque determinará una mayor estabilidad del sistema en el largo plazo (disminución de la erosión, etc.).



Finalmente, el diseño del espacio tendrá dos líneas de limitantes y restricciones: la primera, y la más obvia, deriva de las limitantes agroclimáticas, y la segunda, de las restricciones derivadas de las condiciones socioculturales y económicas del sector o de la región. Esto significa que, a una oferta de tecnología aplicable en un sistema agropecuario, ésta estará acotada a entregar soluciones en un rango establecido por los componentes nombrados anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, C. 1992. Modelos de Simulación. Una herramienta de análisis de sistemas para la resolución de problemas agrícolas. En: Seminario Latinoamericano de Sistemas en Producción Animal (CET-CLADES. Enero 1992, p. 154).
- Aguilar, C.; Cañas, R. 1991. Simulación de Sistemas. Aplicaciones en Producción Animal. Depto. Zootecnia, P. Univ. Católica de Chile, p. 138.
- Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology, John Willey & Sons, Inc. USA. 2nd Edition, p. 467.
- Andow, D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual review of Entomology 35:561-586.
- Altieri, M.A.; Liebman, M., 1986. Insect, weed, and plant disease management in multiple cropping systems. En: Multiple cropping systems. C. Francis. De. Pp. 183-218.
- Altieri, M. 1992. Biodiversidad, agroecología y manejo de plagas. Ed. CLADES, p. 162.
- Bateson, G. 1982. Espíritu y naturaleza. Ed. Amorrortu, Argentina, p. 204.
- Berdegúe, J. 1984. Significados y usos del método de análisis de sistemas de producción campesina. Material Pedagógico. Grupo de Investigaciones Agropecuarias. Chile.
- Berman, M. 1987. El reencantamiento del mundo. Ed. Cuatro Vientos. Chile, pp. 343.
- Berr, S. 1970. Decision and Control. London. J. Wiley & Sons. Inc. England.
- Breakwell, D.P. and Turco, R.F., 1990. Nutrient and phytotoxins contributions of residues to soil in no till continuous corn ecosystems. Biol. Fertil., 8:328-334.
- Brockman, J.S.; Shaw, P.G. and Volton, K.M. Journal of Agriculture Science 85 p. 331-336.
- Conway, G. 1986. Ecosystem Analysis. Imperial College Center for Environmental Technology. Serie E 1. University of London.
- Dent, 1975. The application of systems theory in agriculture. En Study of agricultural systems. Ed. By G.E. Dalton. Dpto. Of agriculture and horticulture. U. of Reading England. Applied Science Publishers Ltd. London. P. 107-127.
- Dick, R.P.; Rasmussen, P.E. and Kerle, E.A., 1988. Influence of a Long-term Residue management on Soil Enzymes Activities in relation to Soil Chemical Properties of Wheat Fallow System. Biol. Fertil. Soil, 6:159-164.
- Dick, W.A. 1984. Influence of Long-term Tillage and Crop Rotation Combinations on Soil Enzyme activities. Soil Sci. Soc. Am. J., 48:569-605.
- Fredrikson, J.K., and Elliot, L.F., 1985. Effect on Winter Wheat Seedling Growth by toxin-producing Rhizobacteria. Plant Soil, 83:399-409.
- Gastó, J. 1979. Ecología. El Hombre y la Transformación de la Naturaleza. Ed. Universitaria. Santiago, Chile.
- Hart, R. 1979. Marco conceptual para la investigación con sistemas agrícolas. X Reunión Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas. Acapulco. México.
- Hart, R. 1990. Componentes subsistemas y propiedades del sistema finca como base para un método de clasificación. Tipificación de Sistemas de Producción Agrícola. Ed. Instituto de Metodología de Investigación y Sistemas de Producción. (RIMISP) Chile.
- Harwood, R. 1979. Small farm development understanding and improving farming systems in the humid tropics. Westview Press. Boulder. 160 pp.
- Holmes, W. 1968. Herbage Abstracts 36 265-277.
- Hutton, J.B. Jury, K.E. and Davies, E.B. 1967. New Zealand Journal of Agriculture Research 1 0367-388.

