

### III. Agrosistemas

#### III.1 Concepto de Sistema

La palabra **sistema** está lejos de representar un concepto nuevo, introducido por la Cibernética o la Teoría General de Sistemas; lo que sí es nuevo es la importancia que se le asigna a esta idea como herramienta para interpretar la realidad y al análisis de las relaciones entre las cosas que forman los sistemas, del orden que preside esas relaciones y del vínculo entre cada sistema y el resto del universo.

Distinguir un conjunto de elementos de otro conjunto de elementos es materia de decisión o de interés, antes que el resultado de una observación objetiva, ya que cualquier elemento puede pertenecer a infinitos conjuntos, según se nos ocurra imaginarlos. Es más: "somos nosotros quienes subdividimos la realidad en segmentos que individualizamos y, eventualmente nombramos en función de nuestros intereses, de nuestros temores, de nuestra historia o de nuestro mero capricho". Según Rolando García (1997), el enfoque de sistemas es una herramienta metodológica que permite *"hacer recortes de los datos empíricos en totalidades relativas suficientemente autónomas como para servir de marco a un trabajo científico ... a esos recortes hoy los denominamos 'sistemas' y los definimos más precisamente como la representación de un conjunto de situaciones, fenómenos, procesos, que pueden ser modelizados como una totalidad organizada, con una forma de funcionamiento característica"*.

Para el curso usaremos como definición: **Sistema** es un conjunto de componentes, arreglados o acomodados entre sí de manera tal que actúan interrelacionadamente como una unidad, procesando materia, energía e información que ingresa al sistema (entradas) y obteniendo resultados (salidas de materia, energía e información) en base a un objetivo que regula su funcionamiento.

#### III.2. Elementos de un sistema

Los elementos principales que constituyen un Sistema son:

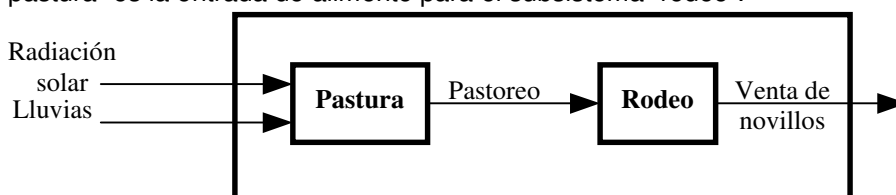
- Componentes; son los elementos básicos (la materia prima) del sistema. Las autopartes o piezas que componen el sistema "automóvil", por ejemplo.
- Interacción entre los componentes; representan la forma y el tipo de relación que existe entre los componentes. La cantidad y tipo de componentes, más la forma en que estos se interrelacionan, define la estructura del sistema. Los elementos que componen un sistema **interactúan** según ciertas relaciones, que configuran una organización. Para conservar y facilitar la organización, hace falta una estructura. La estructura es "el orden" en que se hallan distribuidos los elementos de un sistema. Se puede poseer un montón de ladrillos, tejas, caños, baldosas, cables, etc. pero ello no significa que se tenga una casa. Para ello debemos cambiar la **interacción** (estructura, relación) entre los componentes. Esto diferenciará una casa de un montón de materiales de construcción, y aún más: diferencia una casa de otra casa.
- En las interacciones es posible observar los aspectos funcionales del sistema. Se destacan aquí los flujos de energía, de información o de materiales que circulan entre los componentes. Las interacciones representan el proceso dinámico de transformación de las entradas por parte de los componentes. En los procesos los ingresos sufren su transformación en egresos. Cada elemento del sistema se halla situado en la estructura de acuerdo con la función que le compete. Estructura y función son dos enfoques complementarios de una misma realidad y ninguno describe, por sí solo, el sistema. Los elementos ocupan un lugar determinado dentro de la estructura y se relacionan entre sí de acuerdo a procesos que representan su función en el sistema.
- Límite o frontera: determina la relación *adentro - afuera* (desde lo interno del sistema al entorno y viceversa). Permite establecer qué cosas serán componentes del sistema y cuáles quedarán excluidas de él. Sin un límite o frontera (sea físico o conceptual), nos sería imposible diferenciar el sistema de su entorno. Resulta a veces muy difícil poder establecer los límites de un sistema. En general es una decisión de quién estudia el sistema, es decir que la constitución del sistema depende del observador, de las decisiones metodológicas y del "para qué" se lo define.

- **Entradas y Salidas:** son los flujos que entran y salen de la unidad, es decir, que atraviesan los límites. El límite de un sistema es selectivo, esto significa que no cualquier elemento puede ingresar o salir de él. Respecto a su relación con el ambiente, podemos clasificar a los sistemas en: (a) **Sistema cerrado**, es un sistema que no tiene relación externa, es decir que no recibe entradas ni genera salidas. Es un sistema ideal que en general no existe salvo en una esquematización de laboratorio; (b) **Sistema abierto**, es un sistema que está relacionado con el medio externo. Es en realidad en esta última categoría donde se ubican la mayoría de los sistemas y con mayor énfasis los de tipo biológico, que son los que nos ocuparán mayormente. Avanzando aún más en estos conceptos, podemos decir que los Sistemas Reales son "Abierto-Cerrados": reciben influencia del resto del universo pero sólo a través de unas vías específicas llamadas entradas y ejercen influencia sobre el resto del universo pero sólo a través de ciertas vías específicas llamadas salidas. Las entradas y salidas de los agrosistemas pueden ser de cuatro tipos:
  - Δ De materiales
  - Δ De energía (incluye el trabajo humano)
  - Δ De información (incluye los servicios profesionales)
  - Δ De dinero
- Los sistemas reales a su vez son **dinámicos** ya que en ellos se manifiestan procesos y cambios constantes de energía, objetos, seres o combinaciones de ellos. Incluyen mecanismos de movimiento, cambio o evolución y se hallan por lo tanto sujetos al tiempo. Este dinamismo deriva en otra propiedad fundamental a considerar en su análisis y diseño: sus procesos son **irreversibles**.

