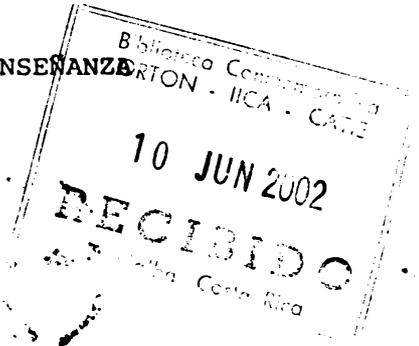


CATIE

CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa de Cultivos Anuales



ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGIA AGRICOLA

MEJORADA EN FINCAS DE AGRICULTORES DE

RECURSOS LIMITADOS

Turrialba, Costa Rica

1979

CONTENIDO

Pág.

CONTENIDO

PRESENTACION

Capítulo 1.	1
INTRODUCCION	1
Características del documento	1
Marco conceptual	4
Capítulo 2!	11
CARACTERIZACION	11
I. Selección de áreas de trabajo	11
II. Delimitación y caracterización del área de trabajo	26
III. Definición de tratamientos para la fase de experimentación.	45
Capítulo 3.	53
EXPERIMENTACION	53
I. Rol de los experimentos dentro de la investigación	55
II. Técnicas experimentales de campo	83
III. Evaluación de sistemas de cultivo	99
Capítulo 4.	125
APLICACION	125
Preparación de alternativas para validar	125
Prueba extensiva de alternativas promisorias	140

ANEXOS

1. Bibliografía consultada
2. Publicaciones derivadas del Proyecto SCPA
3. Marco conceptual para la investigación con sistemas agrícolas.
R. Hart.
4. Glosario

PRESENTACION

Esta guía es un documento preparado por el personal del Programa de Cultivos Anuales que ha estado relacionado a la investigación sobre sistemas de cultivo para pequeños agricultores.

Es un documento dinámico, que se enriquece con la revisión permanente por parte de los autores y de otros técnicos que se toman la molestia de evaluar críticamente los conceptos vertidos. Uno de los objetivos principales es plantear a profesionales recién interesados en estos temas nuestras experiencias, dudas e inquietudes, para que revisándolas puedan hacer un trabajo más eficiente y colaborar en el desarrollo de metodologías apropiadas para la solución de los problemas que tiene el agricultor de recursos limitados en América Central.

Participaron en la redacción del trabajo: Carlos Burgos, Robert Hart, Miguel Holle, Raúl Moreno, Luis Navarro, Pedro Oñoro y Aníbal Palencia.

Se agradece la colaboración de las señoras Teresa Delfino, Isabel Royo y Marjorie Pérez.

Agradeceremos cualquier comentario oral o escrito que nos hagan, y que con seguridad va a permitir mejorar futuras ediciones.

Programa de Cultivos Anuales
CATIE
Turrialba, COSTA RICA

Capítulo I

INTRODUCCION

Características del documento

En 1974, CATIE dio un paso muy importante al reorientar los objetivos de su investigación hacia los pequeños agricultores del Istmo Centroamericano, que hasta entonces se habían beneficiado sólo en forma marginal con los resultados de la investigación agronómica. Se puso énfasis en la solución de los problemas reales de estos agricultores, en base al estudio de ellos, a través de un proceso que considera tanto el potencial como las limitantes de la producción. Estas limitantes, que pueden ser de tipo físico-biológico o socio-económico, dan a la investigación un propósito mejor definido, y un marco de referencia para enfocar en forma más adecuada al agricultor de escasos recursos.

Esta nueva orientación impuso la adopción de un enfoque y una metodología de acción que permitieran abarcar áreas del conocimiento hasta entonces descuidadas por los investigadores agrícolas, y que se utilizaran otras en forma diferente, con énfasis en la integración de los conocimientos que generalmente se encuentran dispersos en las diferentes disciplinas de las ciencias agrícolas.

También se vio la necesidad de lograr un mejor entendimiento de los problemas de los pequeños agricultores, para lo cual era necesario conocerlos y trabajar con ellos en su ambiente, descentralizando las actividades.

Debido a que en América Central es poco lo que se sabe acerca de estos agricultores, se requiere un esfuerzo inicial grande para conocer la tecnología que usan y las razones porque lo hacen, y para comprender y apreciar los problemas dentro de su escala de valores.

No es nuevo hacer investigación en fincas de agricultores, realizar encuestas para hacer un diagnóstico sobre ellos, o intentar un trabajo conjunto. Lo que no se había intentado era que un grupo de investigadores integrara estos elementos, adoptando una metodología de investigación que hace énfasis en la tecnología, pero con un conocimiento más completo del sistema sobre el cual se trabaja.

Consideramos necesario reunir en un solo volumen parte de la experiencia obtenida y muchos principios conocidos, para tener una estrategia que sirva a los profesionales del CATIE. Sin embargo, esta estrategia también puede ser de utilidad para otros grupos que trabajen en forma interdisciplinaria en investigación de sistemas de producción para agricultores de recursos limitados.

Objetivos

Este documento tiene el propósito de dar un marco de referencia dentro del cual los profesionales puedan orientar la investigación en sistemas de producción para agricultores pequeños del Istmo Centroamericano.

Los pasos - o etapas - que sugiere, han sido conceptualizados en base al enfoque de sistemas. Este enfoque trata de estudiar, comprender y cuantificar las interrelaciones entre las partes o componentes del todo o sistema, a diferentes niveles.

La investigación de los sistemas del pequeño agricultor se refiere, en este caso, a los sistemas de cultivo, de animales y mixtos. Todos son subsistemas del sistema finca, cuya investigación constituye el objetivo general de CATIE.

Las etapas de la metodología descrita, permitirían al equipo técnico hacer recomendaciones en cuanto a cambios al sistema del agricultor, y presentar nuevas alternativas en el menor tiempo posible, así como acumular información que permita establecer relaciones entre las variables importantes de los sistemas. Estas pueden ser útiles más tarde, en el análisis detallado de los sistemas en estudio, y en el diseño de sistemas mejorados o alternos.

Precauciones

Los pasos señalados en este documento están ordenados en una secuencia lógica y no necesariamente cronológica. Admiten variantes en cuanto a la metodología, que debe tener en cuenta las modalidades, recursos y restricciones existentes en cada una de las regiones en que se realice un esfuerzo de esta naturaleza. El equipo investigador podrá modificar estos pasos de acuerdo a la información disponible sobre el área, o al énfasis que el personal técnico del país considere que debe darse a los sistemas existentes. Esos cambios deben justificarse y estar debidamente documentados, para ser considerados posteriormente como parte de la estrategia.

Los criterios para selección de área y de agricultores que se señalan, dejan un amplio margen de elección, por lo que será necesario

especificar claramente a cuáles se les ha dado mayor peso en cada área. Por el contrario, hay algunas etapas que deben cumplirse en forma rigurosa, y para esto, es necesaria la mejor disposición de parte de cada uno de los integrantes del grupo de trabajo.

Marco conceptual

La estrategia presentada en este documento se propone como una herramienta para guiar el esfuerzo de investigación aplicada al desarrollo de tecnologías agrícolas mejoradas, adaptables y adoptables por agricultores, en un área y estrato definido. Se supone que las tecnologías mejoradas son un elemento básico para apoyar el desarrollo agrícola.

La metodología, para ser efectiva, debe considerar todos los aspectos del proceso que va desde la generación de la alternativa tecnológica y su evaluación, hasta su difusión y adopción por los agricultores.

Para que el equipo de investigación visualice esto globalmente, debe conocer la tecnología presente, y saber en qué aspectos es necesario y prioritario mejorarla, cómo evaluar los progresos, cómo validar los resultados, y cómo difundirlos. Esto implica conocer al agricultor, sus conocimientos, sus metas y objetivos, sus recursos en cantidad y calidad, así como el ambiente ecológico y socio-económico en que opera.

En el contexto ideal, y a través de la interacción con otras instituciones, la investigación debería examinar a fondo la situación de partida, conocer los recursos disponibles, los incentivos directos a los agricultores, las instituciones encargadas de mercadeo agrícola, las

políticas de precio, las posibilidades, métodos y problemas de la difusión.

La metodología o estrategia desarrollada en ese documento, se propone como una herramienta de uso transitorio mientras no exista una mejor comunicación y coordinación interinstitucional. Más aún, la estrategia trata de incentivar el contacto e interacción entre las diferentes instituciones del agro. En la misma forma, pretende poner en relieve la posición y responsabilidad de cada una de las instituciones, en particular las de investigación, a lo largo del proceso de desarrollo y adopción de tecnologías agrícolas mejoradas.