- Johansen, O. 1979. Introducción a la Teoría General de Sistemas. Depto. Administración. Fac. Ciencias Económicas y Administrativas. Univ. De Chile, p. 202.
- Johansen, O. 1985. Jerarquía. Serie Investigación N° 13. Depto. Administración. Fac. Ciencias Económicas y Administrativas. Univ. De Chile.
- Khan, S.U. 1970. Enzymatic Activity in a Gray Wooded Soil As influenced by cropping Systems and Fertilizers. *Soil, Biol. Biochem.*, 2:137-139.
- Kuhn, T. 1971. La estructura de las revoluciones científicas. Ed. Fondo de Cultura Económica, México.
- Lamkin, N. 1990. Pest and Disease Control pp. 214-271. In: *Organic Farming*, Farming Press Books, United Kingdom.
- Mac Diarmid, B.N. and Watkin, B.R. 1972. *Journal of the British Grassland Society* 27:48-54.
- Mac Lusk, D.S. 1960. *Journal of the British Grassland Society* 15:181-187.
- Marsh, R. and Campling, R.C. 1970. *Herbage Abstracts* 40:123-130.
- Martinuk, S. and Wagener, G.H. 1978. Quantitative and Qualitative examination of Soil Microbial associated with Different Management Systems. *Soil Sci.* 125:343-350.
- Mcgill, W.B., Cannon, K.B., Robertson, J.A. and Cook, F.D. 1986. Dynamics of Soil Microbial Biomass and Water-Soluble Organic C in Breton L after 50 years of Cropping to two rotations. *Can J. Soil Sci.*, 66:1-19.
- Rasmussen, O.E., Collins, H.P. and Smiley, R.W. 1989. Long-Term Management effects on Soil Productivity and Crop Yield in Seminarid Region of Eastern Oregon. *Stat. Bull.* 675. Columbia Basin Ag. Res. Ctr. USDA-ARS and Oregon State University, Pendleton, OR.
- Richards, I.R. 1975. In pastures utilization by the grazing animals pp. 69-67 (Ed. Hogson J. And Jackson D.K.) *Hurley: British Grassland Society*.
- Richards, I.R. 1977. In animal Production from temperate Grassland (International meeting) pp. 45-49 (Ed. Gilsonan). Dublin: Irish Grassland and animal production association. *An Foras Taluntais*. 1978.
- Rodríguez, J. 1993. Fertilizantes y Enmiendas Orgánicas, pp. 99-125. En *Manual de Fertilización. Colección en Agricultura*, pp. 362. Ed. José Rodríguez y Julio Donoso.
- Shüler, C. 1990. Universidad de Kasel. Instituto de Agricultura Orgánica. Comunicación personal.
- Schnürer, J., Clarholm, M. and Roswall, T. 1985. Microbial Biomass and Activities in a Agricultural Soil with Different Organic matter contents. *Soil Biol. Biochem.* 17:611-618.
- Shoning, E. y W. Wichmann 1990. Abonos orgánicos no son alternativas para los abonos minerales en las regiones en desarrollo. *BASF Reportes Agrícolas*. 2:8-12 Soil Association, 1989.
- Siau, G. 1993. Aplicación del enfoque de sistemas en producción agropecuaria. En: *Sistemas en Producción Animal. Un enfoque agroecológico para el desarrollo rural sustentable*. CLADES, CET, pp. 9-24.
- Turco, R.F., Bischoff, Breakwell, D.P. and Griffith, D.R. 1990. Contribution of soil borne bacteria to the rotation effect in corn. *Plant Soil*, 122:115-120.
- Toledo, V. 1987. Ecología y autosuficiencia alimentaria: hacia una opción basada en la diversidad biológica, ecológica y cultural en México. Ed. Siglo Veintiuno. México, D.F.

- Valderas, R. 1988. Análisis de Sistemas Zonales. Departamento Desarrollo Rural. Fac. Ciencias Agrarias y Forestales. Univ. De Chile, pp. 272.
- Verstraete, W. and Voets J.P. 1977. Soil Microbial and Biochemical Characteristics in Relation to soil management and Fertility. Soil Biol. Biochem., 9:253-258.
- Volton, K.M. 1979. In Changes in Sward Composition and Productivity, pp. 131-135 (Eds. Charles, A.H. and Haggard, R.J.). Hurley: British Grassland Society.
- Von Bertalanffy, L. 1968. General System Theory: Foundations, Development, Applications. George Braziller, Nueva York, p. 311.
- Williams, T.E. 1980. In Grass: Its Production and Utilization pp. 6-69 (Ed. Holmes W.). Oxford: Blackwell.

-
1. *Centro de Educación y Tecnología (CET), Chile*
 2. *Consortio Latinoamericano sobre Agroecología y Desarrollo (CLADES).*
-