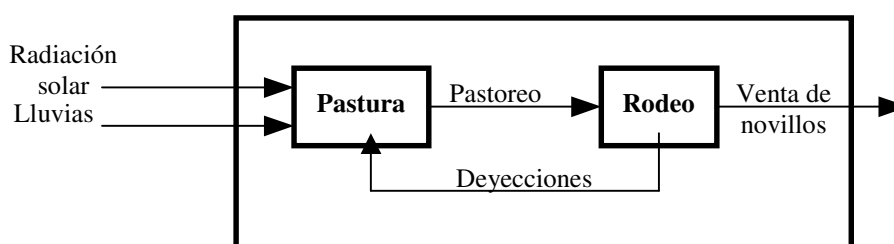
**III.2.1. Estructura de los sistemas**

La estructura de un sistema depende de las siguientes características relacionadas con sus componentes:

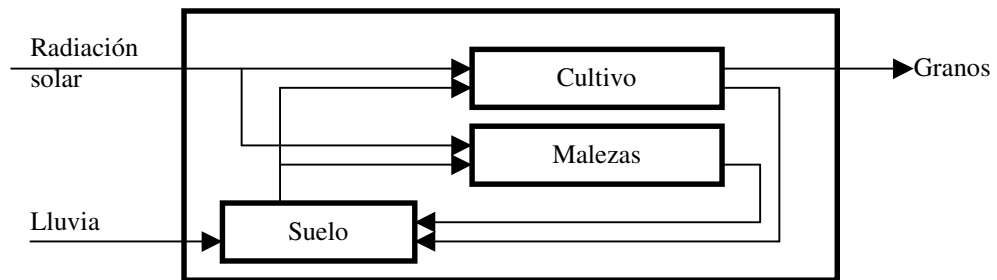
- **Cantidad de componentes:** es simplemente la cantidad de elementos básicos que interactúan para constituir el sistema.
- **Tipos de componentes:** la variedad en las características de los componentes individuales puede tener mucha influencia sobre la estructura de un sistema. No es lo mismo para un sistema "Pasturas" ser pastoreado por terneros recién destetados, que por vacas de tambo o por novillos de dos años. Los primeros tienen requerimientos menores y formas de "cosechar" el pasto diferente a las vacas adultas. Además, el efecto del pisoteo sobre el suelo no será el mismo entre un animal liviano como el ternero, que el de un animal pesado como la vaca adulta.
- **Arreglo o interacción entre los componentes:** las relaciones pueden ser:
  - **De cadena directa**, en la cual la salida de un componente es la entrada del otro. Por ejemplo, en una empresa productora de carne, la producción de forraje del subsistema "pastura" es la entrada de alimento para el subsistema "rodeo".



- **De cadena cíclica**, en la cual hay retroalimentación y la salida de un componente es la entrada de otro y a su vez la salida de éste vuelve, en parte, a ser entrada del primer componente. Siguiendo con el ejemplo anterior, las heces de los animales regresan a la pastura, reponiendo al suelo parte de los minerales extraídos por los vegetales e ingeridos por los animales.

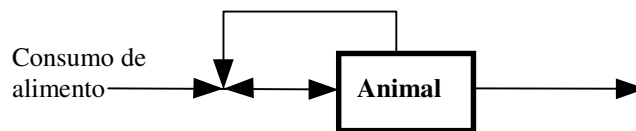


- De tipo competitivo, en la cual dos componentes compiten por la misma entrada. Por ejemplo, una maleza y una planta cultivada que compiten por los nutrientes y el agua del suelo y por la radiación solar, o en el caso del ejemplo anterior, diversas categorías de animales que compiten por el mismo forraje.

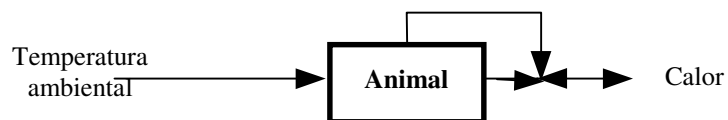


- Interacción entre componentes y flujos que salen de los componentes: Existen aquí otros tres tipos de relaciones:

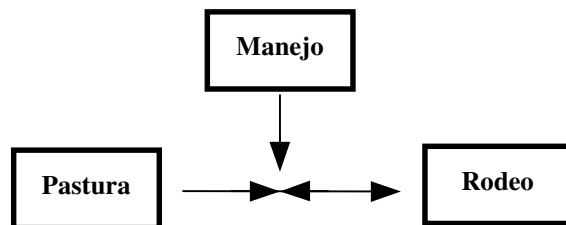
- Autocontrol negativo, es el caso del componente que regula su propia entrada. Ejemplos: un animal cualquiera que se alimenta hasta el límite de su necesidad (llenado físico o fisiológico), o el caso del índice de área foliar de un cultivo, el cual a medida que aumenta favorece una mayor interceptación de radiación y un mayor crecimiento del cultivo (esto hasta que se alcanza un óptimo del área foliar, a partir del cual el valor del control se vuelve negativo por autosombreado)



- Autocontrol positivo; es el caso de un componente que controla su propia salida. Como ejemplo se puede citar el caso de los animales homeotérmicos (como los mamíferos) que regulan su pérdida de calor corporal como una respuesta interna a la temperatura ambiental.



- Control intercomponente, donde un componente regula el flujo entre otros dos componentes. Ejemplos que se ajustan a esta relación son: a) la mayoría de las decisiones de manejo de un establecimiento agropecuario, como la cantidad de alimento que se dará a una vaca y que controla la relación entre la disponibilidad de forrajes y los requerimientos del animal; b) el tiempo y forma de pastoreo que decide un productor y que controla la relación entre el pasto y el animal.



