

e Información Agrícola

20 DIC 1977

IICA—CIDIA

SISTEMAS Y ENFOQUE DE SISTEMAS

Raúl Moreno

Documento presentado en el Seminario en Sistemas de
Producción de Cultivos Anuales, Turrialba, Costa Rica
CATIE 16-19 agosto, 1977.

Turrialba, Costa Rica

1977

ADVERTENCIA

Estos apuntes se prepararon para ser usados por los participantes en el Seminario de Sistemas de Producción de Cultivos Anuales ofrecido por el Departamento de Cultivos y Suelos Tropicales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

El contenido de estas notas no corresponde necesariamente a las ideas del autor respecto a los problemas tratados y tampoco representan la posición oficial del CATIE.

Deben usarse estas notas como un complemento a los temas discutidos en conjunto durante las sesiones del Seminario y también como un complemento a las lecturas que se citan como recomendables.

Los errores de forma y fondo son responsabilidad exclusiva del autor.

Agosto 16-19, 1977

R. Moreno

SISTEMAS Y ENFOQUE DE SISTEMAS*

Raúl Moreno**

Desde hace bastante tiempo se viene usando la palabra sistema para referirse a algún tipo de actividad en agricultura. Se habla de sistemas de producción, sistemas de cultivo, sistemas de información agrícola, etc. La introducción a este Seminario tiende a aclarar un poco el significado de la palabra sistema en ciencias agrícolas en general y en investigación agrícola en particular.

Un sistema es una disposición de componentes físicos, un conjunto o una colección de objetos, que están conectados o relacionados entre sí, de tal forma que constituyen o actúan como una unidad o como un todo.

Hay 3 conceptos importantes en esta definición: Componentes, o sea que de por sí es algo relativamente complejo, se trata entonces de más de un objeto o cosa. Conectado, se trata de que los componentes intercambian algo a través de esta conexión, puede ser energía, materia, o simplemente información. Actúa, cuyo significado denota dinamismo, no es algo rígido, el intercambio es más o menos constante en el tiempo. Debido a esta interconexión dinámica, cualquier modificación que se efectúe en alguna de las partes o componentes del sistema tiende a modificar el todo en alguna medida.

Tal vez lo primero que corresponda hacer es describir por qué se ha llegado actualmente a el uso tan frecuente de la palabra sistema.

* Documento presentado en el Seminario en Sistemas de Producción de Cultivos Anuales, Turrialba, Costa Rica, CATIE 16-19 agosto, 1977.

** Ph.D, Fitopatólogo

En el Siglo XVII Leeuwenhock, inició una revolución científica al permitir, con la ayuda del microscopio, el estudio de un mundo hasta entonces invisible. Con este tipo de estudio, las ideas básicas de las teorías atomísticas de los griegos, recibieron el respaldo necesario. Desde ese entonces, la ciencia adopta paulatinamente el enfoque microscópico de acción, mediante el cual, el interés científico se concentra en las partes que integran el todo. Se dice entonces que la comprensión del funcionamiento del todo provendría naturalmente del estudio y comprensión del funcionamiento de cada una de las partes que lo integran. A pesar de los enormes avances logrados por la ciencia moderna bajo este enfoque microscópico de acción, existen aun una serie de problemas, principalmente de tipo social, ecológico y económico que no han podido ser resueltos por soluciones emanadas de este enfoque atomístico y a veces reduccionista de la realidad. De esta visión microscópica de los fenómenos naturales, proviene el concepto que se conoce como reduccionismo, según el cual, para comprender un fenómeno determinado, es necesario reducirlo a sus componentes más simples, analizar estos componentes como entidades separadas para explicarse su comportamiento, y luego adicionar este conjunto de explicaciones y terminar por explicarse el fenómeno como un todo. El reduccionismo ha sido el concepto que más ha pesado en la especialización progresiva que han sufrido las ciencias hasta hoy. Esta especialización gradual es producto entonces de la categorización de los fenómenos en clases cada vez más pequeñas. A medida que estas clases se multiplicaban, se multiplicaban también las especialidades y con el crecimiento de las especialidades se ganó conocimiento en profundidad pero se perdió cono-

cimiento en amplitud. En otras palabras, se perdió visión del todo o visión del conjunto. El reduccionismo, por su modo de actuar, resultó en la proliferación de experimentos aislados en que el ambiente se fijaba (laboratorios, campos experimentales) y se buscaba las relaciones de causa y efecto en forma mecánica sin considerar que el ambiente es dinámico y teóricamente no puede fijarse, y que muchos fenómenos bajo control de los hombres sufren modificaciones según voluntad que no pueden reducirse a leyes estrictas de causa y efecto. El considerar que todo efecto tiene siempre una causa es lo que se conoce como determinismo y considerar al mundo como una máquina que reacciona siempre igual frente a determinados impulsos, es lo que se conoce como el mecanicismo.

Tenemos ahora una idea de lo que es reduccionismo, determinismo, y mecanicismo.

A pesar de que a juicio de muchos, las ciencias modernas han avanzado notablemente con estos enfoques anteriores, todavía existía la inquietud de que debería existir una forma de enfocar los todos antes que las partes de los todos. (El todo es mucho más complejo que la suma de sus partes = Aristóteles). Debido a esta inquietud, aproximadamente a partir de 1950, se ha reconocido que el reduccionismo y el mecanicismo no son enfoques científicos adecuados como para comprender muchos fenómenos naturales especialmente aquellos relacionados con el hombre y entre ellos, aquellos de trascendencia en sociología, economía y ecología. El expansionismo, la teleología y el proceso de síntesis se reconocen hoy como herramientas necesarias para comprender el mundo. Puesto de otro modo, actualmente la ciencia trata de obtener el enten-

dimiento de las estructuras de las partes a través del entendimiento del funcionamiento del todo. El expansionismo es lo contrario del reduccionismo, primero porque nos hace ver que cada componente del todo y cada función de los componentes pertenece a su vez a una estructura o a una organización superior y segundo porque pone más acento en el todo que en las partes, ya que se fija en los componentes solo porque son entidades interconectadas. Es por virtud de esta interconexión, tal como ya se mencionó, que un sistema es un todo indivisible y es en sí mucho más que la suma de sus partes consideradas solas. Por lo tanto, no puede interpretarse el funcionamiento del todo a través de la estructura de sus partes consideradas en aislamiento.

Este modo de pensar expansionista (en forma de sistema) conduce a la síntesis a través del enfoque de sistemas en donde las partes o fenómenos que se van a explicar (a comprender o a operar) se ven como integrantes de un todo bien definido que no debe dejarse de lado como referencia por el solo hecho de querer profundizar en la comprensión de un integrante cualquiera de él.

El enfoque de sistemas tiene algunas consecuencias obvias en la organización general de las ciencias y en la investigación. Mientras que el reduccionismo implica cierta visión de tunnel y la especialización en disciplinas, el expansionismo y la síntesis implican amplitud de visión y por lo tanto interacción entre disciplinas. Aparte de usar necesariamente equipos interdisciplinarios, el enfoque de sistemas tiene a su vez implicaciones profundas especialmente en la metodología científica. Si reconocemos que la ciencia, como la actividad que nos va a proveer el entendimiento de la naturaleza con el propósito de

manipular sus sistemas en beneficio del hombre, no puede estar libre de la influencia de juicios valorativos (los sistemas físicos son parte de los sistemas sociales), la ciencia libre de valores deja de estar ya tan libre y pasa a entremezclarse con algunos elementos morales. Esto trae consigo que el método científico tradicional (que nunca ha sido aplicado en su estricta secuencia teórica) con su acento en las relaciones de causa y efecto, no va a ser el único camino a seguir para realizar investigación. El enfoque teleológico o enfoque de propósito determinado, debe reconocerse también como un integrante de un método científico válido. Sistemas sociales o sistemas con algunos efectos sociales (la agricultura por ejemplo) debido a que siempre implican un propósito, requieren de un enfoque diferente de investigación, un enfoque de medios-propósitos junto con los de causa y efecto. Tratar de reducir un sistema de producción agrícola a simples razones de causa y efecto es como doblar y guardar un elefante en una billetera. Como un resumen se podría decir que el enfoque de sistema consiste más o menos en que el hombre, ya teniendo una visión clara de las partes que componen la naturaleza en casi cada uno de sus más complejos detalles, debe en alguna forma elevarse sobre esta complejidad, dar un paso atrás, agrupar las partes, simplificar los conceptos, y en alguna forma ver sólo los grandes componentes. Ver figura 1.

Algunos Sistemas Agrícolas de Interés, Niveles de Sistemas.