El intento de desarrollar tecnologías mejoradas requiere el conocimiento de las tecnologías presentes, así como de las condiciones bajo las cuales se guiará el trabajo. Esas condiciones son la disponibilidad en calidad y cantidad de recursos por los agricultores, sus necesidades, metas y propósitos, su conocimiento y capacidad de manejo; o sea, qué es lo que hacen, cómo lo hacen, y por qué lo hacen en esa forma.

Con la información obtenida en la fase de diagnóstico, es posible proceder al planteamiento de un modelo preliminar que permita hacer suposiciones lógicas sobre el resultado que se obtendría al introducir un cambio en el sistema, así como obtener información sobre el tipo de interrelaciones que se dan en el mismo. Para comprobar la validez del modelo, es necesario hacer pruebas en el campo del agricultor según las técnicas de experimentación conocidas, y así determinar los ajustes que deben hacerse.

Se supone que el sistema de cultivos funciona de acuerdo a un plan de manejo que incluye una serie de decisiones acerca de cuándo efectuar

las actividades, y qué componentes usar. Se considera que este plan de manejo constituye gran parte de lo que eventualmente resultará la recomendación de manejo que se dará al agricultor. La alternativa de manejo deberá validarse con un número adecuado de pruebas, antes de recomendarse a los agricultores de la región.

El conocimiento generado permitirá guiar tanto el trabajo de diseño de sistemas así como su evaluación y ajustes, para aumentar las posibilidades de adopción.

La experiencia de varios grupos de investigación ha permitido diferenciar tres etapas básicas para cualquier metodología con intenciones similares a las de este documento:

1. Etapa descriptiva: se examina la finca en su estado actual, con el propósito de identificar los sistemas de producción que interesan y las restricciones y problemas que enfrentan los agricultores, para determinar qué tipos de cambios tecnológicos serán los requeridos para eliminarlos.
2. Etapa de análisis y prueba: se analizan los sistemas usados por los agricultores, y se prueba y evalúa en fincas de agricultores y en estaciones experimentales, cierto número de cambios tecnológicos que se consideran apropiados para solucionar los problemas identificados como más importantes.
3. Etapa de validación: las alternativas tecnológicas que surgen de la etapa anterior como más promisorias, se examinan en comparación con la tecnología del agricultor, bajo el manejo directo y completo de este último. Esto ayuda a probar el desempeño de la tecnología "nueva" dentro de la estructura y función actual de la finca, anticipando a los técnicos las posibilidades y necesidades de apoyo

institucional adicional para la adopción de esta tecnología.

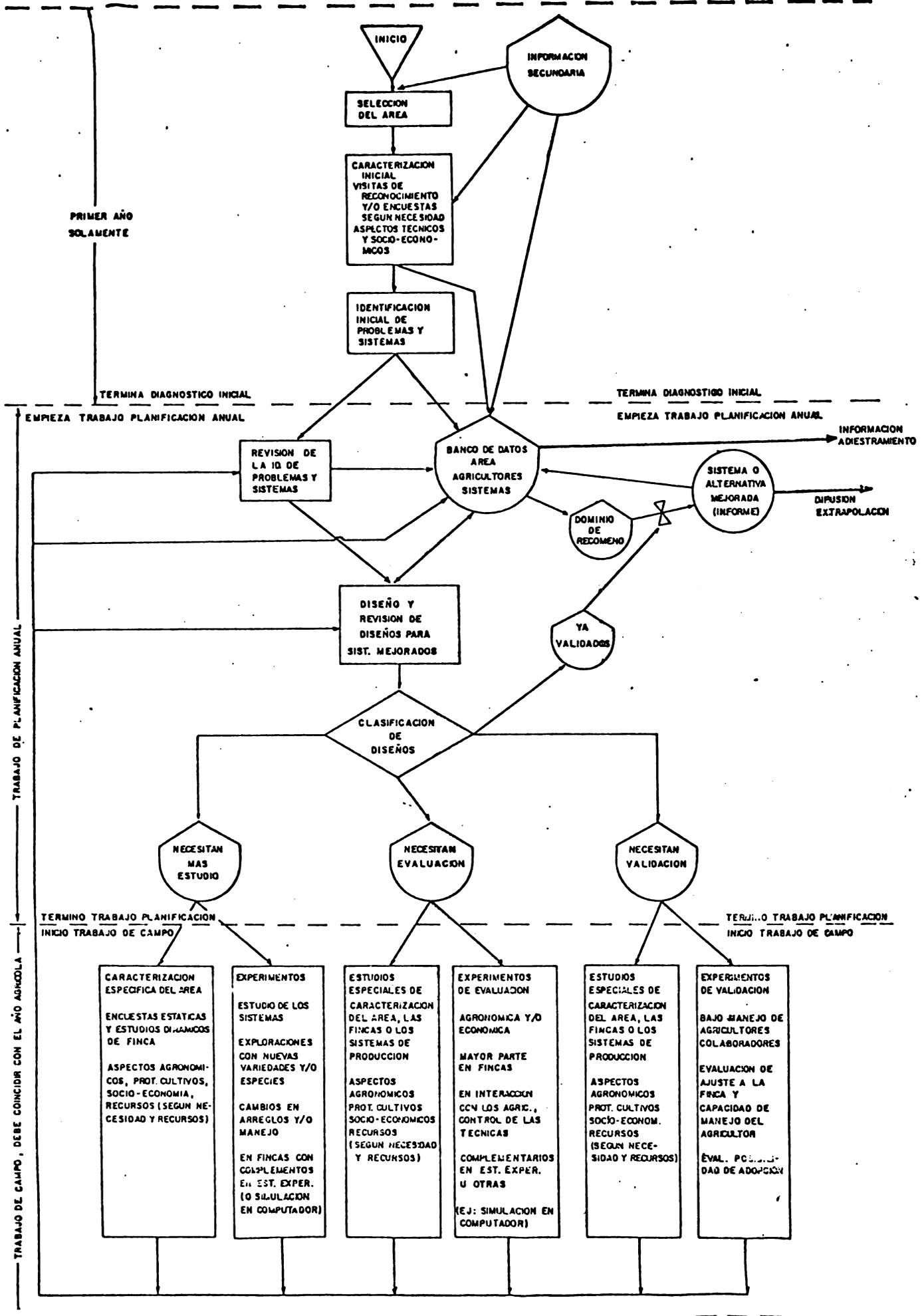
En la situación ideal, en cada etapa debería existir cierto nivel de interacción interinstitucional. El grupo de investigación podría tener el liderazgo en las etapas 2 y 3, actuando como apoyo y recibiendo la colaboración de otras instituciones, en la 1.

La estrategia se basa en el concepto de dinamismo de los sistemas, y por lo tanto, reconoce la necesidad de una retroalimentación continua de los agricultores hacia los investigadores, a fin de detectar nuevas alternativas, y constatar la validez del modelo. Es lo suficientemente flexible para permitir variantes que garanticen la obtención de información básica acerca del sistema.

Esquema y operación de la metodología

La metodología presentada trata de guiar el trabajo hacia los objetos descritos, en forma tal que permita cumplir tanto con sus postulados filosóficos como con la secuencia deseada del proceso "desarrollo de tecnología + adopción". Su estructura y operación permite el trabajo de un equipo de investigación multidisciplinario en forma integrada, dándole la flexibilidad necesaria para ajustarse a situaciones cambiantes y/o restrictivas en personal y presupuesto, entre países, y a través del tiempo. Además, permite e incentiva la acción complementaria de investigación con otras instituciones del agro.

La estructura operacional de la metodología o estrategia se presenta en la Figura 1.1. En ella se distinguen tres acciones principales, cuyos componentes se discuten a lo largo del documento.



- a) Selección del área y caracterización inicial. Se cumple una sola vez, al entrar en el área. Su objetivo es permitir y guiar la planificación y ejecución del trabajo de campo del primer año. Debe hacerse en la fecha y período del año apropiados para permitir el inicio de la actividad de campo a tiempo con las actividades agrícolas en el área.
- b) Revisión del estado de situación y planificación del trabajo anual
Esta actividad se repite cada año, también en una fecha adecuada para permitir que el trabajo de campo comience junto con las actividades agrícolas. Para el primer año se basa en la información obtenida en la sección a., pero en los años siguientes, esa información se complementa con la resultante de las actividades de campo del año anterior.
- c) Trabajo de campo. Esta es también una actividad anual, mientras la investigación se siga desarrollando en el área. Su composición básica son experimentos y trabajos de apoyo basados en observaciones y medidas directas en las fincas, que permiten la acción rápida e integrada del equipo, y la asignación de trabajos específicos a los distintos especialistas. Esto ayuda a mantener un sentido de identidad en las diferentes disciplinas, a la vez que facilita la coordinación y liderazgo del trabajo. También permite cierta flexibilidad para adaptarse a las restricciones de recursos y personal, o para absorber recursos de investigación no previstos. Los resultados deben fortalecer la información y permitir la revisión de los diseños existentes hasta el momento, facilitando la planificación del trabajo para el año próximo. Esta información puede complementar la información básica necesaria obtenida al inicio y los resultados de evaluación y/o de validación.