**III.2.2. Función de los sistemas**

La función de un sistema se define siempre en términos de procesos o actividades, y está relacionada con el **proceso de recibir entradas y producir salidas regulado por algún objetivo** que orienta o regula sus acciones. Representa en algún modo "el valor de la interacción". Un sistema tiene una función en términos del macrosistema en el cual se halla inserto: cada

componente o subsistema genera una salida que es a su vez entrada de otro componente o subsistema con el cual está relacionado por algún intercambio de energía, materia y/o información, es decir que un componente (o un subsistema) cumple una función con respecto a otro. Los tres criterios más importantes para caracterizarla son:

- **Productividad:** para ello se tendrán en cuenta dos conceptos. El de "Producción Bruta" que es una medida de la salida del sistema en la que se incluyen unidades de producción, superficie y tiempo (Por ejemplo, 100 kg de Grasa Butirosa/ha/año). Si a la cantidad de salidas de la Producción Bruta le restamos las entradas, llegamos al otro concepto que es el de "Producción Neta".
- **Eficiencia:** es la salida dividida por la entrada. P. ej. si utilicé ingresos por un valor de \$ 1.000 para producir salidas por un valor de \$ 1.200, mi eficiencia será:  $\$ 1.200 / \$ 1.000 = 1,2$
- **Variabilidad:** es un concepto que toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de una determinada salida. Por ejemplo: durante un año de producción el campo A produjo rendimientos de soja de entre 2000 y 2200 kg/ha según los lotes; y el campo B en igual año tuvo oscilaciones entre 1500 y 2700 kg/ha. Ambos dieron un promedio de 2100 kg/ha, pero es obvio que el campo A es menos variable en su función de producir soja y por lo tanto es un sistema más seguro o confiable que el campo B, lo que arroja una cierta ventaja de **confiabilidad** de un sistema sobre otro. Implica también una forma de reacción del sistema ante la variación de las condiciones externas, si éstas son constantes para ambas situaciones. En el ejemplo anterior, el campo A reaccionó con mayor estabilidad que el campo B.

### III.2.3. Otras características de los sistemas

- **Autonomía:** Las reservas o almacenes constituyen el medio por cual el sistema adquiere una relativa independencia del entorno: si en el entorno (medio exterior) las condiciones no son propicias para el intercambio (flujo de entradas y salidas) el sistema puede reducir o aún suprimir algunos aspectos del intercambio, o bien adaptarse a las condiciones imperantes en el exterior. Así, al alterar el intercambio, el sistema sobrevivirá echando mano a sus reservas. De la capacidad de éstas dependerá la autonomía y por ende la capacidad de adaptación ante condiciones adversas del sistema. Esta autonomía depende en gran parte de la característica que se presenta a continuación, la de finalidad, que es la que regulará la dinámica de las reservas a fin de alcanzar el objetivo del sistema.
- **Finalidad:** Un sistema tiende a cumplir sus objetivos. Esta característica introduce la noción de finalidad. La finalidad es simplemente una propiedad revelada por el comportamiento efectivo del sistema, por lo que se la ha definido como "el objetivo o meta que el sistema parece perseguir, pese a las modificaciones de su entorno". Para un sistema viviente, puede decirse que su finalidad es perpetuar la especie, ya que los diversos mecanismos de adaptación parecen tender a ese objetivo. En el caso de un establecimiento agropecuario, parecería que la finalidad (según un enfoque economicista, por ejemplo) sería la de "obtener un beneficio económico mediante la producción, conservando y aún mejorando los recursos". Pero aquí debemos destacar una situación diferencial a la de cualquier otro sistema biológico. Es la noción de "intencionalidad", que es aquella característica que posee un componente del sistema (en este caso, la familia rural) de **decidir intencionalmente** la mayoría de los parámetros que conforman el resto del sistema. Los cultivos se siembran y las vacas tienen cría cuando el productor lo decide. Es una finalidad preconcebida y controlada en función de metas explícitas de manejo del agrosistema.
- **Entorno:** Es el medio que rodea al sistema. Ningún sistema funciona en el vacío, sino que lo hace en constante relación con su entorno o medio exterior. El entorno a su vez suele ser un sistema más amplio que el **Sistema (N)** y por lo tanto lo contiene. En este caso el entorno recibe el nombre de **Metasistema (N+1)** o **Macrosistema (N+1)**, definiéndoselo como un sistema mayor que contiene al sistema. A su vez, todo sistema menor contenido por el Sistema (N) se denomina **Subsistema (N-1)**. El sistema y el entorno se definen de manera recíproca, dado que los ingresos son egresos del entorno y viceversa. A partir de estos conceptos se deduce la relación jerárquica de los sistemas.
- **Jerarquización u organización de los sistemas:** Cuando se piensa en la realidad de manera sistémica encontramos lo que se denomina niveles de organización o jerarquía de sistemas. Para determinar en qué nivel se ubica un sistema, se utiliza el criterio de mayor complejidad de estructura (componentes + interrelaciones entre ellos); se dice que un nivel precede al otro si todos los componentes del segundo pertenecen al primero, pero éste contiene más u otros que

no se encuentran en aquel. Un ejemplo frecuente es la sucesión: nucleolo, célula, tejido, órgano, sistema de órganos, individuo, familia, etc. Otro criterio, mucho más importante, es el de la propiedades emergentes. Cuando varios sistemas (componentes) se interrelacionan aparecen comportamientos (procesos, funciones) que sólo se pueden llevar a cabo gracias a esta interrelación, y cualquiera de los sistemas o componentes aislados es incapaz de desempeñarlos. Estas propiedades que surgen de la interacción de los componentes se denominan emergentes, y el nuevo sistema que sí puede realizarlas se constituye en el nivel de organización superior (N+1) respecto de los componentes aislados (nivel N). Por ejemplo, el pensamiento surge de la actividad combinada de neuronas en el cerebro, ninguna neurona aislada es capaz de realizar alguna actividad mental; los individuos poseen capacidades que no posee ninguno de sus tejidos ni órganos aislados, las sociedades poseen características tales como tasas de mortalidad y de natalidad, o de relaciones laborales (división del trabajo, por ejemplo) que ningún individuo por sí solo puede manifestar. El conjunto de niveles, junto con las relaciones de precedencia entre ellos, constituye lo que puede llamarse "el sistema de estratificación de la realidad". La denominación popular del sistema de niveles es jerarquía, pero no es correcto utilizarlo en cualquier situación, ya que sólo hay jerarquías propiamente dichas cuando intervienen relaciones de dominio. El criterio que se propone aquí, es el de definir **niveles de organización** según la complejidad creciente de (a) los propósitos u objetivos de los sistemas, (b) de los procesos que tienden a alcanzar esos propósitos, y (c) de la estructura (componentes e interrelaciones) que posibilita dichos procesos, de forma tal que aquellos sistemas cuyos objetivos sean más complejos y abarquen a otros más simples, ocupan un nivel superior.