Bajo el enfoque de sistemas, la agricultura no es sino una organización jerárquica de sistemas que operan en el tiempo y el espacio usando la energía solar para transformar recursos en productos. Si consideramos a una finca como un conjunto de actividades que transforma

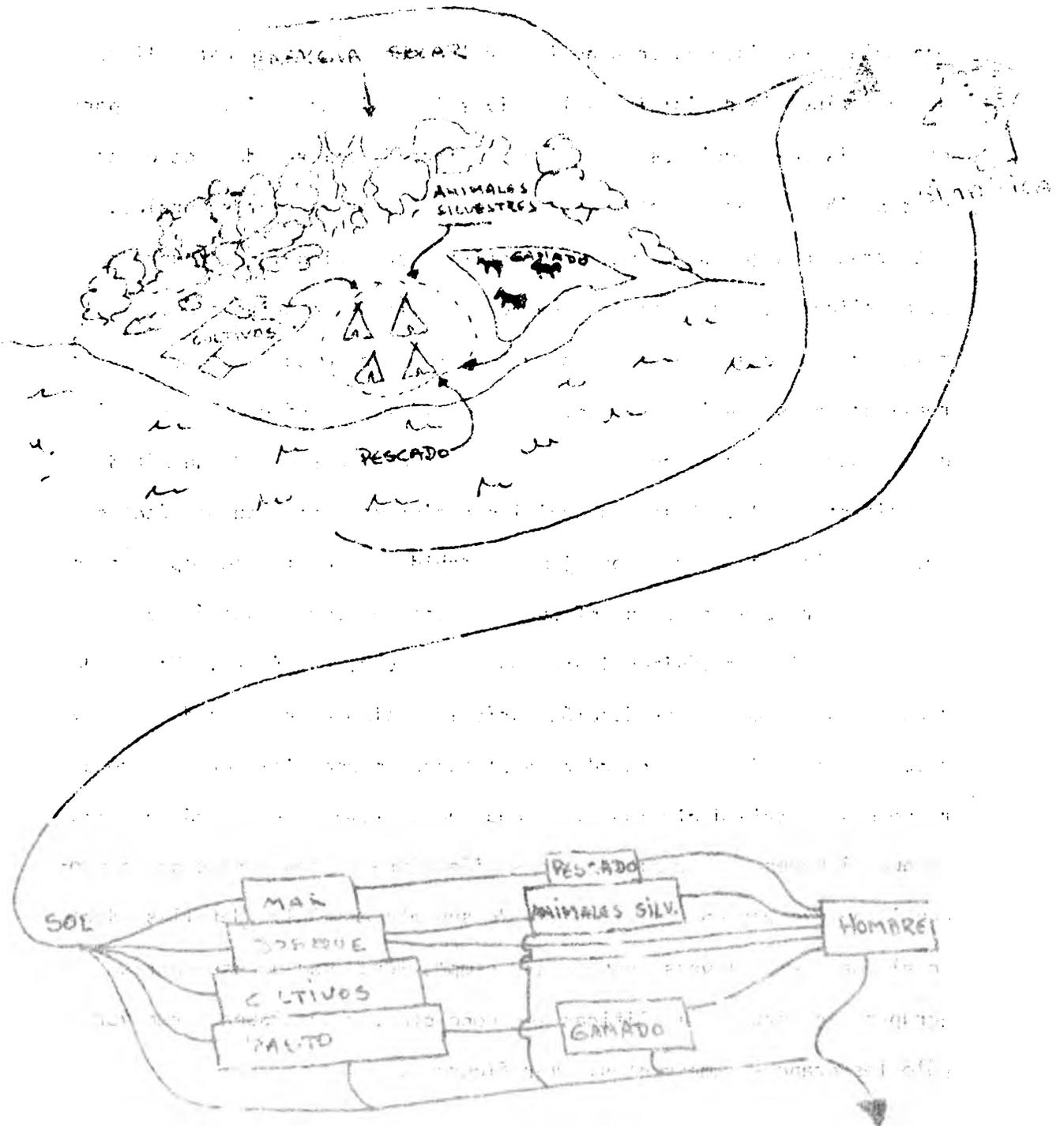


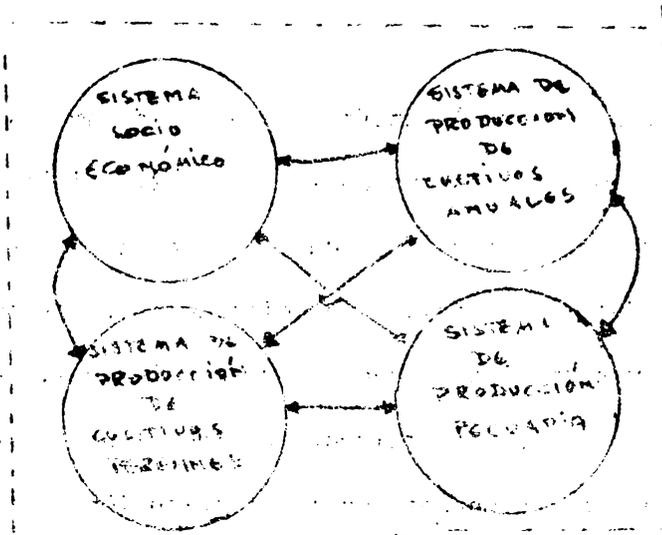
Figura 1. El concepto de subsistencia

Adaptado de: Gier, H.T. (1970) *El concepto de subsistencia*, W.I. Investigación, 1970

Figura 1. El concepto de subsistencia

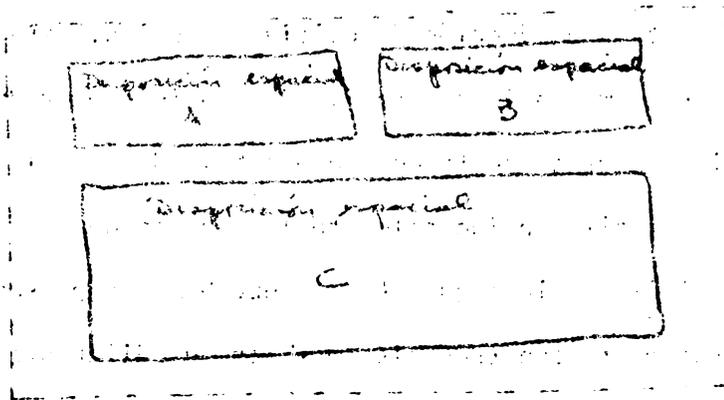
recursos en productos, usando la energía solar, podríamos simplificar su organización tal como se observa en la figura 2. Si la finca como un todo se considera un sistema de producción, entonces las actividades dentro de ella (producción animal, producción de cultivos perennes, producción de cultivos anuales) pasan a ser sub-sistemas. Entre sub-sistemas existen conexiones, generalmente debido al uso de recursos y en general conexiones relacionadas con la distribución de la energía necesaria para producir. Pensando en términos macroscópicos, esta finca pertenece, junto con otras de la región, al sistema de producción agropecuario de una región determinada. O sea que ella, al igual que otras fincas de la región, es un sub-sistema y con relación al país es un sub-sub-sistema. Mirado a nivel microscópico, si tomamos dentro de la finca el sub-sistema producción de cultivos anuales, éste a su vez puede representarse como en la figura 3. Si continuamos reduciendo aún más nuestra visión y nos concentramos en una hoja de una planta y consideramos que ella realiza principalmente la función de fotosíntesis, tendríamos algo similar a la figura 4. Lo que hemos representado con estos modelos, realmente son tres sistemas pero de diferentes niveles. Una relación entre niveles de sistemas, se establece en la figura 5.

Existiendo tantos sistemas y reconociendo que siempre alguno pertenece a otro de nivel superior, podemos generalizar diciendo que lo que interesa al observador en un proceso determinado es el sistema para él, y lo que interesa menos será el sub-sistema para él ya a un nivel superior o a un nivel inferior. Si volvemos atrás veremos que en las figuras 1, 2, 3 y 4 hemos representado gráficamente algunos procesos. Explicar esto en palabras habría tomado varias páginas. Lo que hemos

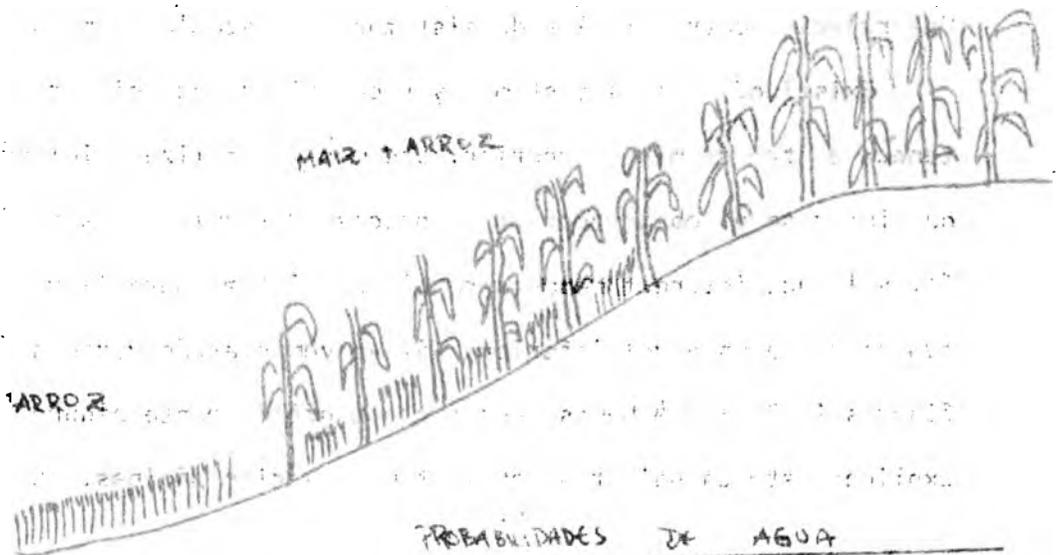


no limite de la finca

Si la finca es considerada un sistema, las actividades dentro de ella constituyen sub-sistemas



limite del sistema de producción de cultivos anuales



Identificación de un sistema y sus subsistemas (finca)