Su ejecución requiere equipos técnicos multidisciplinarios, cuyos miembros interactúan en la planificación e implementación a nivel de finca con los agricultores, pues implica un trabajo superior a la capacidad de cualquier individuo, o grupo de individuos de una misma disciplina. Por ello se impone la concurrencia de esfuerzos y la interacción de profesionales de varias disciplinas. Para lograrlo, se requiere una herramienta integradora como pueden serlo los principios básicos del enfoque de sistema que se bosqueja en otra sección del documento.

(Anexo N° 3).

Los equipos pueden ser- y serán- variables en su composición, dependiendo de las características propias de las áreas, y de los recursos disponibles en los distintos países que intentan implementar, total o parcialmente, una metodología como la que presentamos.

Capítulo II

CARACTERIZACION

I. Selección de áreas de trabajo

Este capítulo propone y analiza una metodología para realizar el proceso inicial de la investigación dirigida al desarrollo de tecnologías agrícolas apropiadas para pequeños agricultores de áreas específicas.

Mucho de lo que se plantea se basa en experiencias, aunque incluye también un desarrollo conceptual y debe considerarse como fuente de discusión e incentivo para lograr métodos o estrategias alternativas.

El proceso que se describe puede ser utilizado por un equipo de investigación multidisciplinario, aunque en la situación ideal debería realizarse en colaboración con otros grupos pertenecientes a otras instituciones del agro.

La selección de áreas geográficas específicas para concentrar la acción de proyectos de investigación agrícola, debe ser una preocupación propia de la institución de investigación y del gobierno, por lo que debe realizarse considerando criterios que van de lo eminentemente técnico a lo político y social.

Aquí se presentan algunos criterios de selección, seguidos de un ejemplo teórico para explicar una forma de uso.

CRITERIOS DE SELECCION

Lo que se pretende es seleccionar las áreas de acción con el fin de aumentar la eficiencia del trabajo posterior de investigación y/o

extensión en dichas áreas; o sea que, dados los recursos, se pueda obtener el máximo de beneficio para los agricultores y para el país.

Con este objetivo en vista, la selección de áreas podría hacerse teniendo en cuenta los siguientes tipos de criterios:

- A. Aspectos prioritarios para el país.
- B. Posibilidades de que la investigación agrícola pueda hacer un aporte efectivo y rápido en el área.
- C. Posibilidades de que los resultados obtenidos para el área seleccionada puedan ser utilizados en otras áreas.

Tipo A. Aspectos prioritarios para el país

Como todo trabajo institucional, el de investigación pretende beneficiar a la sociedad, esto es, a personas. Según esto, el número de personas que puede beneficiarse con los resultados es uno de los criterios más importantes para seleccionar áreas. Se supone que este criterio está implícito en las políticas o planes nacionales de desarrollo a corto y mediano plazo que deben guiar el trabajo de las instituciones. El concepto de área que se empleará aquí es el de "comunidades de concentración de pequeños agricultores". La extensión dependerá de su homogeneidad y delimitación natural. En general, y en la experiencia del CATIE, estas áreas pueden tener hasta 1000 km² e incluir una o más comunidades de agricultores. Para los propósitos del procedimiento que se propone, sería conveniente que la definición de las áreas coincida con una o más unidades geo-políticas del país en que se está trabajando. Esto, porque será necesario utilizar documentos y datos que generalmente están dados para esas unidades. Sin embargo, es más importante considerar aspectos de homogeneidad físico-biológica, teniendo en cuenta la aplicabilidad de los resultados.

La identificación de las áreas debe hacerse, entonces, considerando aquellas regiones, subregiones o áreas específicas, declaradas por el gobierno de prioridad para el desarrollo agrícola. Si la definición gubernamental no especifica áreas propiamente dichas, el grupo que está realizando la selección podrá elegir las estratégicamente, dentro de la subregión o región que sí haya sido definida. La idea es llegar a identificar y definir un número manejable de áreas dentro de la región de prioridad, para poder seleccionar aquellas más adecuadas para enfocar el trabajo de investigación.

La identificación debería hacerse con base en documentación oficial recuperable, escogiendo áreas en las cuales los objetivos generales del proyecto servirán de apoyo o complemento a los objetivos más generales del gobierno.

El propósito es terminar con no más de 10 áreas preseleccionadas.

Los pasos siguientes son, básicamente, de ordenamiento de las áreas que se priorizan para ser seleccionadas, según varios grupos de criterios, los que deberían internalizarse en la selección final.

Grupo 1. Criterios de prioridad. El primer criterio de ordenamiento debería dar un mayor peso a aquellas áreas en las cuales el trabajo de investigación del proyecto se complementa mejor con los esfuerzos y objetivos del gobierno.

Por ejemplo, los esfuerzos del gobierno, presentes o a corto plazo, en construcción de carreteras, mercadeo, asistencia técnica, crédito o insumos agrícolas, seguros agrícolas u otros, pueden ser cuantificados, y deberían hacer más atractiva un área a efectos de la selección. A

veces, los objetivos del gobierno están claramente relacionados con los objetivos del proyecto de investigación. La idea es que los resultados de la investigación complementarán esos esfuerzos, a la vez que habrá más recursos para mejoramiento, y se facilitará la posterior utilización de los mismos.

Se deben ordenar las áreas en cuestión de acuerdo a un orden de preferencia decreciente, según este criterio expresado en documentos y datos oficiales.

Para dar peso a la prioridad de ayuda, se pueden utilizar los datos de densidad de población total de las áreas. Este es un criterio cuantificable según datos censales- u otra documentación- casi siempre existente. Tiende a dar preferencia a las áreas relativamente más pobladas.

Estas áreas se pueden ordenar según su densidad de población rural (número de habitantes rurales/km²), que está relacionada con áreas de mayor concentración de pequeños agricultores.

Ambos criterios tienden a favorecer la selección de áreas en las cuales el recurso tierra está siendo sometido a más presión y que, por lo tanto, pueden tener más problemas en cuanto a conservación de su calidad productiva.

Tipo B. Posibilidades de un aporte efectivo de la investigación en el área

Este grupo de criterios trata de favorecer una selección de áreas que permita al proyecto una probabilidad alta de impacto, en el plazo más corto posible.

Las posibilidades de mejorar la tecnología agrícola utilizada por los pequeños agricultores de un área determinada, mediante la búsqueda

de conocimiento tecnológico adecuado, está muy relacionado con: a) el nivel de la tecnología actual, b) la cantidad y calidad de los recursos con que cuentan los agricultores, c) los incentivos y metas del agricultor, y d) las posibilidades físicas de que el trabajo pueda realizarse en las condiciones del área. Estos puntos dan origen a los cinco grupos de criterios siguientes.

Grupo 2. Nivel de Tecnología. En general, el "nivel de tecnología" de un área se puede considerar indicativo del nivel de desarrollo de los conocimientos tecnológicos de sus agricultores. En este sentido, mientras más "atrasada" o "tradicional" resulte la tecnología de un área, existen más posibilidades de mejorarla.

Basado en la documentación oficial, el grupo que realiza la selección deberá ordenar las áreas, desde aquella a la que puede atribuírsele una tecnología agrícola más "tradicional", hasta la que tenga una tecnología agrícola más "avanzada".

Aunque no es posible establecer un índice exacto para definir cuán "avanzada" o "tradicional" es la tecnología de un área, la comparación general de estas debe permitir su ordenamiento. Es posible ayudarse con la consulta de documentos oficiales, estudios especiales, conversaciones con personas que conozcan el área, etc. En algunos casos, puede ser necesario visitar las áreas con este propósito.

La idea intrínseca en este criterio es intentar una nivelación de la tecnología hacia lo "avanzado". Por otra parte, la tecnología más tradicional puede ser una fuente de aprendizaje superior para el equipo de investigación, en términos de cómo producir en condiciones restrictivas. Además, esto permite que conocimientos desarrollados en áreas de

tecnología más "avanzada", puedan ser estudiados para su transferencia a las áreas de tecnología "tradicional", asegurando un aceleramiento en el proceso de "mejorar" la tecnología del área escogida.

Grupo 3. Recursos disponibles para los agricultores. Un caso de tecnología considerada "tradicional" puede implicar limitación de recursos en cantidad o calidad. También se reconoce que muchas veces, esas tecnologías son altamente eficientes, y se ajustan tanto a los recursos, como a los incentivos que el ambiente ofrece a los agricultores. En esos casos, el aporte que un proyecto de investigación puede realizar para mejorar esa tecnología es poco prometedora. Por ello, la selección de la situación geográfica dentro de la cual se trabajará, deberá asegurar que existe cierto potencial de producción y mejoramiento, cuya manifestación puede ser acelerada por la investigación.