### III.3. Niveles de organización de los agrosistemas

Los agrosistemas abarcan un conjunto de sistemas concretos que van desde el nivel fitosfera (el más sencillo) (Norero, 1980), pasando por la zoosfera, el agroecosistema y la empresa agropecuaria, hasta la región agroeconómica (el más complejo). Cada uno de estos niveles de organización posee su propósito específico y límites espacio-temporales definidos. Además, en cada nivel de organización son distintas las disciplinas científicas que predominan o tienen mayor ingerencia en su formalización teórica.

La organización se define en base a criterios que incluyen la evaluación de los principales elementos que definen a todo sistema: estructura, procesos y objetivos. El objetivo asignado a un nivel de organización definirá cuál de los procesos llevados a cabo en ese nivel será el que regule el funcionamiento global del sistema, y que controlará, simultáneamente, el desempeño de los otros procesos que se detecten o definan (que para el nivel y objetivo considerados serán complementarios o subsidiarios del considerado principal). Las características dominantes del proceso principal definirán a su vez la disciplina científica básica que aportará las teorías y metodologías para su formalización, análisis y tratamiento.

Gran parte de la estructura de los agrosistemas es definida por la cantidad y variedad de "espacios" (ambientes) en los que se desenvuelve el proceso productivo. La complejidad y extensión espacial de los agrosistemas abarca desde la fitosfera, en la cual encontramos un solo suelo y una sola comunidad vegetal, pasa por el conjunto de suelos y poblaciones de protistas, vegetales y animales que interactúan tendiendo a una situación de estabilidad (agroecosistema), la empresa y el grupo de productores (donde la variedad de suelos y comunidades vegetales puede ser amplia), hasta la región agropecuaria, en la cual incluso se pueden encontrar diferencias climáticas.

Respecto de la extensión temporal, a medida que ésta aumenta -desde el ciclo de un cultivo (desde pocos meses, nivel fitosfera) hasta el del horizonte de planificación regional (varios años)- crece la complejidad por la imprevisibilidad de los factores aleatorios, porque decrece la posibilidad de control por el alejamiento del horizonte de planificación y porque, al ascender en los niveles, crece la cantidad de factores (tanto de la endo como de la exoestructura) y de sus interacciones.

Además, todo sistema se define en función de un objetivo. El objetivo primario de los agrosistemas es la obtención de productos agropecuarios (niveles fitosfera y zoosfera). A nivel fitosfera el objetivo es maximizar la obtención de biomasa vegetal útil. De todos los procesos biológicos involucrados en el crecimiento y desarrollo de un cultivo, el hombre selecciona y conduce

aquellos que posibilitan una partición de los fotoasimilados hacia los órganos vegetales que se pretenden cosechar: crecimiento vegetativo en el caso de forrajeras y hortalizas de hoja; reproducción en el caso de granos y frutales; inducción floral en ornamentales de flor; etc. Lo mismo cuenta para el caso de la zoosfera: del animal sólo nos interesan algunos órganos o procesos. Así tenemos para el caso de los vacunos, por ejemplo, reproducción y lactación en vacas lecheras, sólo reproducción en vacas de cría, y acumulación de músculos en novillos de invernada.

Pero estos objetivos primordiales están regulados por objetivos de mayor complejidad. Así, se pretende obtener la máxima producción que permita la conservación de los recursos naturales en un nivel compatible con una actividad económica rentable (sostenibilidad a niveles agroecosistémico y de empresa). Dado que la producción agropecuaria consiste básicamente en artificializar ecosistemas naturales y romper su equilibrio a fin de obtener productos que se exportan del espacio productivo, es imprescindible contemplar actividades de restitución, reparación y mantenimiento de aquellos componentes y procesos originales del ecosistema para que éste pueda conservar su capacidad productiva. De lo contrario el ecosistema base se deteriora, y cuando esta degradación alcanza niveles críticos, el proceso productivo ya no puede mantenerse. Por lo tanto, además de aquellos procesos que apuntan a la obtención del producto, se deben considerar, evaluar, controlar y conducir todos aquellos que se orientan a la conservación de los procesos físicos, químicos y biológicos que regulan y conservan la estructura y funcionamiento del ecosistema base. Así se tendrá entonces que el objetivo de alcanzar la sustentabilidad del agroecosistema regulará la intensidad de la extracción de biomasa vegetal y animal de las fitosferas y zoosferas que lo integran.

A nivel de empresa, además de los procesos productivos y de conservación, aparecen los socioeconómicos. Ya no se habla sólo de plantas y animales interactuando con su ambiente, sino que ahora se trata de un grupo humano que pone en juego su fuerza de trabajo y su capacidad de administrar bienes en un mercado de insumos y productos a fin de satisfacer objetivos que no se reducen a la mera obtención de altos rendimientos. La maximización de beneficios económicos pueden regular el nivel productivo, y la satisfacción de utilidades personales (recreación, salud, educación, hacer lo que le guste aunque no sea tan rentable, tener más “fierros” nuevos aunque el parque de maquinarias esté sobredimensionado, etc.) pueden regular o controlar el objetivo de maximizar los resultados económicos.

Se pueden seguir incorporando los objetivos de grupos de productores, cooperativas, federaciones, etc., hasta alcanzar el máximo nivel agrosistémico que es la región. Aquí, entre otros, puede destacarse el logro del bienestar de la comunidad rural (salud, educación, recreación, infraestructura “social”, etc.) En este contexto es factible, por ejemplo, promover el uso de tecnologías de producción no rentables, aunque socialmente convenientes, mediante una política de subsidios y/o créditos adecuada. En resumen:

<b>Nivel de organización</b>	<b>Componentes principales</b>	<b>Proceso principal</b>	<b>Objetivo principal</b>	<b>Ciencias principales</b>
<b>Fitosfera</b>	Suelo Atmoclíma, Edafoclíma Cultivo	Producción primaria, crecimiento y desarrollo de cultivos	Biomasa vegetal útil	Biología
<b>Zoosfera</b>	Fitosferas Plantel animal	Producción secundaria, crecimiento y desarrollo animal	Biomasa animal útil	Biología
<b>Agroecosistema</b>	Fitosferas, Zoosferas Otras poblaciones Ambiente edafo-climát	Degradación y recuperación de procesos ambientales	Sustentabilidad de la capacidad productiva	Física Química Biología
<b>Agrosistema (Empresa)</b>	Agroecosistemas Subsistemas técnico, administrativo y social	Comercialización, administración de organizaciones	Rentabilidad Utilidades	Microeconomía Administración Psicología Sociología
<b>Región</b>	Agrosistemas Otras organizaciones sociales	Interrelaciones sociales, ordenamiento territorial	Calidad de vida para la mayoría de sus habitantes	Macroeconomía Sociología Politicología

Sin embargo, sea cual fuere el objetivo, todos conllevan una dependencia común, explícita o no: el producto agropecuario. Su presencia y consideración están siempre presentes en todos los niveles. Su importancia e influencia es evaluada según diferentes criterios: de naturaleza física (productividad), económica (beneficios), conservacionista o sustentable (riesgos de degradación),

humana (rudeza de las labores, preferencias) o política (subsidios, créditos, conveniencia estratégica de su producción).