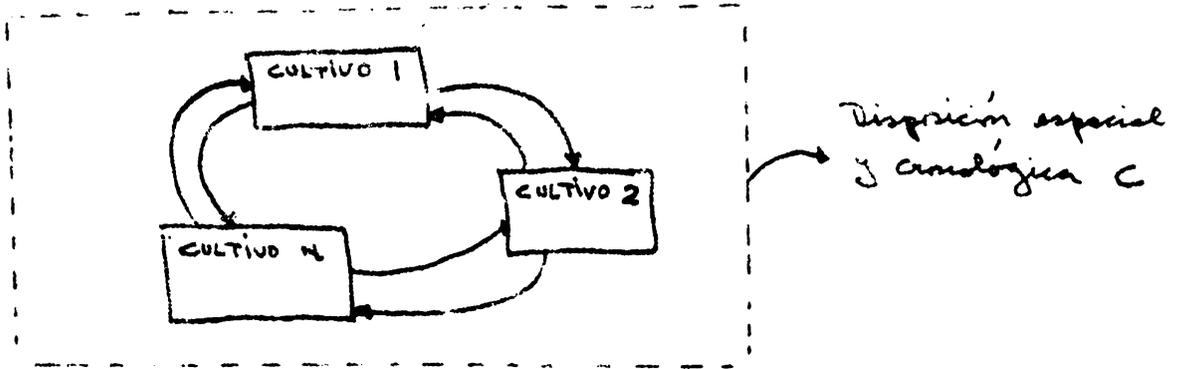


Figura 3. Subsistema de producción de cultivos anuales.

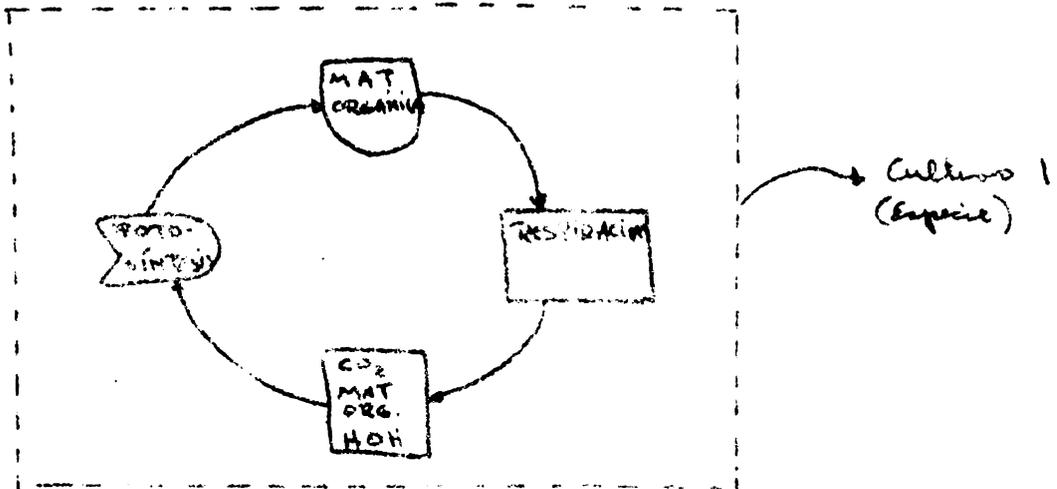


Figura 4. Un subsistema cerrado.

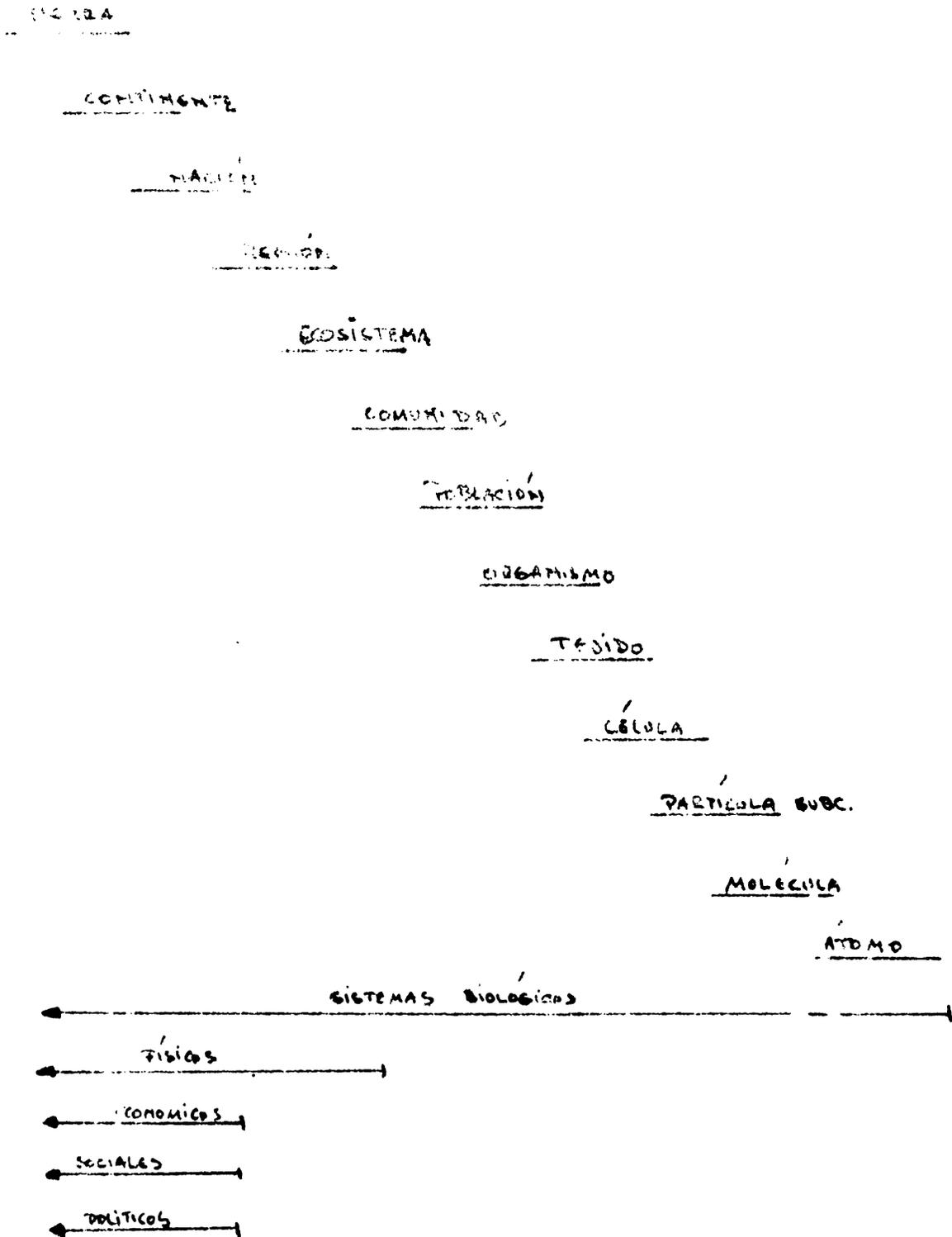


Figura 5. Ordenamiento jerárquico de algunos sistemas.

hecho son modelos de sistemas. Existen muchos tipos de modelos, la maqueta del arquitecto, el aeroplano a escala, las representaciones que hemos visto y complicadas fórmulas matemáticas. Como consecuencia, podemos decir que un modelo no es sino la representación cualitativa, y a veces cuantitativa de un sistema. Todos ellos son formas de representar conceptos. Realmente, si pensamos un poco más allá, lo que los investigadores verdaderamente intercambian intelectualmente entre ellos o entre ellos y el ambiente, son modelos conceptuales. En la figura 6 se representa un modelo de decisión.