El primer aspecto a considerar, cantidad de recursos, no es fácil de evaluar en términos generales. Como guía se proponen dos índices obvios, con la idea de que la información referente a ellos esté contenida en documentos ya disponibles.

El primero es la superficie promedio en las fincas menores de 35 ha. El límite se basa en la clasificación de SIECA para fincas familiares y subfamiliares en Centroamérica. La variación permisible en el estrato ya asegura la existencia de fincas con la superficie mínima necesaria para su viabilidad económica, excepto en áreas con recursos de muy baja calidad.

El otro índice a tener en cuenta sería el promedio anual de disponibilidad de crédito, para las fincas de menos de 15 ha. Según este criterio

se dará preferencia a aquellas áreas con mayor disponibilidad promedio de crédito para el estrato. El límite de 15 ha es arbitrario, y sólo pretende identificar las áreas en las que el esfuerzo de ayuda al agricultor pequeño ya está presente, y el esfuerzo de investigación puede resultar un buen complemento.

Grupo 4. Calidad de los recursos disponibles. Este es un criterio eminentemente técnico, y tan importante como la cantidad de recursos, para determinar el potencial productivo de las áreas. Su análisis debe ser detallado, ya que da al agrónomo una serie de elementos para definir especies, cultivares y manejo de insumos adecuado. Además, favorece el uso de los datos para la interpretación posterior de fenómenos biológicos y agrícolas.

Entre los muchos criterios de ordenamiento que podrían discutirse, se proponen los siguientes:

1. Condiciones generales del clima. Generalmente no es difícil comparar áreas en términos de la bondad de su clima para la producción agrícola. Se les dará preferencia a las áreas que tengan mejor clima, lo que determina el ordenamiento según este criterio.
En ciertos casos, este ordenamiento puede ser difícil por lo que se podrían utilizar algunos índices; por ejemplo: en condiciones de agricultura de temporal, el número de meses del año con caída pluviométricas dentro de límites críticos mínimos y máximos.
2. Calidad general del suelo. Como en el caso del clima, el índice a utilizar puede ser perfeccionado según los recursos, personal y material disponibles. Si existen mapas de suelo con la especificación

de las series de suelo para las distintas áreas, no es difícil ordenarlas, dando preferencia a aquéllas con mejor calidad de suelo. En caso de que no existan datos, pueden requerirse visitas de reconocimiento, para hacer apreciaciones generales sobre tipo de suelo, aspectos generales de topografía, fertilidad y drenaje aparente.

3. Indices de mecanización en fincas menores de 20 ha. Uno de los indicadores de nivel de tecnología, es el uso de algún tipo de maquinaria, especialmente en la preparación del terreno. Un indicador muy general y que puede obtenerse de información ya existente, es el número de yuntas de bueyes y tractores en las áreas. Las áreas se pueden ordenar burdamente según el número total de yuntas de bueyes y tractores, dando preferencia a aquellas áreas en las que este número es mayor, dentro del estrato de fincas menores de 20 ha. El límite de 20 ha es artificial. Lo que se pretende, es que este índice favorezca aquellas áreas en las que el capital es de mejor calidad. Por lo demás, un alto número de elementos de capital, indica más posibilidades de mecanización, lo que generalmente se relaciona con una topografía más favorable. Sin embargo, debe considerarse si el uso de maquinaria y tecnología adjunta es apropiado o si su costo es justificado.
4. Potencial de producción y diversificación. Aquí, el ordenamiento se puede realizar favoreciendo, tanto las áreas con producción más diversificada, como las de mayor rendimiento promedio para los productos indicadores, en fincas menores de 35 ha.
Los productos pueden ser maíz, frijol, sorgo, arroz u otro, común a todas las áreas.

Si es necesario puede intentarse la elaboración de un índice compuesto para los elementos de este criterio, siguiendo una mecánica similar a la que se bosquejará más tarde para manejar todos los criterios enumerados. Los datos deben tomarse de documentación existente.

Grupo 5. Incentivos y metas para los agricultores. Los incentivos u objetivos que guían la acción de los pequeños agricultores no pueden identificarse con exactitud, pero puede intentarse la construcción de algún índice.

El que se propone aquí es un indicador de mercado. Aún cuando los objetivos del agricultores no son exclusivamente de mercado, se supone que es a través del mercado que la sociedad incentiva y guía la actividad de esos agricultores. En este sentido, el mercado determina también parte de las posibilidades de mejoramiento económico, para esos agricultores.

El mercado específico para los agricultores está determinado por varios factores. Entre ellos se pueden considerar población e ingresos en el área, existencia de terminales de comercialización, organizaciones de agricultores para mercadeo de productos, caminos, transporte, etc. Algunos de ellos se consideran seguidamente.

1. Relación población del centro mayor más cercano/distancia al centro. Se puede identificar el, o los centros poblados más cercanos, con una población superior a 25 mil habitantes, y una distancia, por caminos, inferior a 100 km de la cabecera del área. Esto, aunque tentativo, puede ayudar a construir el índice: población de ese centro/

distancia al área (km). Un valor mayor para este índice, puede considerarse como indicador de más posibilidades de mercado. A veces puede ser necesario ajustarlo porque hay más de un centro con esas características. En ese caso, se puede multiplicar la suma de la población de cada uno de los centros por su distancia, y dividir el total por la suma de las distancias.

Puede utilizarse cualquier otro índice que se crea adecuado, y que considere población consumidora de productos agrícolas y distancia al área, a fin de permitir un ordenamiento de las áreas que favorezca aquéllas con un mercado más atractivo.

2. Terminales de mercadeo y organizaciones de agricultores para mercadeo en el área. Una manera de documentar esto es buscar antecedentes sobre la existencia de terminales de mercadeo, principalmente en granos básicos, y si es posible, datos sobre lo que se ha comprado en el área durante los últimos años. En cuanto a las organizaciones, interesa el número de integrantes que incluyen.

Se preferirán las áreas en las que el ordenamiento según este tipo de consideraciones sea más favorable, porque en ellas hay más incentivos.

3. Caminos y transporte. Se requiere un ordenamiento según el estado de los caminos y tipo de transporte para los productos desde el área. Lo ideal es lograrlo en base a información existente y conversaciones con personal que conozca las áreas, pero puede ser necesario y recomendable visitar. Se da preferencia a aquellas con mejores condiciones generales de caminos y transporte.

Grupo 6. Consideraciones logísticas para la realización del trabajo. Dentro de las consideraciones respecto a la efectividad del trabajo de investigación en un área, están la posibilidad de efectuarlo, y las facilidades existentes para hacerlo. Se sugieren dos criterios básicos.

1. Posibilidades y facilidad de acceso y cobertura para el grupo de investigación en el área. Se dará prioridad a los más fácilmente accesibles, teniendo en cuenta los medios de transporte, otros recursos disponibles para el equipo, lo que se sabe del tamaño del área, las distancias y caminos desde el centro de operaciones más cercano, etc. El tamaño del área total podría ser ajustado más tarde seleccionando una subárea para desarrollar el trabajo mismo.
2. Disponibilidad de información sobre el área. Pensando en acelerar el proceso de investigación, se debe intentar ordenar las áreas dando preferencia a aquéllas sobre las cuales hay más información disponible. Esto estaría aprovechando la inversión hecha en la investigación que generó la información disponible en las distintas áreas, con esto se asegura una mayor eficiencia del trabajo general.

Tipo C. Posibilidades de transferir y extrapolar los resultados de la investigación en el área

Una vez efectuada una investigación en un área específica, la inversión requerida se transforma en algo fijo. Si los resultados obtenidos pudieran ser utilizados más tarde, en otras áreas, el uso de esa inversión resultaría mucho más eficiente.

Grupo 7. Posibilidades de proyección de resultados. El tratar de que las posibilidades de extrapolar resultados aumenten, lleva a consideraciones

de similitud del área escogida con relación a otras áreas.

El ordenamiento debe favorecer, otra vez, aquellas áreas que se consideren representativas de áreas o grupo de agricultores más amplios. Debe darse menos preferencia a áreas muy particulares en sus características socio-económicas. La representatividad debe considerar aspectos de recursos: por ejemplo, en relación al ambiente físico-biológico, la existencia de zonas agroclimáticas, y en aspectos socio-económicos factores como tipos de fincas, mercado, tenencia de la tierra, etc.

1. Representatividad de zonas agro-climáticas mayores. De acuerdo a la información disponible, debería intentarse un ordenamiento de las áreas, según el tamaño de las zonas con condiciones agroclimáticas más o menos similares que cada una pudiera representar. El orden de preferencia favorecería a aquéllas que se consideren representativas de áreas mayores. Debería evitarse la selección de áreas pequeñas con características muy particulares, que no se repitan en otras partes.
2. Representatividad de condiciones socio-económicas mayores. Así mismo, deberá buscarse información sobre la representatividad de cada área en cuanto a tipos de finca, condiciones de mercado, agricultores y tenencia de la tierra.