### III.3.1. La empresa agropecuaria

La **actividad agropecuaria** se basa en la productividad y sustentabilidad de la fitosfera para la obtención de alimentos y materias primas de origen vegetal y animal. La **empresa agropecuaria** es la unidad económica donde se integran las aspiraciones y el esfuerzo humano con el uso de recursos naturales y la técnica en pos de la obtención de productos agropecuarios que satisfagan las necesidades humanas.

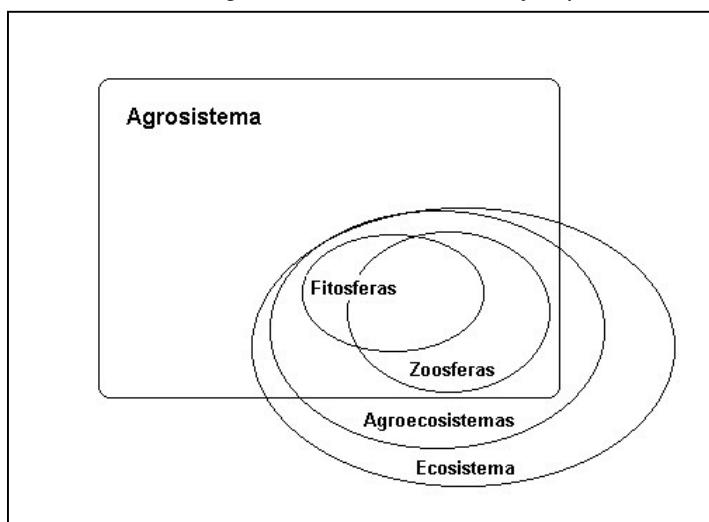
La empresa agropecuaria es el nivel central y principal de los agrosistemas, y es el eje alrededor del cual giran todas las consideraciones y actividades profesionales de los Ingenieros Agrónomos.

Los agrosistemas de menor nivel dejan de lado aspectos que conforman la esencia de la Agronomía (abarcan aspectos sólo parciales de la problemática agronómica), mientras que los superiores a la empresa agropecuaria involucran procesos y/o componentes que no son de exclusiva atención de las ciencias agronómicas o que ni siquiera pertenecen a ellas.

La empresa agropecuaria representa un **tipo particular de sistema socio-económico**. Como tal, el agrosistema posee ciertas características particulares derivadas especialmente de los subsistemas biológicos, de las tecnologías de producción específicas y del supersistema ecológico en el cual se sustenta.

La empresa como agrosistema debe ser diferenciada de los sistemas biológicos, si bien estos constituyen los subsistemas esenciales para caracterizar a una empresa como agropecuaria. Una de las características principales es el desempeño de plantas y animales en el proceso productivo. La producción coincide con los procesos vitales de plantas y animales, y sus atributos biológicos y fisiológicos son determinantes para el productor que trata de controlar el proceso productivo. Así, en contraste con el sistema hombre-máquina usual en industria, la unidad productiva en agricultura puede ser considerada como un sistema hombre-máquina-clima-suelo-planta-animal y, en consecuencia, interpretarse como una unidad biológica-económica particular.

El subsistema biológico, si bien necesario, no es condición suficiente para definir a un agrosistema, ya que no posee el objetivo fundamental de todo agrosistema. La función esencial de todo sistema biológico es subsistir, crecer y reproducirse, pero no la de satisfacer las demandas



humanas de alimentos y materias primas. Esta última función es propia de los agrosistemas y se logra mediante la intervención del hombre a través de la tecnología que altera, dentro de los límites posibles, los procesos de plantas y animales en correspondencia con los intereses humanos.

La consideración e influencia de los subsistemas biológicos es fundamental e insoslayable en los niveles agrosistémicos menores: fitosfera, zoosfera y agroecosistema. En estos niveles las demandas y posibilidades de los subsistemas biológicos son determinantes en el

proceso de toma de decisiones. En cambio, a nivel de empresa estas consideraciones pierden peso relativo frente a las directivas derivadas de los subsistemas económico y operativo (tecnológico).