Investigación Agrícola y el Enfoque Reduccionista

La investigación agrícola, tal como otras disciplinas científicas, también ha sufrido la influencia de la ciencia atomizadora y del concepto reduccionista o fragmentador. Los investigadores agrícolas, por su formación multidisciplinaria y por influencias de cada una de las ciencias que estudian, se han visto forzados a seleccionar (a su gusto o como respuesta al medio) alguna disciplina dentro de la agronomía, para especializarse y poder conocer con mayor detalle algunos factores importantes en ese, su campo de interés. Debido a esto, se ha producido también dentro de la investigación agrícola una especialización cada vez más profunda. En muchas ocasiones esta especialización, ha producido conocimientos que al aplicarse prácticamente, han resultado en avances considerables del sector rural. Sin embargo, a medida que la cantidad de conocimientos aumenta, también aumentan las especializaciones y además, la curiosidad natural del hombre lo lleva cada vez más profundo dentro de un determinado conocimiento. El problema que se presenta para un país o para una institución es ¿hasta dónde más especialistas

para resolver problemas de tipo práctico? Si existen pocos cultivos que integran el sistema de producción de cultivos anuales de una finca, la proliferación de especialistas en este cultivo podría aún producir excelentes resultados prácticos, siempre que se llegara a concretar entre ellos algún nivel de intensidad de estudio. En la figura 7 se representa un sistema de producción de granos de la región norte central de los Estados Unidos. Si quisiéramos representar el proceso de producción por medio de un modelo, tendríamos algo similar a lo de la figura 8, que consiste en un modelo relativamente sencillo mirado al nivel que lo estamos haciendo (es muy complicado a nivel molecular) es decir, sólo considerando las operaciones más importantes.

Generalmente este tipo de finca agrícola dedicada a la producción de trigo es relativamente sencilla y comprende pocas actividades. Organizar el sistema de producción de cultivos anuales en esta forma, corresponde perfectamente bien al medio ecológico en que esta explotación se desarrolla. Este medio ecológico, es muy simple y compuesto de pocas comunidades y cada una de ellas relativamente simple. En una situación como la descrita, es relativamente fácil dedicarse al estudio profundo del trigo sin perder de vista nunca el proceso de producción como un todo y mantenerse siempre entonces recordando mentalmente el modelo de la figura 6.

Revisemos ahora una finca tropical (San Isidro de Pérez Zeledón, Costa Rica), aquí las operaciones en un sistema típico de producción de cultivos alimenticios, se realizan a mano y se cultivan 2 especies (una de ellas dos veces al año) se puede representar este sistema como en la figura 9. En un modelo resultaría algo muy similar a lo de la figura 10. La situación que se representa en este modelo es mucho más

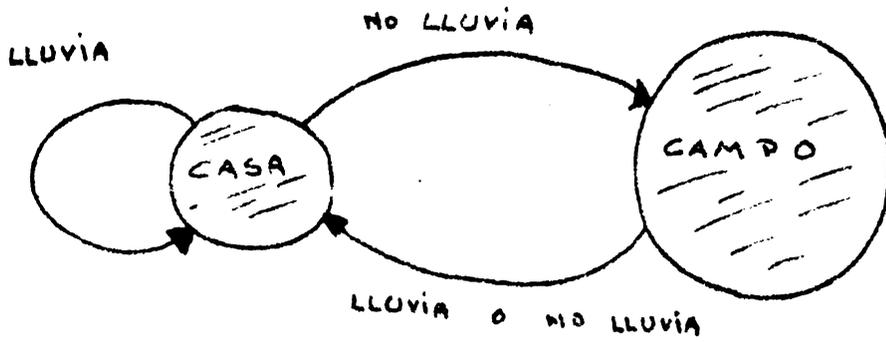


Figura 6. Un modelo de decisión de un agricultor.



Figura 7. Sistema de producción de algunas regiones templadas.

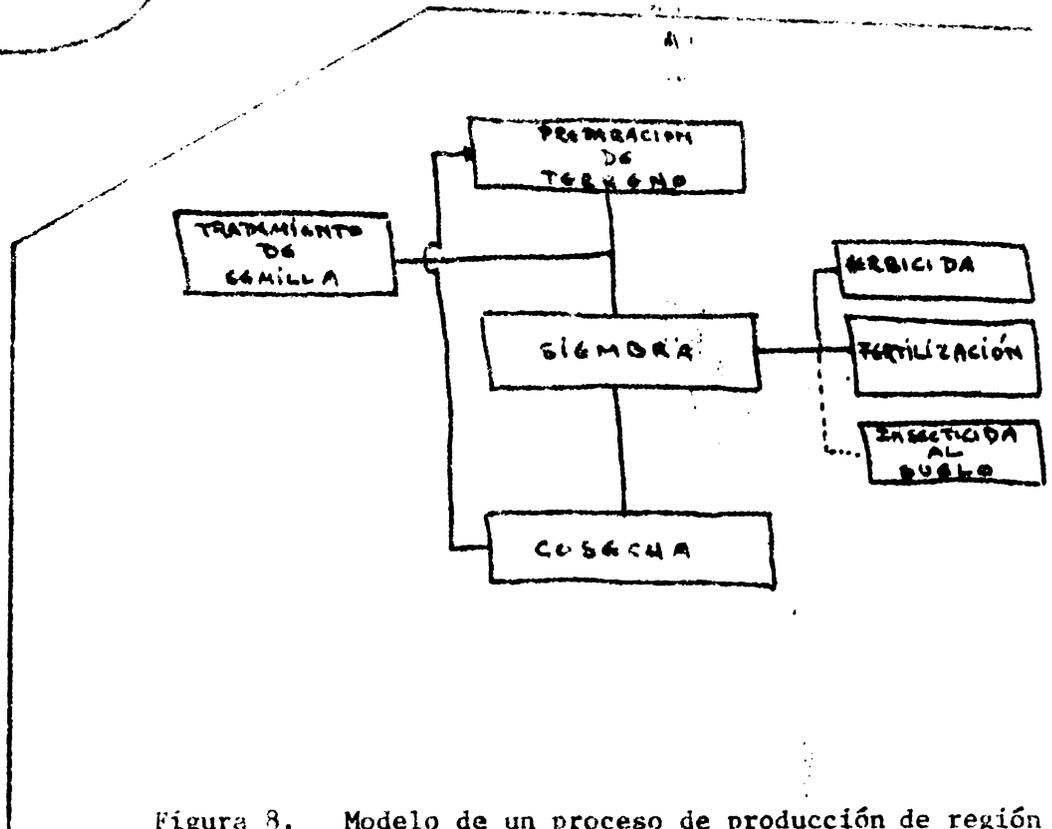


Figura 8. Modelo de un proceso de producción de región templada.

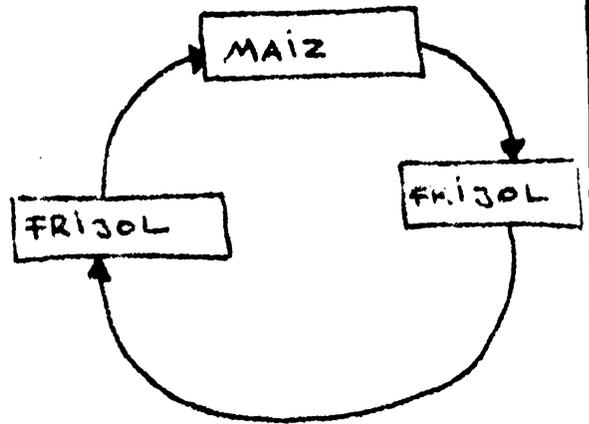


Figura 9. Sistema maíz-frijol (frijol dos veces al año).

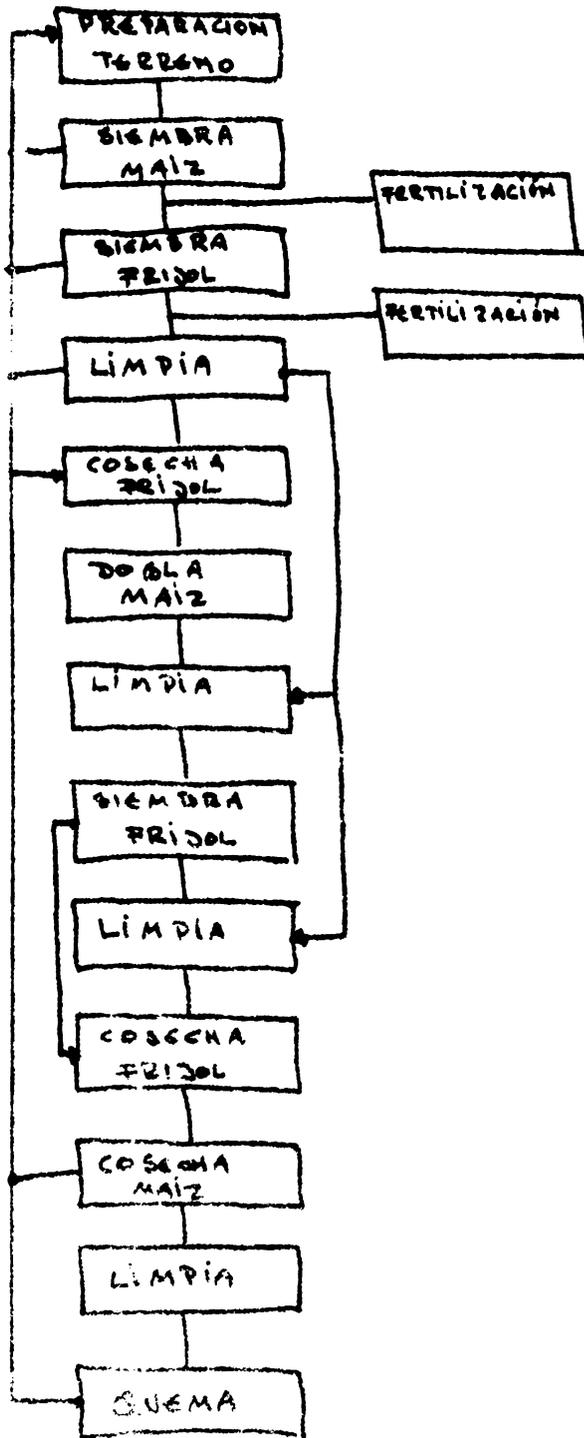


Figura 10. Diferentes flujos en un sistema maíz-frijol (frijol 2 veces al año).