PROCEDIMIENTO Y EJEMPLO TEORICO

1. Identificación de las áreas entre las cuales se intentará un ordenamiento según su prioridad en la selección. Ejemplo, para m áreas, $m = 3$, áreas A, B y C.
2. Definición de los grupos de criterios, y de los criterios que se considerarán dentro de cada grupo. Pueden seleccionarse los que

han sido expuestos, algunos de ellos, o incluir otros, según lo que se considere adecuado en cada caso.

3. Asignación del peso que se dará al criterio. El peso del criterio (p.c.) es $1/n$; n = número de criterios del grupo que lo incluye. Ejemplo: hay 3 grupos de criterios G1, G2 y G3; G1 tiene 2 criterios, entonces p.c. = $1/2$; G2 tiene 1 criterio, luego p.c. = 1; G3 cuenta con 4 criterios, el p.c. = $1/4 = .25$.
4. Estudio de la información existente, conversaciones con personas que conozcan las áreas o visitas a estas, para ordenarlas según su prioridad de selección decreciente de acuerdo a cada criterio.

Sea el ejemplo:

Grupo	Criterio	Ordenamiento de preferencia		
		1	2	3
1	1	A	B	C
1	2	B	C	A
2	1	A	B	C
3	1	C	B	A
3	2	B	A	C
4	1	C	A	B
4	2	C	B	A
4	3	A	B	C
4	4	B	C	A

5. Establecer peso por preferencia (pp) dentro de cada criterio. Este $pp = m+1-i$ donde m es el número de áreas e i es el orden de preferencia según el criterio.

Grupo	Criterio	Peso por preferencia área		
		A	B	C
1	1	3	2	1
1	2	1	3	2
2	1	3	2	1
3	1	1	2	3
3	2	2	3	1
4	1	2	1	3
4	2	1	2	3
4	3	3	2	1
4	4	1	3	2

6. Construcción de una tabla de doble entrada con los criterios como columnas y las áreas, como filas. En cada casilla se coloca el producto del peso del criterio (p.c.) por el peso de preferencia (p.p) que corresponda a esa intersección criterio-área. La última columna es la suma de esos productos, y determina el puntaje de preferencia final para cada área. Mayor puntaje indica mayor preferencia general según los criterios utilizados.
- Utilizando los dos cuadros anteriores para el ejemplo obtenemos lo siguiente:

Cuadro de selección final; producto del peso del criterio por el peso de preferencia dentro del criterio y puntaje final (Σ).

Grupo y criterio	G1C1	G1C2	G2C1	G3C1	G3C2	G4C1	G4C2	G4C3	G4C4	Σ
Area A y ppxpc*	3x.5	1x.5	3x1	1x.5	2x.5	2x.25	1x.25	3x.25	1x.25	8.25
Area B y ppxpc	2x.5	3x.5	2x1	2x.5	3x.5	1x.25	2x.25	2x.25	3x.25	9.00
Area C y ppxpc	1x.5	2x.5	1x1	3x.5	1x.5	3x.25	3x.25	1x.25	2x.25	6.75

* pp = peso de preferencia en el criterio; pc = peso para el criterio

El orden de preferencia final de las áreas según el puntaje final es: B, A, C (Σ)

Este procedimiento podría adaptarse, de ser necesario, para elegir entre regiones a nivel de país, o entre subregiones a nivel de región, para ordenar las áreas a nivel de subregión y para elegir entre sub-áreas a nivel de áreas. En el caso discutido lo que se pretende es elegir entre áreas identificadas en el primer paso; este es el caso ideal, pero puede que sea necesario realizarlo en varias etapas.

II. Delimitación y caracterización del área de trabajo

Una vez que se ha seleccionado el área de trabajo, (lo que no debería tomar más de un mes) corresponde empezar a identificar las líneas de investigación prioritarias que permitan desarrollar tecnologías agrícolas mejoradas, apropiadas y adoptables por los agricultores del área.

Para lograrlo, es necesario conocer las tecnologías agrícolas en uso, la cantidad y calidad de los recursos disponibles y los incentivos y metas que guían a estos agricultores.

El propósito de la investigación aplicada es llegar a resultados positivos en un tiempo y costo mínimos, según los objetivos establecidos. Por ello, no se puede esperar a tener un conocimiento completo de la tecnología existente, los recursos y los agricultores del área. El ideal es que, casi simultáneamente con empezar a "conocer" el área y sus problemas, se empiecen a "probar" aspectos de tecnología que pudieran resultar una innovación benéfica. Estos intentos pueden incluir la prueba de "cambios obvios" o tradicionales, como pruebas de introducción de variedades y/o especies con potencial para el área.

Así como el conocimiento del área se perfecciona, los problemas:

para investigación identificados y que necesitan atención se multiplican, por lo que es necesario darles un orden de prioridad. Incluso, el equipo deberá decidir cuáles de esos problemas puede tratar de "solucionar" por medio de la investigación en el área, y cuáles deberán ser comunicados a otras instituciones u otros grupos de investigación, según el caso.

La estrategia de delimitación y caracterización que se bosqueja seguidamente trata de introducir las consideraciones que se han hecho.

FASE A: DELIMITACION Y CARACTERIZACION GENERAL DEL AREA

Esta fase debe preparar el comienzo de los experimentos exploratorios y los trabajos de caracterización más específicos de la fase siguiente (fase B).

La metodología para la fase A incluye la colección y estudio de la información secundaria y visitas de reconocimiento y sondeo, según sea necesario. La información secundaria debe buscarse en documentación oficial, censos, mapas, fotos aéreas y personas con conocimiento del área: extensionistas agrícolas, agricultores, etc.

El resultado de esta fase que podría cumplirse en dos meses, debería ser un documento de trabajo que especifique los aspectos enumerados seguidamente.

Delimitación del área. Es decir, establecer la localización geográfica del área, describir sus límites, usando mapas o fotos si es posible, y especificar su superficie. Puede ser conveniente que el área coincida con una o más divisiones geo-políticas para los cuales exista información secundaria oficial. Esto define desde temprano en superficie, el

ámbito inicial, con fines a la caracterización y evaluaciones posteriores. También debe incluirse el número total de fincas en el área, y su estratificación por tamaño.

Caracterización general del clima. Si hay antecedentes, deberían especificarse factores críticos del clima para aspectos de producción en períodos claves, como siembra y/o cosecha. Lo mismo, para aspectos sanitarios y de manejo durante el proceso de producción.

Puntos claves para la descripción son: cantidad y distribución de lluvias, períodos de canícula y su variación, períodos críticos por sequía, períodos críticos por exceso de agua.

La caracterización debe incluir, además, datos de altura y temperatura, especialmente si estos aspectos son críticos.

Como fuentes de información están los anuarios meteorológicos o publicaciones sobre el clima del país; en muchos casos debe recurrirse a datos originales de estaciones meteorológicas dentro o cerca del área.

Caracterización general del suelo. Las características generales del suelo, en combinación con el clima, determinan el potencial productivo general del área, y muchos rasgos de las tecnologías que pueden adaptarse a ésta.

Los puntos claves a tocar en esta parte de la caracterización pueden ser:

- Fertilidad: Esta información anticipa la necesidad o no de preocuparse por aspectos de aplicación de fertilizante en las alternativas a probar. En lo posible debe obtenerse información sobre nutrimentos deficientes.

- Topografía general del área: anticipa la posibilidad de problemas en conservación de suelo y permite vislumbrar las posibilidades de mecanización. La información puede obtenerse de mapas y fotografías aéreas, pero es preferible verificar y complementar la información con visitas en el campo.
- Drenaje: la caracterización de la capacidad de drenaje del suelo importa, cuando se relaciona con las características de lluvia, en relación a los cultivos que pueden tener problemas en las distintas épocas, y a la preparación del suelo para la siembra u otras labores.
- Problemas de salinidad, alcalinidad o acidez excesiva.
- Clasificación de los suelos en series; indicar descripción de las series más importantes y áreas correspondiente. Es conveniente obtener mapas.
- Toxicidad: si existe alguna, está indicando una limitación clave para ciertos cultivos, o la necesidad de manejo especial en los sistemas que se pudieran probar.

Aquí también deberían agregarse otras observaciones claves respecto al suelo en el área, y las preguntas que queden pendientes.

Entre las fuentes de información se cuentan publicaciones de reconocimiento o clasificación de suelos para regiones en los países de Ministerios de Agricultura, Instituto Geográfico, Instituciones semi-autónomas de investigación o desarrollo agrícola.