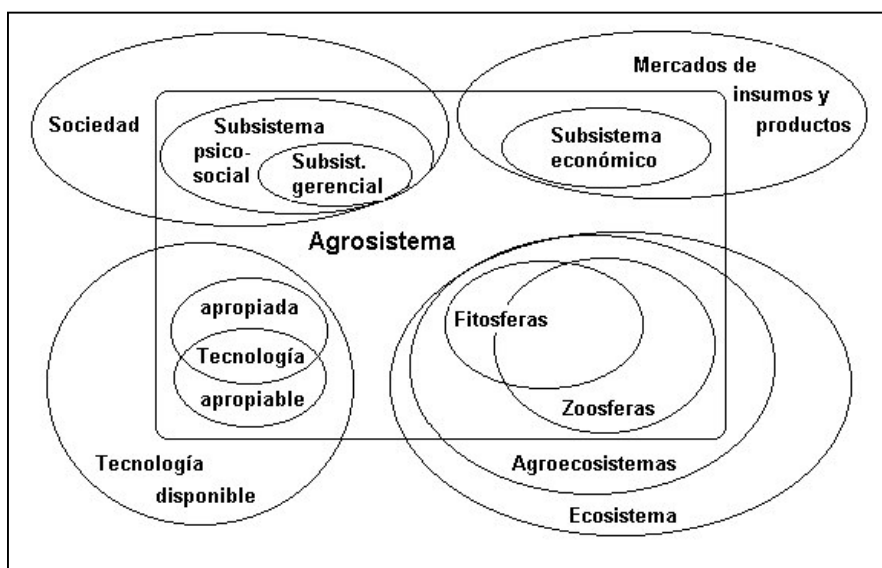
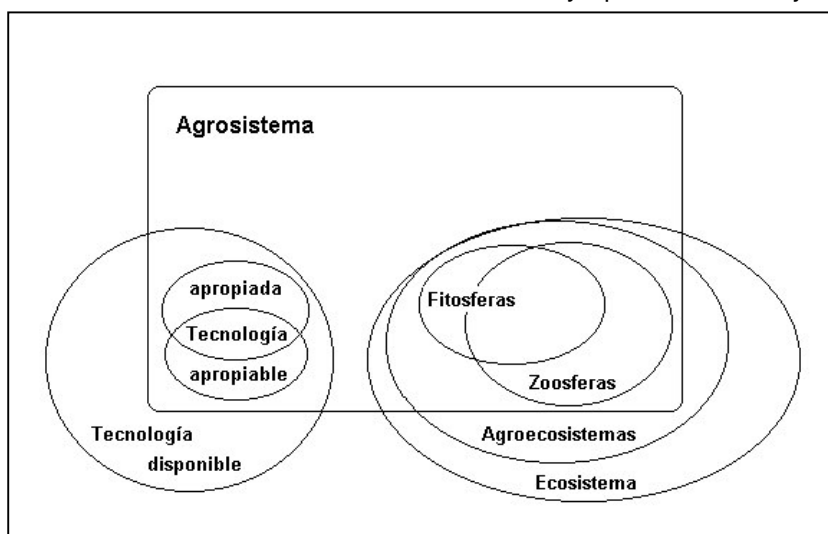
También se debe diferenciar la empresa del sistema ecológico. Éste comprende a todos los subsistemas biológicos existentes en la región, condicionando las interacciones entre todos los seres vivos (incluidos los subsistemas biológicos del agrosistema) y con el ambiente edafoclimático. El ambiente natural puede tener sus aspectos favorables y desfavorables, pero es la

base a partir de la cual el productor debe ajustar el tipo e intensidad del sistema de producción a desarrollar en su empresa.

Otra consecuencia específica del ámbito productivo es la incidencia de una importante cantidad de factores aleatorios, la cual es mayor que en otros tipos de sistemas económicos. La empresa agropecuaria, además de verse afectada por fluctuaciones del ambiente económico y por eventos políticos y macroeconómicos inciertos, tiene importantes fuentes de incertidumbre derivadas de las condiciones climáticas y de otras inherentes al comportamiento de los subsistemas biológicos (plagas, enfermedades, diferentes respuestas ante los mismos estímulos, etc.)

El factor tiempo es de especial importancia para los agrosistemas. No sólo por el dinamismo de los procesos biológico-productivos (irreversibilidad), sino también por ser estos predefinidos en sus secuencias y en su duración. El proceso productivo puede tener lugar en ciertos períodos del año y no en otros; la secuencia y duración de las etapas de crecimiento y desarrollo no pueden ser alteradas; la alta dependencia de las condiciones climáticas y de las interacciones con otros subsistemas biológicos (de comportamiento impredecible) impide anticipar con precisión qué tipos de labores serán necesarias, su cantidad, intensidad y oportunidad de ejecución, lo cual requiere ir ajustando el manejo y la aplicación de insumos a medida que se desenvuelve el proceso productivo, además de la aleatoriedad de la respuesta del subsistema biológico ante la aplicación de la tecnología seleccionada.

Desde el punto de vista de la tecnología, existe un macrosistema tecnológico con una gran variedad de herramientas y procedimientos disponibles para evaluar y controlar los diversos procesos del agrosistema. Pero de todo lo disponible, solo una parte podrá ser incluida en la empresa agropecuaria, dependiendo de las características de los otros subsistemas que la integran: desde el punto de vista del subsistema ecológico el tipo de herramientas de laboreo dependerá de la textura del suelo por ejemplo; desde el subsistema social, un factor preponderante será el nivel de instrucción de la mano de obra en el caso de incorporar tecnologías que demanden una alta capacitación; desde el subsistema económico, la relación costo-beneficio será determinante en la adopción de nuevas técnicas; etc. Por lo tanto, de



toda la tecnología disponible, en la empresa se podrá incorporar aquella apropiable por el agrosistema, y de ésta, luego de su evaluación productiva, económica y social, se deberá adoptar solo la apropiada.

Las empresas agropecuarias son subsistemas de sistemas económicos de mayor complejidad, tales como el sistema agroindustrial o las economías re-

gional, nacional y mundial. Estos últimos constituyen el ámbito de precios, costos, demanda, competencia, leyes, créditos, etc., que condicionan los aspectos económicos y financieros de la empresa.

Por último, en toda empresa agropecuaria viven y trabajan personas. El subsistema social de los agrosistemas es el encargado de conducir y darle una finalidad a la empresa. En la mayoría de los casos existe una división de las actividades, destacándose el o los encargados del gerenciamiento y administración de las actividades (subsistema gerencial). Este grupo humano está condicionado por el marco social (macrosistema sociedad) al cual pertenece.

### III.3.2. El diseño de los agrosistemas

Debido a la imposibilidad de evadirse de las imposiciones ecológicas, el diseño de cualquier sistema agropecuario queda restringido a la adecuación y potenciación de las características del ecosistema sobre el que se asienta el proceso productivo. Es decir, las características ecológicas e infraestructurales (riego, energía, comunicaciones, etc.) que posibilitan o impiden la obtención de un producto son determinantes en la definición de la **factibilidad** del diseño de agrosistema propuesto.

La factibilidad del agrosistema deriva de la integración de dos aspectos:

- ◆ de los niveles de **productividad** posibles de alcanzar en la fitosfera y/o en la zoosfera, y
  - ◆ la capacidad del agroecosistema de mantener niveles de producción aceptables en cada una de las fitosferas y zoosferas involucradas en su estructura: la **sostenibilidad** de la propuesta.
- Obviamente, ambos aspectos dependen del nivel tecnológico aplicado a los procesos productivos.