compleja. Existe una gran cantidad de flujos de realimentación y aquí cualquier acción que se tome en el sistema va a influir directamente en cualquier otra. Para tomar decisiones inteligentes con respecto al funcionamiento de este sistema de producción de cultivos alimenticios, es necesario (y muy difícil) mantener en mente constantemente una situación bastante complicada. Para investigar en una situación como ésta, bajo el concepto reduccionista de investigación se necesita más de un especialista en más de un cultivo y probablemente quedarían aún muchas interacciones sin considerar. Si existiera un modelo adecuado de este sistema, sería posible su división en sub-sub-sistemas y luego el estudio de cada sub-sistema puede ser realizado por el o los especialistas correspondientes. Los resultados de esta experimentación fragmentada pero en forma sistemática, pueden ser integrados al sistema total posteriormente y así revisar entonces su comportamiento. Para llegar a esta situación, es necesario seguir algunos pasos que dicte la lógica.

Investigación en Sistemas

La investigación en sistemas es el proceso de estudiar un sistema.

Este proceso se realiza pasando por algunos estadíos:

1. Especificación o delimitación del sistema que nos preocupa.
2. Comportamiento del sistema en relación a las variables ambientales.
3. Determinación de la existencia, tipo y grado de relación entre estas variables.
4. Usar la información que se obtuvo de la relación entre variables para rediseñar el sistema de modo que opere en forma óptima con respecto a sus objetivos.

En cada uno de estos estados, es necesario proceder a través de tres funciones mutuamente dependientes que son:

1. Desarrollo del modelo
2. Recolección de información, y
3. Síntesis de la información.

Para proceder a la delimitación del sistema, o sea el primer estado de la investigación, es necesario desarrollar un modelo sobre el cual trabajar. El segundo estado del proceso de investigación apunta hacia la síntesis e interpretación de la información para establecer como se afectaría el modelo debido a las modificaciones que deberían incluirse en él para satisfacer ciertos objetivos previamente establecidos. El tercer estado pretende conseguir que una vez que se conozcan en teoría las relaciones entre variables del ambiente, se pueda entonces rediseñar el modelo de modo que cumpla con los objetivos dentro del set de relaciones ambientales. El cuarto estado apunta hacia la prueba de este modelo rediseñado y el reajuste de él hasta que opere en forma óptima para satisfacer los objetivos planteados originalmente.

En este proceso de investigación lo que resalta a la vista es la necesidad de un equipo interdisciplinario para poder realizar las funciones de modelaje, recopilación de información y síntesis de ella en cada uno de los aspectos importantes del sistema bajo estudio. Más aún, considerando que en sistemas de producción agrícola el agricultor es quien va a operar finalmente estos sistemas, el equipo debe necesariamente incluir personas con preparación en manejo de fincas o de extensión agrícola o incluso agricultores mismos dadas las circunstancias. Es definitivo que no debe incluirse sólo a aquellos que se deno-

minan investigadores agrícolas.

Antes, pero proveniente de otro nivel en la jerarquía de la organización de la investigación, es necesario que los objetivos de la investigación o sea el "qué hacer" hayan sido previamente determinados.

Investigación en Diferentes Niveles de Sistemas Agrícolas

Si consideramos la finca como una unidad de producción, tal como en la figura 2, la investigación que se realice acerca de ella, se dirige a cada uno de los sub-sistemas que la integran, a las relaciones entre ellos y luego a las relaciones de la finca con el ambiente. El propósito de este tipo de investigación es producir conocimientos suficientes que puedan usarse para mejorar la eficiencia con que este sistema (finca) transforma recursos en productos.

La investigación en sistemas de producción de cultivos, se refiere principalmente a este sub-sistema dentro de la finca, en este caso, el sujeto de estudio son los cultivos anuales organizados en el tiempo y el espacio (diseño de cultivos) quienes transforman recursos en productos. El objetivo de este tipo de investigación es producir conocimientos suficientes, para conseguir que el diseño de cultivos transforme también recursos en productos en forma más eficiente. Bajando de nivel jerárquico, la investigación en componentes (cultivos) del sistema de producción de cultivos, es investigación agronómica o la investigación clásica que todos conocemos. El sujeto de investigación es una especie determinada (maíz, por ejemplo) y el propósito es también lograr que esta especie transforme recursos en productos de la forma más eficiente posible.

Los recursos físicos que se consideran importantes para la producción son tierra, agua y radiación solar. La eficiencia con que se usan, se mide por la cantidad de cultivo producida en un determinado tiempo y por unidad de recurso considerado.

Como la investigación en sistemas de producción de cultivos anuales se concentra en el sub-sistema de cultivos anuales, la distribución de recursos dentro de la finca se considera dada o estable. O sea, no se trata de cambiar el sistema finca como un todo sino el sub-sistema producción de cultivos. Esto no significa que a través del estudio del sub-sistema producción de cultivos no puedan establecerse más claramente las relaciones que existen con el sub-sistema de producción de cultivos perennes y de allí sacar conclusiones acerca de un posible mejor manejo de la finca como un todo.

Lo que se denomina investigación en recursos o manejo de recursos, es aquella actividad que tiende a mejorar o a aumentar la calidad o cantidad de los recursos disponibles para producir (regadío artificial, habilitación de terrazas, establecimiento de curvas de nivel).

Afortunadamente ninguno de estos tipos de investigación tiene márgenes definitivos y terminantes. La investigación en sistemas de cultivos anuales puede llegar a sugerir cambios determinados dentro del sistema finca, y usa constantemente la información producida por la investigación clásica de tipo agronómico.

Investigación en Sistemas de Cultivos Anuales

La disposición espacial y cronológica de las especies (cropping pattern) que se cultivan en un mismo pedazo de terreno durante determi-

nado período de tiempo es el agente transformador de recursos en productos para fines de este tipo de investigación. Uno de los propósitos de la investigación en sistemas de cultivo es tratar de encontrar la mejor disposición espacial y cronológica de las especies, de modo que hagan el aprovechamiento óptimo de un ambiente determinado y estudiar al mismo tiempo las implicaciones que esa disposición de cultivos tiene en cuanto a manejo. En otras palabras, tratar de encontrar el grupo de cultivos que haga el mejor uso posible de los recursos existentes.

En la figura 11 se representan gráficamente las relaciones entre el diseño espacial y cronológico de los cultivos, los factores físicos, biológicos y el manejo que el hombre ejerce sobre ellos.

Entre los factores físicos que afectan a los cultivos hay algunos no controlables en condiciones normales y que son los que determinan las especies y también las variedades que pueden cultivarse en un ambiente dado. Precipitación, temperatura, topografía y caracteres físicos del suelo son algunos de ellos. Estos se han denominado determinantes. Otros caracteres físicos como la fertilidad natural del suelo son controlables con mayor facilidad o a lo menos existe la posibilidad de hacerlo sin recurrir a obras de infraestructura, estos factores se han denominado no determinantes.

La mayor parte de los factores biológicos son controlables también en alguna medida a través del manejo y por lo tanto son del tipo no determinante.