Sanidad vegetal. Parte de la calidad del ambiente está dada por el tipo e incidencia de diferentes problemas bióticos. Estos incluyen las plagas, así como las enfermedades y malezas. Una información inicial, obtenida de los documentos existentes y de expertos y agricultores, será de gran ayuda para el grupo de investigación.

En este nivel la información, debería concentrarse en identificar los problemas bióticos reconocidos como de importancia económica en los cultivos o sistemas más comunes y las épocas en que esto es más crítico.

Productos y productividad. Las actividades principales que se registran son indicadores tanto del potencial productivo del área, como de su mercado y sus ventajas comparativas.

Los productos del área y su productividad indican los productos sobre los que hay que investigar, y los niveles de productividad que hay que mejorar. Ambos dan indicios sobre la tecnología existente en el área. El informe debe ser lo más completo posible.

- Especialización del área: esta información debe especificar el producto principal del área, es decir, el que individualmente aporta más ingresos a la comunidad. Puede incluir ganadería, bosques o cultivos. Debe indicarse su superficie total, el ingreso que aporta, y el tipo de agricultor que lo produce. En algunos casos, habrá varios productos importantes que están indicando las ventajas comparativas para el área, o sea, los productos que se pueden producir en forma más barata.

Productos y productividad en fincas menores de 35 ha: Aquí se pretende establecer, porcentualmente, la especialidad del agricultor estratificando los datos por tamaño de finca. La información

se puede presentar en cuadros con pocas aclaraciones, apenas la necesaria para destacar lo que importa: la ventaja o el problema mayor. Cada cuadro debería estructurarse más o menos así:

Cuadro _____. Análisis de la importancia y productividad _____ en fincas menores de 35 ha. en el área de _____. Año _____.

Producto	Superficie ha Total	Prom./finca	N° de Agric.	Produc/ ha	(Unid.)	Ingreso Total
----------	------------------------	-------------	-----------------	---------------	---------	------------------

El cuadro debería obtenerse primero para los productos que interesan al grupo de investigación, sin embargo, es importante comparar éstos con otras actividades productivas del área. Por ello, se sugieren cuadros para: cultivos anuales alimenticios, cultivos anuales no alimenticios, cultivos perennes producto de consumo directo, cultivos perennes industriales, producción animal (especie y propósito), producción forestal.

Cada cuadro podría complementarse con una lista de los productos adicionales del área para los cuales no existen las cifras que se piden. Esto mejoraría la información sobre el potencial de diversificación del área, la cual podría complementarse en visitas de reconocimiento y sondeo. Sería conveniente que los productos de la lista se organizaran o agruparan de manera que indiquen alguna característica especial del ambiente. Esto puede hacerse por algún especialista en cultivos y sus requisitos.

El nivel de tecnología presente. Definir el nivel de tecnología es difícil, pero hay ciertos indicadores obtenibles en la información disponible o en visitas rápidas, que orientan bastante respecto a la tecnología general en uso. Ellos se relacionan con mecanización, uso de insumos, las estructuras agrícolas en las fincas y el bosquejo general de los sistemas de producción.

- **Mecanización:** El uso de algún medio de tracción para labores agrícolas o de algún otro tipo de implemento mecánico, implica mayor conocimiento y entrenamiento, así como el nivel y la calidad de los recursos de tierra y de capital. La información sobre maquinarias se encuentra, a veces, en censos u otros estudios, o puede obtenerse en conversaciones con distribuidores y con extensionistas que atiendan el área. En último caso, se puede tratar de obtener esta apreciación durante las visitas de reconocimiento. La información que interesa aquí es el tipo y número de las maquinarias o unidades de tracción que son accesibles a las fincas menores de 35 ha en el área, el número de agricultores que las poseen o usan, y si es posible, algo del valor de estas maquinarias. Especificaciones respecto a esos implementos, sin embargo pueden obtenerse en fases posteriores.
- **Uso de fertilizantes:** Otro aspecto que tradicionalmente define límites entre tipos o niveles de tecnología agrícola, es el uso de fertilizante. Esta información puede encontrarse en censos u otros documentos, pero es más probable que haya que averiguarlo con distribuidores, extensionistas u otras personas. Lo que

importa aquí es identificar los tipos de fertilizante que se utilizan y venden en el área, sus cantidades, el número de agricultores que los utiliza, para qué cultivos o sistemas de cultivo, y el valor total del fertilizante transado en el área. Todo ello en fincas menores de 35 ha y si es posible, estratificado para fincas menores de 5 ha, entre 5 y 15 y entre 15 y 35, por ejemplo.

- Uso de herbicidas y pesticidas: A nivel de pequeños agricultores el uso de algunos pesticidas y principalmente de herbicidas, puede aparecer antes que el uso de fertilizantes y maquinarias, y también puede ser indicador de un nivel de tecnología diferente. Interesa tener para cada tipo de productor una idea de las cantidades totales que se utilizan, el número de agricultores que los utilizan, los usos principales (qué sistema, para qué, cómo) y el valor total de cada uno, según los datos que se tengan para el área. Todo esto, en las fincas menores de 35 ha, y si es posible, estratificado. Estos datos pueden considerarse como indicadores de los problemas más obvios de protección de cultivos en el área.
- Estructuras agrícolas: el tipo y valor de las estructuras agrícolas en las fincas menores de 35 ha, indican algo sobre la calidad de los recursos, y sobre la flexibilidad del manejo de la finca. es importante estratificar los datos para estudiar la posibilidad de especialización de las fincas según su tamaño. La información que interesa es: tipos de estructura, su valor, (si es posible) y el número de fincas que las utiliza en el área.

Esta información resulta más difícil de obtener por datos censales y puede requerir consultas a otros documentos o conversaciones con extensionistas, vendedores y agricultores.

- Sistemas de cultivo (producción): de acuerdo al interés del documento, se plantea algo para los sistemas de producción. Una identificación muy general de los sistemas de cultivo es posible, a veces, en documentos y censos. Por ejemplo, se puede tener idea de la frecuencia de cultivos puros, o de asociaciones. Sin embargo será necesario un recorrido del área y conversar con extensionistas agrícolas y agricultores (sondeo) para identificar los principales sistemas de cultivo, especificando los componentes y sus arreglos en el campo, fechas de siembra y cosecha para cada uno. Así mismo, para cuantificar su importancia, debería informarse sobre la frecuencia (número de agricultores que lo practican) y la superficie promedio por finca utilizada bajo el sistema.

En esta fase puede obtenerse información sobre manejo, variedades, insumos, aspectos sanitarios, uso de mano de obra. Datos sobre costos e ingresos por hectárea del sistema e ingreso promedio que aporta a las fincas, pueden ser más difíciles de obtener, y quizás deban dejarse como preguntas para contestar más tarde.

Esta sección debe terminar con un resumen de la evaluación que se tiene de la tecnología del área como base para empezar el trabajo. También debe plantear preguntas tanto para investigación a través de experimentos como para ser contestadas en una caracterización más detallada del área.

Los recursos disponibles para el agricultor. Los aspectos de clima y suelo discutidos anteriormente dan una idea de la calidad general de los recursos del área. Corresponde ahora cuantificar la disponibilidad de esos y otros recursos, para las fincas con que se trabajará. Esto no sólo explica gran parte de la tecnología presente, sino que permite anticipar el material con que se cuenta para intentar el mejoramiento tecnológico.

- Tierra: para tener una idea de la cantidad de tierra de que disponen

los agricultores, se deben obtener los datos de superficie de la finca por estrato, con atención a aquellas inferiores a 35 ha, el tipo de tenencia y la topografía general de la finca.

El valor de la tierra es otro dato que da muy buena idea tanto de su calidad, como de su demanda en el área. Lo mismo es válido para los costos de arrendamiento, mediería, u otro tipo de arreglo que existan en el área. Valor y extensión combinados resultan mejor indicador del "tamaño" de la finca que la sola superficie. En gran parte de los casos estos datos pueden ser obtenidos de registros de censo, en oficinas catastro, bancos o de los mismos agricultores.

- Mano de obra: la disponibilidad de mano de obra durante las diferen-

tes épocas del año contribuye también a moldear la tecnología existente, así como las posibilidades de cambio para el área.

El primer dato que puede revelar algo sobre disponibilidad es la población rural del área, estratificada por edad y sexo. Una estratificación por educación indica algo de su calidad como capital humano. La información sobre salarios, y sobre el número de

trabajadores para distintos tipos de trabajo en el área, dará idea del costo de la mano de obra, su demanda y competencia para los trabajos agrícolas. Si estos datos se pueden especificar para fincas menores de 35 ha, tanto mejor.