Establecido (a) el nivel de producción posible de alcanzar, (b) su variabilidad y riesgos de obtención (considerando las condiciones ecológicas e infraestructurales) y (c) el lapso durante el cual el agroecosistema mantendrá su capacidad productiva en niveles aceptables, se debe analizar el segundo nivel de restricciones: las económicas, que son las que definirán la **rentabilidad** del agrosistema. Precios de productos, costos de insumos, condiciones de mercado (sanidad y calidad, por ejemplo), posibilidad de obtención y costo de los créditos, etc., son algunos de los factores que definen el resultado económico del proceso productivo.

Los dos niveles de restricciones considerados hasta aquí, factibilidad y rentabilidad, son determinantes al diseñar un agrosistema: sin las condiciones ecológicas que permitan alcanzar niveles productivos aceptables, y sin alternativas tecnológicas que posibiliten superar en forma rentable las restricciones ambientales, es inútil seguir con el análisis para los demás tipos de restricciones.

Debe advertirse que la factibilidad y rentabilidad son aspectos condicionantes que el productor no puede modificar o adecuar totalmente a sus necesidades. Es el productor el que debe acomodarse dentro del marco operativo impuesto por estos aspectos. Por otra parte, sólo mediante una acción política que involucre al conjunto de productores de una región se podrá incidir sobre la infraestructura, el mercado o los precios. De lo contrario, a nivel individual, cada productor dependerá, por un lado, de su capacidad para seleccionar la mejor alternativa tecnológica que potencie los aspectos bioproductivos favorables o minimice aquellos restrictivos de su agroecosistemas, y por otro lado, de su capacidad gerencial y de negociación para conseguir precios más favorables por su producción o menores costos por los insumos que adquiera.

En cambio, los dos niveles siguientes de restricciones (practicidad y aceptabilidad) pertenecen principalmente al ámbito particular de cada empresa. Una vez que se ha definido que un diseño es factible y que puede resultar beneficioso económicamente, el nivel productivo y el resultado económico a alcanzar dependerán de la superficie del predio (escala de la actividad), de la capacitación de la mano de obra, del dimensionamiento del parque de maquinarias, del régimen de tenencia de la tierra, etc.; es decir, dependerán de aquellos factores que definan la **practicidad** de cada actividad propuesta. Cualquier nivel tecnológico propuesto es fuertemente dependiente de la tecnología apropiable en la empresa, de los precios de productos e insumos y de la relación insumo:producto que justifiquen su elección.

Por último, cualquier propuesta de diseño de un agrosistema es estéril si no se adecua a las expectativas, intereses y respeta la escala de valores del productor. La **aceptabilidad** es el último y definitorio nivel de restricción a considerar. Para que los diseños de nuevos y mejores

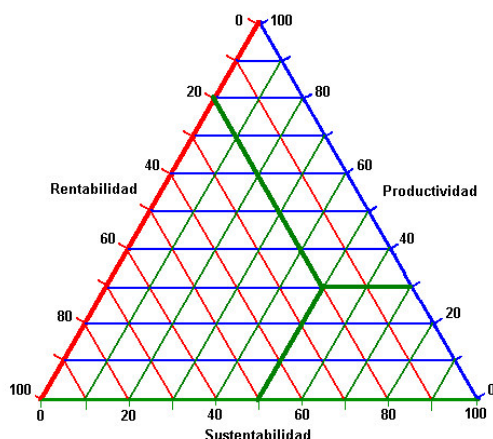
agrosistemas tengan una adopción generalizada, deberán ajustarse a las características psicosociales y a las pautas culturales de los productores decisores.

Como conclusión, se puede afirmar que la **viabilidad** de cualquier diseño de un agrosistema se alcanzará sólo si se satisfacen simultáneamente los aspectos relacionados con la factibilidad, rentabilidad, practicidad y aceptabilidad de la propuesta.

Ahora bien, "... la práctica de la economía es el único factor que en la actualidad gobierna las relaciones entre el hombre y la naturaleza" (Simmons, 1982). Basándose simplemente en la premisa de que no existe ninguna sustancia ilimitada, intenta coordinar la oferta y la demanda por el mecanismo del precio. En relación con los efectos secundarios, debemos notar que el mecanismo de mercado a menudo ignora lo que se denomina "malformaciones económicas externas": los costos sociales completos no son tenidos en cuenta porque, por lo general, los paga la propia sociedad a largo plazo y en puntos de la economía a veces muy distantes. Las economías de mercado no están bien ajustadas para responder a problemas que súbitamente recaen sobre los gestores de recursos naturales (como los productores agropecuarios) o sobre el público en general, ni para competir con los largos lapsos que necesita la compleja tecnología para desarrollar sustitutos (o el que necesitan los recursos naturales para recuperarse, como el caso de la restitución de la funcionalidad de suelos degradados con muy baja estabilidad de agregados). Así, "la teoría económica distorsiona a la realidad ecológica" (Segeberg, 1974).

La economía es una abstracción y, puesto que los hombres sentaron los valores, algunos detalles (al parecer sin importancia) quedaron fuera de la ecuación. El modelo (económico en este caso) y su adecuación dependerán críticamente de la elección de variables así como de las hipótesis que las relacionen entre sí. "Más aún, podemos predecir que, puesto que la economía no es sino uno de los subsistemas de la sociedad, cualquier modelo que ignore los enlaces de la economía con otros subsistemas de la sociedad, en particular el sistema político, están destinados a fracasar. Ojo entonces con los modelos puramente económicos de la economía. Siendo básicamente falsos, por aislar la economía de su entorno natural y social, tales modelos pueden tener consecuencias calamitosas" (Bunge, 1995). Esto lleva a la toma de decisiones basadas sobre modelos incompletos y contradictorios con la realidad. 'Pareciera deseable una reconciliación de los modelos económicos con los modelos de los aspectos ecológicos de los agrosistemas, en la que los descubrimientos de una de las ciencias pudieran trasladarse con precisión a la otra para medir su impacto en ella y en la que los valores propuestos por la ecología se convirtieran en dictados operativos de la economía y viceversa' (Simmons, op. cit.)