La información, que es el factor que recopila datos de la existencia, precio, aplicabilidad y posible beneficio derivados del uso de algunos insumos, los caracteres de las especies y variedades bajo cultivo

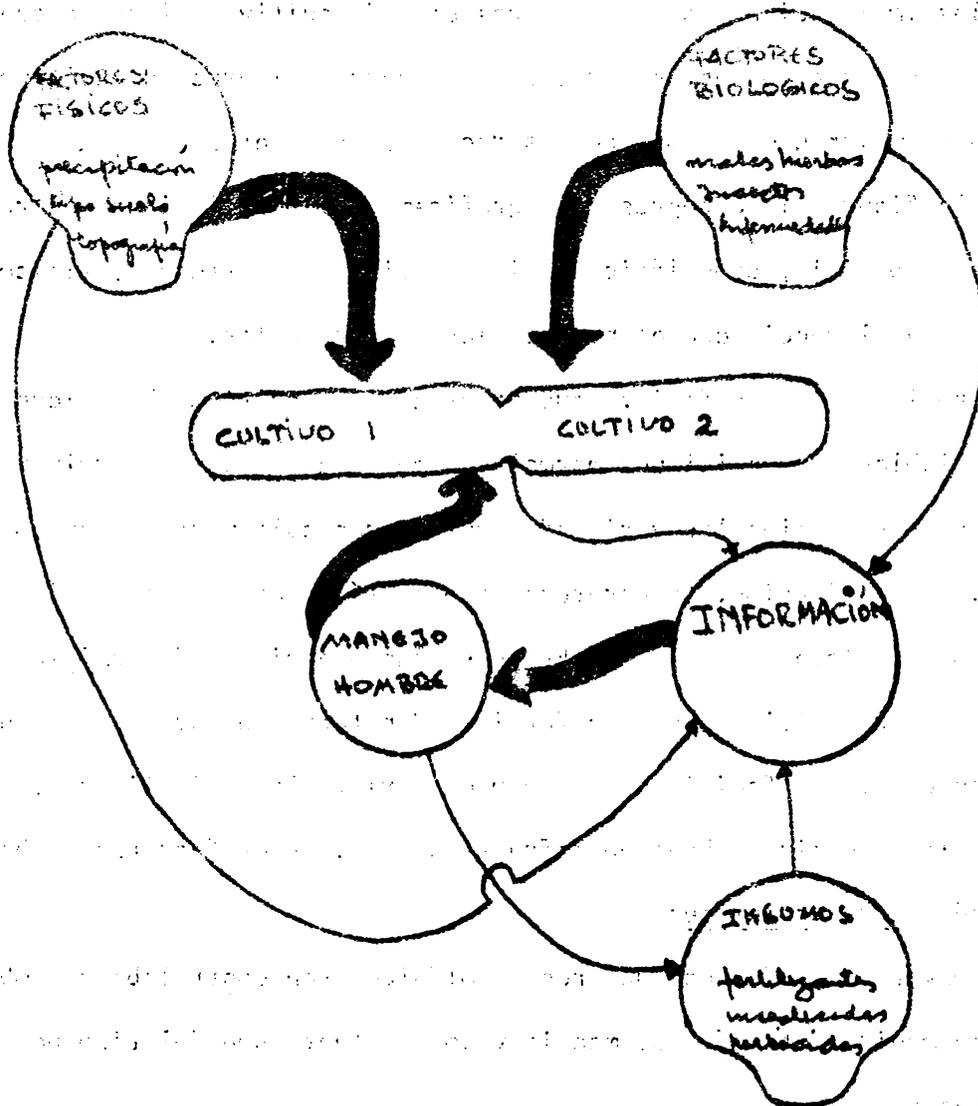


Figura 11. Algunas relaciones entre el diseño espacial y cronológico de cultivos, los factores físicos, biológicos y de manejo en un sistema de producción de cultivos anuales.

y el conocimiento de factores físicos y biológicos del ambiente, es el factor que especifica el tipo de manejo que puede darse a la disposición espacial y cronológica de cultivos.

A través del tiempo, esta información ha determinado entonces las especies y variedades y el arreglo espacial y cronológico de ellas junto con el grupo de prácticas de manejo que se realiza con este conjunto de cultivos. Todo esto constituye el sistema de producción de cultivos alimenticios de un área determinada.

La habilidad para diseñar el arreglo espacial y cronológico de los cultivos durante la estación de crecimiento, ha sido el factor que ha determinado la estabilidad del agro-ecosistema dentro del ecosistema natural de la región. Esta habilidad ha sido empleada a través del tiempo por varias generaciones y la estabilidad de los sistemas de producción es mayor a medida que se asemejan al ecosistema natural. Mientras mayor es la asimetría, mayores son los riesgos que se corren al producir.

Una vez que se ha encontrado la mejor disposición de cultivos en el tiempo y espacio y las acciones de manejo que la hacen operar eficientemente, el sistema (si satisface las necesidades de alimentación) tiende a permanecer inalterado a menos que se cambie el ambiente socio-económico.

El objetivo de un sistema de producción tradicional (producir alimentos para la familia y vender el exceso) cambia totalmente cuando el resto de la sociedad lo hace, como ocurre en las primeras fases de la industrialización de un país. Los agricultores reciben incentivos para producir y se origina entonces un cambio de actitud hacia la

búsqueda de nuevos sistemas de producción que maximicen ahora su ingreso. Se busca en estos casos sistemas de producción que aumenten el rendimiento por unidad de superficie, de trabajo o de capital.

La labor experimental de diseño de sistemas de producción en estos casos, debe enfocarse como un proceso de aceleración de evolución natural antes que de revolución, si deseamos mantener simetría con el ecosistema natural y por lo tanto conseguir estabilidad. En otras palabras, el agro-ecosistema no debe operar independientemente del ecosistema natural.

En las actuales condiciones de adelanto de la investigación agropecuaria, el investigador que trata de diseñar nuevos sistemas de producción debe actuar como un integrador de la tecnología, si es que existe (que ha sido producida en forma fraccionada) en los sistemas existentes y proceder a un cambio paulatino, previo estudio del ambiente ecológico y socioeconómico.

Si asumimos que dadas las condiciones del medio, este sistema existente es el óptimo al cual se ha llegado a través de un proceso evolutivo de adaptación al medio por parte del hombre y las plantas, lo que queda por hacer en investigación, es relativamente limitado, a menos que se alteren las condiciones del ambiente. Si este sistema de producción (que a veces se denomina tradicional) se analiza como tal, o sea, como un conjunto de componentes interconectados principalmente por flujos de información y de energía, se puede observar que cualquier modificación que se haga en un componente va a alterar en alguna medida a los otros componentes. Establecer las relaciones entre componentes tanto del tipo cualitativo como cuantitativo, dentro de un sistema de

producción, con el propósito de aportar datos para diseñar algún tipo de sistema de producción alternativo que pudiese también hacer buen uso de los recursos, es otra de las funciones de la investigación en sistemas de producción.

Debido a esta dependencia tan estrecha que existe entre el medio, el arreglo de los cultivos y el hombre y por el desconocimiento que existen de las relaciones entre estos factores, la mayoría de los cambios que se ha deseado introducir en los sistemas tradicionales de producción, no han producido efectos perdurables que puedan continuar siendo usados por los agricultores. Apenas cesa el estímulo (programa de créditos) la reacción (uso de fertilizantes y otros productos) también cesa y se produce un reajuste inmediato a las condiciones originales de producción.

Frente a esta situación, el investigador en sistemas tiene varias alternativas:

a) investigación real o investigación dentro del sistema existente. Este tipo de investigación, se refiere a aquella realizada en las mismas condiciones en que produce el agricultor. Es decir, sin recurrir a ningún tipo de gasto que el agricultor no haría. Para obtener algún tipo de resultados en este tipo de investigación, la información del técnico acerca del sistema de producción del agricultor debe ser muy completa si se pretende obtener alguna mejora substancial. El flujo de información técnico-agricultor debe ser de tal naturaleza que el técnico pueda interpretar y poner en ejecución toda modificación al sistema que haya sido originada ya por el agricultor mismo o por el producto de la relación agricultor-técnico. Para este tipo de investi-

gación, el técnico cuenta con algunos elementos de ventaja relativa que podrían ser:

1. puede correr riesgos (el agricultor generalmente no está en condiciones de hacerlo).
2. ha estado más expuesto o conoce al menos, otra cultura (el agricultor por lo general es más estable y su radio de movilidad es más reducido),
3. tiene información técnica acumulada en escuelas agrícolas o en la universidad.

Analizando un poco estas ventajas relativas; el agricultor muchas veces tiene ideas que le gustaría probar en su sistema de producción tales como modificaciones en la distancia de siembra, arreglo espacial, prueba de otro tipo de variedades, etc. El no ha realizado estas pruebas por varias razones, pero la más importante parece ser aquella relacionada con el riesgo de perder parte de la cosecha, si la experiencia fracasa. Es aquí donde el investigador puede asegurar que cuenta con algunos medios, con el tiempo y con el conocimiento para experimentar bajo ciertas reglas teóricas ya conocidas. //

El técnico, por su origen (generalmente fuera del medio para el cual trabaja) ha estado conociendo nuevas variedades, nuevos productos o conoce otras zonas similares del país u otros países; entre los cuales puede transferir tecnologías que por ser originadas por otros agricultores, pueden ser asimiladas más fácilmente por sus congéneres de otra latitud.

Por último, la educación agrícola superior, cualquiera sea su orientación, presenta indudablemente una ventaja si los conocimientos

se usan dentro de los márgenes del entendimiento del sistema del agricultor.