Uno de los datos más importantes es la distribución de la mano de obra por actividades, durante las diferentes épocas del año. El estudio debe especificar las épocas de escasez de mano de obra para trabajos agrícolas, y su razón, o sea, en qué y dónde está siendo ocupada durante ese período, y qué posibilidades hay de que pueda ser atraída hacia los trabajos agrícolas.

También deben identificarse las épocas críticas por exceso de mano de obra, (desempleo) y qué es lo que se hace durante esa época.

Esto guiará al equipo a ajustar tecnologías alternativas que tiendan a utilizar más mano de obra durante los períodos de desempleo y menos durante épocas de escasez.

- Capital disponible en las fincas: la indicación del recurso de capital estaría dada, en gran parte, en la sección sobre nivel de tecnología. Quizás el único elemento sobre el cual aún no se ha obtenido información es la disponibilidad de dinero de operación. Este dato no es fácil de obtener en forma clara. Un indicador de su distribución es determinar las épocas de mayor movimiento en la venta de productos agrícolas y de mayor compra de insumos. Esto puede averiguarse con las casas vendedoras de los insumos y con los compradores de productos agrícolas. Las oficinas de extensión agrícola también pueden informar sobre esto, así como los agricultores que se entrevisten durante el sondeo. Otra fuente

de información son las instituciones de crédito, especialmente en lo que respecta a épocas de mayor movimiento.

Tener una idea de la disponibilidad de dinero de operación y de las épocas de esta disponibilidad es una guía valiosa que el equipo puede pensar en cambios apropiados y posibles.

La sección debe terminar con algunas conclusiones respecto a los recursos disponibles y las preguntas que queden pendientes.

Los incentivos para el agricultor. En este caso interesa conocer los incentivos que el agricultor recibe de la sociedad para su actividad. Pueden aparecer en términos de fortalecimiento de sus conocimientos, recursos, provisión de seguridad en su operación, y provisión de mercado. En general, esto se relaciona con el estudio de las instituciones que operan en el área para estos logros.

Su caracterización y evaluación permite que el equipo anticipe cuán ambiciosos deben ser los cambios tecnológicos que se pretendan probar.

- Crédito agrícola: Cuáles son las instituciones de crédito en el área, en qué épocas operan, cómo operan, que agricultores apoyan. Cuáles son sus condiciones, las facilidades dadas a los agricultores pequeños, sus proyecciones y el costo del crédito. Qué sabe de otras fuentes de crédito que no sean instituciones oficiales. Muchas de estas preguntas pueden ser respondidas con más detalle en otras etapas de la investigación. El crédito es una forma de que los recursos del agricultor sean reforzados por la sociedad para propósitos de producción.
- Fuentes de mecanización e insumos: En algunos casos, los gobiernos

tienen servicios agrícolas mecanizados disponibles para los agricultores. Interesa saber cuales son éstos, a qué agricultores apoyan, cuáles son sus condiciones, costos y requisitos, si existen otras fuentes para estos servicios.

Así mismo, hay que conocer las fuentes de insumos agrícolas para el área. Su ubicación, su manera de operar, sus costos para el agricultor, etc. Esta es también una manera de fortalecer los recursos del agricultor. Conocerlo, permite al equipo saber con qué material se puede trabajar en el área y a veces, en qué cantidades. También en este caso pueden quedar preguntas sin respuesta.

- Asistencia técnica: Puede que el agricultor ya esté recibiendo ayuda para perfeccionar su conocimiento agrícola. Debe averiguarse si existen mecanismos de asistencia técnica en el área, cuáles son, qué naturaleza, para qué, cuál es su cobertura; todas son preguntas que pueden empezar a responderse durante esta fase de caracterización inicial, aunque luego se detallan en las fases posteriores.
- Seguros agrícolas y subsidios: Es difícil encontrarlos a disposición de pequeños agricultores. Sin embargo, hay que averiguar su posible existencia, cobertura, condiciones, etc. Los seguros agrícolas y los subsidios son mecanismos con los que la sociedad incentiva a sus agricultores mediante la disminución del riesgo en sus actividades.
- Condiciones de mercado: Indudablemente, estas constituyen el incentivo más claro y directo que recibe el agricultor para orientar su producción más allá de la mera subsistencia. Hay varios factores que determinan lo que se puede denominar mercado. Aquí se enumeran algunos que pueden caracterizarse en esta fase.

- Identificación de los principales centros poblados hacia los cuales fluye la producción agrícola del área.
- Población urbana y distancias por caminos desde la cabecera del área a esos centros.
- Ingreso per cápita, y, si es posible, porcentaje de ese ingreso dedicado a alimentación.
- Productos agrícolas de mayor consumo en los centros poblados, y su valor.
- Productos agrícolas que más se importan a la región desde otras áreas, y su valor.
- Terminales de mercadeo existentes en el área. Tipo, capacidad, formas de pago, comportamiento, productos, etc.
- Organizaciones de agricultores para efectos de comercialización agrícola. Tipo de organización, productos, número y tipo de agricultores.
- Tipos de camino y calidad de estos durante períodos claves del año.
- Tipos de transporte accesibles al agricultor, y costos por producto. Aspectos críticos del transporte durante el año.

La sección debe terminar con algunas conclusiones de utilidad para el trabajo posterior, y las preguntas que queden pendientes.

Delimitación de subáreas homogéneas dentro del área de trabajo. Ya sea estudiando mapas, con fotos aéreas o con visitas, el área debería subdividirse en subáreas más homogéneas. La homogeneidad podría estar dada en términos de alguna combinación de las variables discutidas. Por ejemplo, puede ser según tipo de suelo, topografía, tipo de finca, (ganadera, cafetalera, sólo cultivos), según acceso a caminos, según el grado de

mecanización, según el tipo de sistema de cultivo predominante, o según combinaciones de algunas de estas variables. Esta subdivisión es necesaria para la escogencia posterior de sitios experimentales y de agricultores cooperadores y para estudios de caracterización más detallados, y debe ser hecha por los especialistas en recursos y socio-economía del equipo de investigación.

Análisis y diagnóstico preliminar.

Esta parte del trabajo debe documentarse en un informe que presente en forma ordenada la información obtenida con los comentarios y aclaraciones necesarios. Debe ser parte esencial un análisis de los diferentes aspectos tratados, haciendo énfasis en los factores limitantes de la producción para los pequeños agricultores. También deben destacarse aquellos factores que significan posibilidades de aumentar la productividad de los sistemas agrícolas.

Como resultado del análisis deben presentarse unas recomendaciones generales que sirvan para orientar el trabajo de investigación en el área. Estos deben referirse a objetivos que pueden buscarse, y además bosquejar la posible estrategia a seguir para lograrlos, indicando, por ejemplo:

- Sistemas principales en los cuales trabajar, y breve justificación
- Principales objetivos de la investigación; por ejemplo, intensificación, diversificación, uso de insumos, aspectos sanitarios obvios, uso de mano de obra, cambios en los arreglos.
- Principales criterios para evaluar los sistemas a probar; o sea, ver cómo calzarán en las circunstancias descritas.

Las conclusiones deben servir de guía para decidir lo que se hará en la fase posterior.

FASE B. INICIO DE LA FASE DE EXPERIMENTACION Y PERFECCIONAMIENTO EN LA CARACTERIZACION DEL AREA.

Si el objetivo de la primera fase ha sido cumplido, los lineamientos específicos para la fase B ya están dados. Esta deberá incluir, en general, las selecciones de experimentación exploratoria y de perfeccionamiento en la caracterización y diagnóstico del área. Toda la fase puede tomar la mayor parte del primer año, sentando las bases para el trabajo posterior.

Los trabajos de la fase B tienden a fortalecer y definir mejor lo obtenido en la primera fase, y deben conducir a la especificación de las líneas de investigación del equipo en el área. A la vez, podrán identificarse problemas o limitaciones cuyo estudio o solución está fuera de las posibilidades del trabajo de investigación. Esos casos deberían ser comunicados a aquéllos que sí pudieran hacer algo al respecto. Pueden aparecer problemas propios de la investigación, pero que no se pueden trabajar en el área como parte de la investigación en fincas. En este caso, existe la posibilidad de plantear los problemas y su necesidad de respuesta a especialistas en distintos campos de investigación que puedan resolverlos a nivel experimental, en estaciones experimentales, laboratorios y/o invernaderos.

Esta fase debe especificar, también, los criterios de evaluación más importantes tanto para los técnicos como para los agricultores.

El nivel de profundización y los recursos que se dediquen a la fase

B, dependerá tanto de las necesidades específicas de información por parte del equipo en cada uno de los aspectos discutidos, como de los recursos disponibles para la investigación.

El o los documentos generados durante esta fase son, por sí mismos, un gran aporte de la investigación al desarrollo del área.