Esta problemática de conflictos entre los objetivos de los distintos niveles agrosistémicos deriva de la complejidad de la estructura y funcionamiento de los agrosistemas, la cual queda reflejada en la multitud de disciplinas que intervienen en el estudio y formalización de sus componentes y procesos. Simultáneamente, cada nivel de organización agrosistémico (nivel N) posee un objetivo propio, que regula el grado de satisfacción de los objetivos de los niveles menores (N - 1) y es controlado por los objetivos de los niveles superiores (N + 1). Es decir, no sólo tenemos fuertes interrelaciones entre los componentes y procesos de un mismo nivel, sino que también están fuertemente interrelacionados los subsistemas y sus funciones entre los distintos niveles en que hemos "organizado" conceptualmente a los agrosistemas. Esto nos obliga a los Ingenieros Agrónomos a evitar soluciones simplistas o restringidas a aspectos parciales de la empresa agropecuaria.

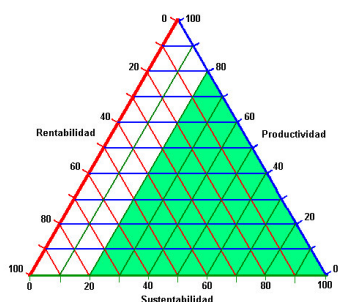


Para representar esta problemática se emplea un gráfico triangular similar al que representa la textura de los suelos. Cada uno de los lados del triángulo grafica el espectro de variación de algún objetivo agronómico en valores relativos (de 0 a 100%, donde 0% corresponde al mínimo y 100% al máximo o potencial del eje en cuestión). En este caso se han seleccionado: la sustentabilidad del agroecosistema (la "base" del triángulo y de la capacidad productiva de cualquier agrosistema), la productividad de la fitosfera (el subsistema imprescindible para definir cualquier sistema como agropecuario y base para lograr la satisfacción equitativa de las necesidades de

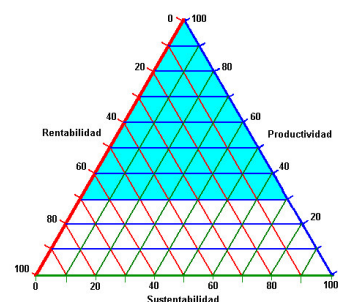
alimnetación de la humanidad) y la rentabilidad, que posibilita la subsistencia y crecimiento del agrosistema en el macrosistema socioeconómico.

Cualquier punto del triángulo siempre alcanza un valor de 100 (sumatoria de los valores de cada uno de los lados). Por lo tanto, si se pretende aumentar el resultado de cualquiera de los objetivos, debido a la interrelación entre subsistemas, sólo se logrará a costo de la disminución de uno o de los otros dos. Esto es cierto en el supuesto de que no cambien los otros aspectos relacionados, que condicionan fuertemente a los aspectos evaluados, pero que no están representados explícitamente en los ejes del gráfico. Por ejemplo, el nivel tecnológico aplicado al sistema productivo define tanto el potencial productivo de las fitosferas, como el grado de sustentabilidad del agroecosistema y los costos fijos y variables que incidirán en la rentabilidad final del sistema analizado. Así, no se puede comparar con el mismo esquema un sistema de secano versus uno bajo riego suplementario, dado que tanto el potencial productivo (el valor absoluto asignado al 100% del eje productividad), como los costos operativos y de amortización (el valor absoluto del 0% del eje rentabilidad) van a ser muy diferentes en cada caso.

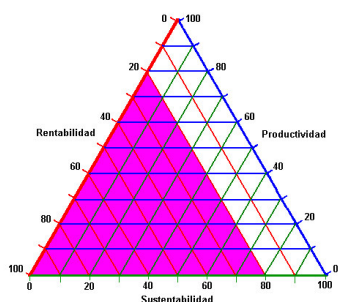
La posibilidad de integrar simultáneamente las decisiones surge a partir de la consideración de que existen "mínimos" ecológicos (por debajo de los cuales el ecosistema colapsa y el proceso es irreversible), productivos (si no se produce las necesidades de alimentación quedarán insatisfechas) y económicos (si los costos superan a los beneficios ninguna empresa podrá subsistir).



Así (suponiendo una situación hipotética a modo de ejemplo), las ciencias naturales definirán una escala de procesos y estados físicos, químicos y biológicos por debajo de los cuales no podrá degradarse los recursos y el ambiente (zona verde del triángulo). Los niveles de productividad necesarios para satisfacer las demandas de alimentos se representan con la zona azul. La rentabilidad necesaria para la subsistencia de las actividades empresariales también se define (zona roja), la cual se definirá no sólo en base a procesos económicos "puros" sino que podrá ser modificada o adecuada según las decisiones de la sociedad mediante subsidios, créditos, impuestos, etc.



Es decir, cualquier diseño propuesto para el agrosistema deberá estar incluido en el área ( $S > 20$ ,  $P > 30$ ,  $R > 20$ ). Si "caen" dentro del área definida, todas las propuestas tienen aproximadamente el mismo valor. La decisión entre estas alternativas sustentables, productivas y rentables entonces se toma en base a otros criterios no contemplados en la gráfica: practicidad, aceptabilidad, etc. Todo sistema socio-ecológico, como los agrosistemas, está en permanente cambio, donde la sociedad y el ambiente coevolucionan modificándose y condicionándose mutuamente. Cualquier intento de "congelar" las variables del sistema en pos de obtener una "performance óptima" sólo logrará disminuir su resiliencia y ponerlo en riesgo de colapso. El desarrollo sostenible requiere: (a) identificar y remover rigideces e impedimentos; (b) identificar y desarrollar fuentes de conocimientos y experiencias sobre las cuales generar nuevas estructuras y procesos; (c) mantener las bases naturales, culturales y sociales de adaptación y renovación. La sociedad tiene las herramientas para ello: conocimiento, tecnología, posibilidades de participación en diagnóstico y diseño, capacidad para definir qué se quiere.



El desarrollo sostenible requiere: (a) identificar y remover rigideces e impedimentos; (b) identificar y desarrollar fuentes de conocimientos y experiencias sobre las cuales generar nuevas estructuras y procesos; (c) mantener las bases naturales, culturales y sociales de adaptación y renovación. La sociedad tiene las herramientas para ello: conocimiento, tecnología, posibilidades de participación en diagnóstico y diseño, capacidad para definir qué se quiere.