Si entre los resultados de este tipo de investigación se encuentran mejoras de los sistemas de producción, es muy probable que sean altamente apreciadas por los agricultores, pero seguramente no van a ser de la magnitud suficiente para producir impacto, principalmente en esferas de gobierno y menos aún en instituciones de crédito. La figura 12 es un intento de demostrar en qué situación se encuentra este tipo de investigación; la zona A, representa la situación aproximada de este tipo de investigación. Si el agricultor que nos preocupa hace algún uso de material, la racionalización en el uso, tal vez pueda ponernos en la zona B, sin embargo, hay un límite teórico representado por L, sobre el cual el agricultor necesita de una fuente de crédito para sobrepasar su capacidad económica y conseguir mejoras tan altas como c. Antes de esa línea, los incrementos de la magnitud de a ó de b son los únicos que pueden lograrse. Mientras se permanezca en A y B, lo que se hace es investigación real para un tipo de agricultor muy común en América Central que está entre subsistencia y mercado incipiente. Es decir, aquel que vende sólo cuando la cosecha supera sus necesidades. Es necesario recordar de que este es un ejemplo general y que bajo determinadas condiciones se puede realmente lograr un incremento notable en la producción sin recurrir al uso de insumos.

La investigación real o investigación dentro del sistema, puede desplazarse a través del eje de las equis; si nuestro cliente está en alta capacidad de uso de materiales, las mejoras iniciales pueden ser de la magnitud de c, pero esta curva de rendimiento/capacidad económica,

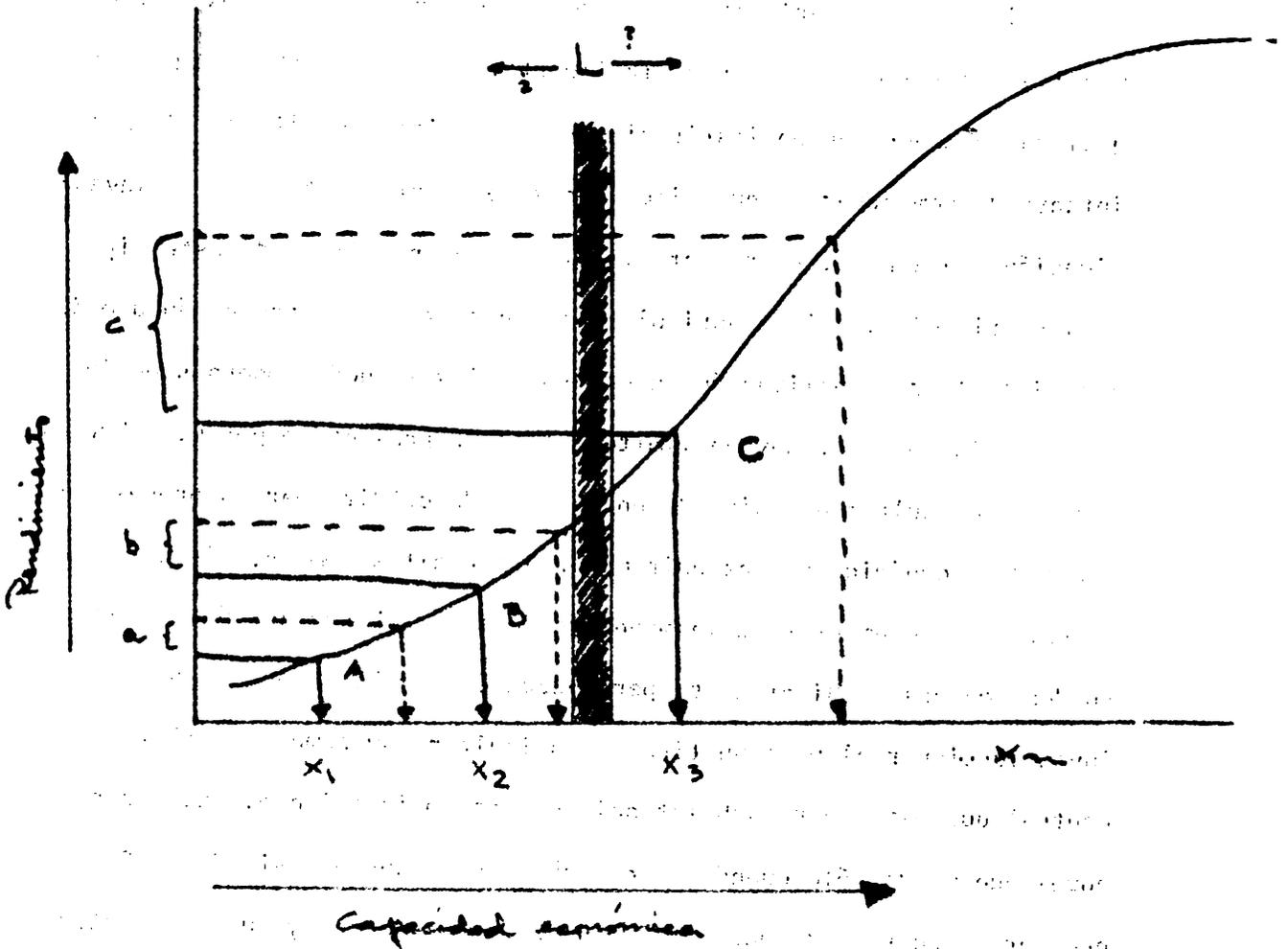


Figura 12. Posición relativa de la investigación en sistemas de cultivos para pequeños agricultores.

Centro de Estudios e Investigaciones
Económicas
IICA-CIDIA

deja de aumentar a la tasa en que lo hace desde 0 hasta x_n y se encuentran entonces agricultores que hacen un uso tan eficiente de los recursos que de nuevo los incrementos en rendimiento que puedan obtenerse son de la magnitud de a ; a menos que introduzcamos cambios estructurales o entremos en manejo de recursos (sistemas de riego, terrazas, etc.).

El enfoque que debe darse a la investigación a realizarse, depende mucho del tipo de agricultor, es decir, en qué punto del eje de las x está ubicado en cuanto a recursos; el éxito buscado por los investigadores agrícolas actuales está más cerca a medida que se desplaza la selección de agricultores hacia la derecha del eje de las x . Los criterios de selección deben estar controlados por acción de gobierno.

Algunos criterios expresados anteriormente pueden inducir a pensar de que este es un enfoque de investigación pesimista y resignado a las circunstancias, sin embargo, es necesario recordar que los factores socio-económicos que están reduciendo las posibilidades de mejora en los sistemas de producción agrícola, deben removerse por acción conjunta de todas las instituciones que trabajan por el bien del país. No puede lograrse progreso en lo técnico-agronómico sin un desarrollo armónico de los otros rubros de la producción de un país y flujo de comunicación y beneficio entre los participantes en ellos. En este tipo de investigación se está usando principalmente la habilidad del diseño del agricultor, ejercida por años de trabajo en un área. Se trata entonces de encontrar algunos vacíos que puedan llenarse con capacidad creadora y que aún puedan ser manejados por el agricultor.

b) Investigación potencial (fuera del sistema). Esta investigación puede enfocarse desde dos puntos de vista. Uno es aquel tipo de investigación que trata de aumentar los rendimientos con el aumento en el uso de materiales ya existentes o la adición de uno no usado previamente. Este tipo de investigación, generalmente llega a la conclusión que existe un momento en que para continuar aumentando en rendimiento se necesita un cambio en los cultivos (variedades que usan insumos en forma más eficiente).

Si la experimentación agrícola, usando el material genético y el arreglo espacial y cronológico del agricultor se realiza de tal forma que se obtenga una superficie de respuesta al uso de determinados insumos, se puede determinar el punto teórico en que el potencial genético del material tradicional justifica su cambio por otro. Este cambio tiene implicaciones muy profundas y sería tema para un seminario de varios días de duración. Bajo el enfoque de sistemas, al cambiar el material genético por otro dentro de la especie, lo que se está haciendo realmente es mantener los componentes pero variar la tasa en que cada uno de ellos transforma recursos en productos. Este hecho se observa mejor en la figura 13. Es dudoso que los agricultores puedan usar en su totalidad los resultados que se obtienen de este tipo de investigación, sin embargo, sus datos son útiles para impulsar programas de crédito. Al conocer el rendimiento potencial, el tipo y nivel de insumos necesario, se puede estructurar un programa de promoción sobre bases sólidas. El tipo de programa y la política que se debe seguir también es tema para otro seminario. La aceptabilidad de un cambio en el sistema va a estar siempre muy relacionada con la cantidad de riesgos que se involucre en el proceso de producción. No debe des-

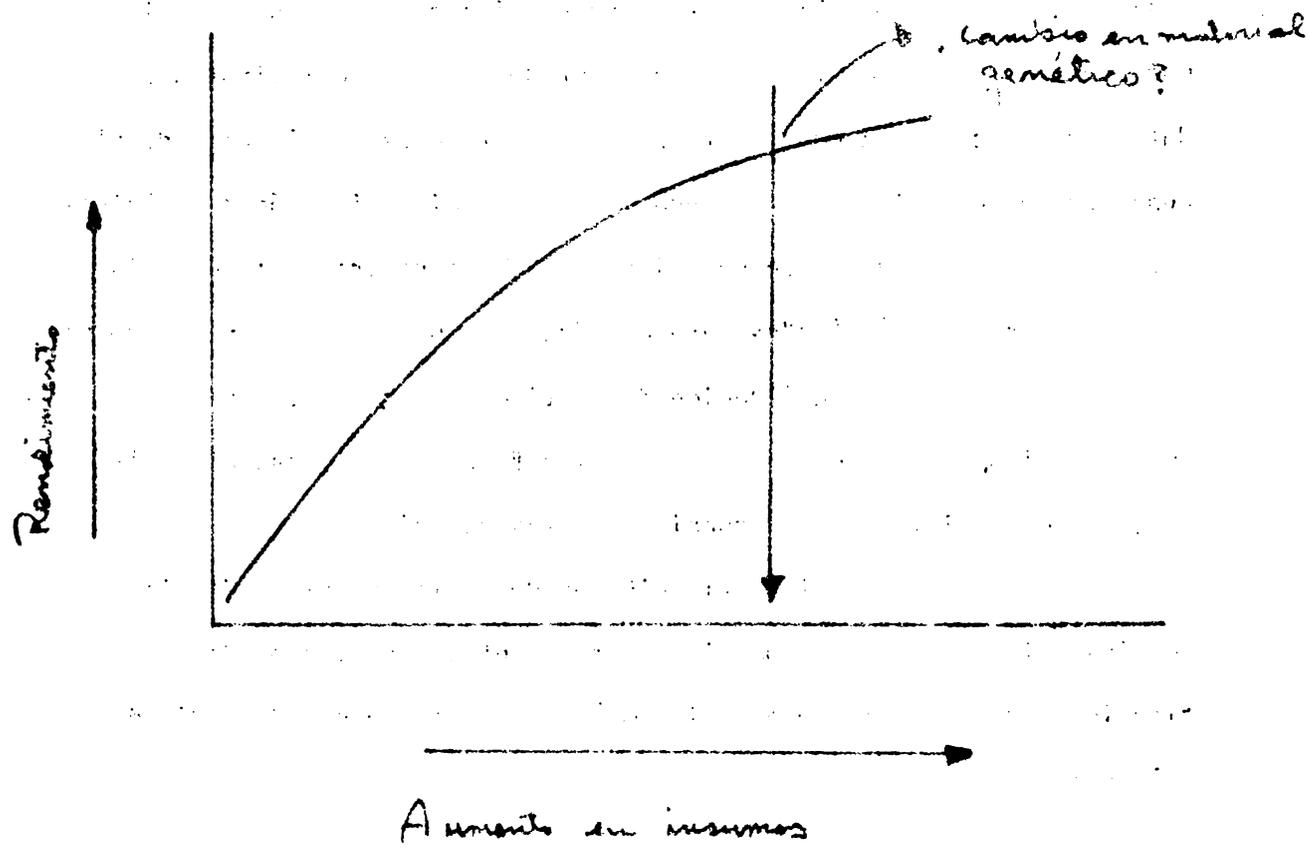


Figura 13. Cambios en material genético.

cartarse la posibilidad de que algunos agricultores usen en parte o modifiquen de acuerdo a sus necesidades, las recomendaciones que como un todo, se alejan mucho de sus posibilidades.

Otro enfoque para este tipo de investigación es el cambio de los componentes en forma parcial o total, es decir, probar otras especies que hagan un uso más eficiente de los recursos existentes. Si el cambio es gradual, por ejemplo reemplazar frijol común por caupí en zonas cálidas bajas, las posibilidades de aceptación son mayores. Cambios más drásticos seguramente no serán adoptados por el agricultor, pero los datos que se obtienen nuevamente pueden constituirse en la base de alguna acción de gobierno que tienda hacia la regionalización de cultivos. Aquellas especies que hacen un mejor uso de los recursos físicos disponibles serán las indicadas para esa área y deben ser usadas en programas racionales de regionalización de cultivos. Para este tipo de investigación, el enfoque ha de ser en las fases de cuál especie cultivar, y cómo optimizar la producción de esas especies.

En este enfoque de investigación, es donde la capacidad de diseño del investigador juega un papel muy importante. En el tipo de investigación anterior (dentro del sistema) se usa la capacidad de diseño del agricultor.

Algunos Hechos que Sugieren la Necesidad de Enfocar la Investigación Agrícola Según el Concepto de Sistemas

1. Se menciona que la investigación agrícola en países subdesarrollados no siempre produce resultados que puedan usar sus destinatarios (agricultores) porque el tema de investigación fue seleccionado por el investigador o por el director de investigación atendiendo a su preparación académica, gustos, disponibilidades de equipo o prioridades

seleccionadas por otras personas con cultura más política que técnica.

2. La investigación en países subdesarrollados ha seguido el mismo enfoque "desarrollista" que los países avanzados (desarrollo y prueba de una nueva variedad, de un nuevo herbicida, de un nuevo fungicida, etc.). Los resultados de este tipo de investigación no son usados por agricultores de recursos limitados y el problema se ha desviado erróneamente a uno de transferencia. Se asume que los conocimientos están disponibles, por lo tanto, hay que hacerlos llegar al destinatario.

3. Los resultados de la investigación por disciplina o por área específica, sin considerar racionalmente a los otros componentes del sistema de producción, producen recomendaciones tendenciosas por el error de pensar en que la suma aritmética de los óptimos individuales es igual al óptimo sistemático. En realidad $\dots \sum op(i) \neq Op(s)$

4. Los resultados de la investigación agrícola en un lugar no pueden ser aplicados a otro sin considerar antes el sistema de producción imperante y sus relaciones con el medio.

5. Los sistemas de producción que se practican en un área determinada son el resultado de un proceso más o menos avanzado de evolución y por lo tanto una recomendación de modificación o cambio total de ese sistema por otro, debe guardar simetría con el existente en forma natural, en caso contrario, se debe cambiar el ambiente.

6. Como la mayoría de los paquetes tecnológicos que existen son el resultado de la suma aritmética de recomendaciones individuales, al aplicarse estas recomendaciones dentro del sistema de producción, no se toma en cuenta el efecto multiplicador entre componentes del sistema. Este efecto multiplicador que puede ser positivo o negativo, va a afectar en alguna medida la salida del sistema. La única forma de detectar el efecto multiplicador es trabajando dentro del sistema.

Literatura Recomendada

1. DALTON, G. E. ed. Study of Agricultural Systems. Applied Science. Londres. 1975. 441 p.
2. DILLON, J. L. The economics of system research. Agricultural Systems 1(1):5-21. 1976.
3. GEREZ, V. y GRIJALVA, M. El enfoque de sistemas. Limusa, México 1976. 580 p.
4. HEICHEL, G. H. Comparative efficiency of energy use crop production Conn. Agr. Exp. Sta. Bull 739. Nov. 1973.
5. HARWOOD, R. Toward the well being of the small tropical farmer. International Agricultural Development Service. New York. 1977. (En prensa).
6. HARWOOD, R. The application of science and technology to long range solutions: Multiple Cropping Potentials. International Conference on Nutrition and Agricultural and Economic Development in the Tropics. INCAP, Guatemala, December 2-6. 1974.
7. HOLDRIDGE, L. R. Ecological indications of the need for a new approach to tropical land use. Economic Botany 13(4):271-280. 1959.
8. IGBOWIKE, M. Ecological balance in tropical agriculture. Geographical Review 61(4):519-529. 1971.
9. JANZEN, D. Tropical agroecosystems. Science 182:1212-1219. 1973.
10. KNIGHT, D. Algunas funciones necesarias en la comunidad tropical estable. Turrialba 16(4):384-386. 1966.
11. LAL, R. No tillage effects on soil conditions and maize production in western Nigeria. Plant and Soil. 40(2):321-331. 1974.
12. LAZARO, C. Cuestionamiento de los objetivos de los organismos internacionales de investigación. Comercio Exterior (México) 25(1):68-70. 1975.
13. MACKINNON, J. C. Design and management of farms as agricultural ecosystems. Agro-Ecosystems 2:277-291. 1976.
14. PAEZ, G. Delineamiento experimental de sistemas de producción agrícola. In Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. CATIE, Turrialba, 1976

15. PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crisis. Science 182:443-449. 1973.
16. SPEDDING, C. R. W. y BROCKINGTON, N. R. Experimentation in agricultural systems. Agricultural Systems 1(1):47-55. 1976.
17. SPEDDING, C. R. W. The biology of agricultural systems. New York Academic Press 1975. 261 p.
18. ZANDSTRA, H. G. Cropping system research for the asian rice farmer. Symposium on cropping systems research and development for the asian rice farmer. IRRI, Filipinas Septiembre 21-24, 1976.
19. WYMORE, W. Un bosquejo de los conceptos básicos de la ingeniería de sistemas. In Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico. CATIE, Turrialba 1976.

FITO 739-77

RM/se