Experimentación exploratoria

Los sistemas de cultivo principales se han identificado en forma general en la fase A. Ahora deben ser conocidos en sus detalles técnicos, para una mejor evaluación e identificación de los aspectos claves a investigar para su mejoramiento. Asimismo, debe saberse cómo calzan en el sistema de finca en el que se practica, cómo interaccionan con el resto de la finca, cuál es su aporte.

Por otra parte, en las visitas de reconocimiento, o en conversaciones con personal clave, irán surgiendo aspectos que, en forma muy obvia, podrían ser modificados en esos sistemas. Tales cambios deberían intentarse desde el principio. Más aún hay experimentación que de cualquier modo será necesaria, por lo que es lógico empezarla lo más temprano posible; esto último corresponde a ensayos de pruebas de variedades o de especies nuevas para el área, que tengan posibilidades tanto agronómicas como de mercado.

Lo que se propone con estos experimentos es que, al final, el equipo tenga más claro cuáles son los aspectos claves a investigar con posibilidades de mejorar el sistema. Observar cómo cuadra en la finca ayuda a definir los criterios de evaluación propios del agricultor, para ese sistema. Probar variedades y especies nuevas en el área, permitirá anticipar la posibilidad de cambios más drásticos al sistema, como es cambiar la especie.

En resumen, lo que se pretende es: identificar mejor las líneas de investigación y los criterios de evaluación apropiados, y adelantar el desarrollo de alternativas tecnológicas apropiadas y adoptables.

Todos estos ensayos deberían hacerse a nivel de fincas de agricultores.

La caracterización y diagnóstico propiamente tal

Paralelamente a la experimentación, y con propósitos similares, se debe perfeccionar la caracterización hecha durante la fase A. Esto puede realizarse mediante encuestas especiales, estudios de seguimiento, y otros estudios especializados. La metodología específica dependerá de los medios y del personal disponibles.

A fin de asignar las responsabilidades respectivas, se sugiere la siguiente división para los estudios de caracterización más detallados.

Aspectos agronómicos y de recursos

Aspectos de protección de cultivos

Aspectos socio-económicos

Aspectos agronómicos y de recursos. El propósito de estos estudios será obtener un entendimiento y una descripción técnica del manejo y otras características del o los sistemas seleccionados como más importantes. Debe incluir una evaluación del sistema y de los recursos de suelo y clima del área, que permita identificar los puntos críticos en manejo, uso de insumos y recursos que puedan estar limitando un mejor comportamiento del sistema. Así mismo, debe sugerir líneas de investigación tanto para modificar el sistema como para reemplazarlo con alguna alternativa más atractiva.

Estos estudios pueden hacerse en forma independiente o en conjunto con otros, mediante encuestas estáticas, estudios de seguimiento en fincas, mediciones directas de rendimiento en fincas durante épocas de cosecha, y/o como complemento a los experimentos exploratorios.

Aspectos de protección de cultivos. Los aspectos de protección de cultivo, aunque pueden considerarse parte de los aspectos de manejo de los sistemas, requieren tratamientos especiales, porque las técnicas de investigación en ellos tienen requisitos diferentes a las de manejo agronómico propiamente tal. Estos estudios pueden incluir desde la identificación y estudio de los ciclos de plagas, enfermedades y malezas de importancia económica, hasta el estudio y análisis de las prácticas de control utilizadas por los agricultores.

Estos estudios deberán ser un complemento a los otros, y de esta manera responder las preguntas específicas que, en aspectos sanitarios, surjan durante el proceso de la fase B.

Las técnicas de estudio pueden incluir, también, desde encuestas hasta experimentos exploratorios y otros estudios especializados.

Aspectos socio-económicos. El objetivo principal de los estudios socio-económicos debe ser perfeccionar la definición y caracterización de la población de agricultores para la que se está trabajando en el área. Debe hacerse un esfuerzo por conocer mejor la actitud y propósitos del agricultor, su mano de obra familiar, y otros recursos, con la idea de identificar criterios para la evaluación de los resultados de la investigación, de acuerdo a los intereses del agricultor. Esto permite acercarse al desarrollo de tecnologías mejoradas que sean atractivas y

posiblemente adoptables por los agricultores.

También pueden ayudar a una descripción del sistema de finca para entender mejor la posición e importancia de los sistemas escogidos dentro de estas fincas, y anticipar el posible impacto, para la finca, de una mejora en los sistemas de cultivo en estudio.

Otra forma en que puede apoyar al resto de la investigación, es identificando los cultivos que se producen en el área exclusivamente para subsistencia. También puede estudiarse lo que llamaríamos la "historia tecnológica del área" o sea, sistemas que eran comunes y han desaparecido. Esto ayuda a que el equipo entienda mejor el potencial de producción y diversificación del área, básico para el diseño de alternativas.

III. Definición de tratamientos para la fase de experimentación

La caracterización de un área y su diagnóstico inicial llevan al equipo de investigación a identificar algunos factores de análisis; el paso siguiente es el ordenamiento de estos factores y su posterior clasificación. En nuestra metodología el análisis de dichos factores esto se puede denominar diseño o propuesta de alternativas, y consiste en definir los tratamientos que se estudiarán y la forma en que se llevará a cabo dicho estudio.

La eficiencia del proceso se relaciona con la capacidad de diseño del equipo. Inicialmente, esta capacidad depende sólo de la experiencia e intuición que cada investigador trae a la situación, pero luego de uno o dos años de trabajo de campo, se desarrollan reglas que permiten priorizar el estudio de los problemas diagnosticados de acuerdo con la información

analizada. Además el conocimiento que se va teniendo de la mecánica de los sistemas de cultivo en estudio va en aumento con el desarrollo de investigación en este tipo de trabajo.

Entre las primeras actividades que debe concretar el equipo están, por un lado, la clasificación de los agricultores en tipos o grupos, y por otro, la formulación de algunas hipótesis sobre los niveles de los factores físicos determinantes. Esto permite subdividir representativamente el área de acción en partes operativas. La base para este trabajo es la información producida por las actividades de caracterización y diagnóstico del área seleccionada.

La elaboración de un listado de los factores que más influyen en el desempeño de los sistemas implica dos actividades básicas:

1. Identificación de los factores.
2. Ordenamiento de estos factores en orden decreciente de influencia.

IDENTIFICACION DE FACTORES

No es fácil identificar los factores que influyen en el desempeño de un sistema. Una forma de hacerlo es tomar la información del diagnóstico, y clasificarla por factores de clima, suelo, factores prácticos, infraestructura del mercado, etc.; pero aún disponiendo de una cantidad grande de información es fácil olvidar uno o más factores importantes.

La forma de asegurarse que todos hayan sido identificados, es construir un modelo cualitativo, en el que se incluyan todos los factores (físicos, bióticos y socio-económicos).

Ejemplo del desarrollo de un modelo cualitativo. Los gráficos que incluye el marco conceptual descrito en el Apéndice 1 pueden servir de guía para

estos modelos. No importa qué tipo de diagrama se use, lo que sí es importante es no dejar fuera de consideración ningún factor significativo. Debe hacerse un modelo por cada tipo de finca importante en la región, otro para la región misma, y uno por cada agroecosistema y sistema de cultivos o animales dentro de las fincas.

Terminados los modelos de los sistemas más importantes de la región, debe ser relativamente fácil hacer un listado de todos los factores que influyen en el desempeño de los sistemas de cultivos (1).

ORDENAMIENTO DE FACTORES

Aunque son muchos los factores que influyen en el desempeño del sistema, no todos lo hacen al mismo nivel. Para determinar el nivel de influencia de cada uno, se sugieren tener en cuenta los siguientes elementos:

1. Los criterios de los agricultores que manejan los sistemas.
2. El diferente manejo de ciertos factores del sistema dentro de la región.
3. La información generada por estudios del mismo sistema realizados en otros lugares y la experiencia de otros técnicos que hayan trabajado con ese sistema o uno similar.
4. Los experimentos de tipo diagnóstico.

1. Criterios del agricultor. El agricultor es una importante fuente de información para identificar los factores que más influyen en

(1) Por información sobre ordenamiento de factores ver Anexo 1 {5, 6, 7, 8, 9 y 10}.

el desempeño de un sistema. Si al hacer la caracterización de la zona de trabajo, se ha hecho una encuesta en la que le ha preguntado al agricultor su opinión sobre los problemas principales asociados con los cultivos, esta información resultará muy valiosa. Además de los problemas identificados, es muy útil tratar de describir el plan de manejo que el agricultor aplica a su sistema. Este puede ser un objetivo para el final del proceso de caracterización, después del primer año de trabajo. Sería útil conocer las bases sobre las cuales el agricultor toma sus decisiones: por ejemplo, cómo decide, cuándo hace una limpia. Esta información destacará la importancia de los factores físicos, biológicos y socio-económicos que influyen más en el desempeño del sistema, pero que generalmente no son considerados como problemas.

2. Diversidad regional. No todos los agricultores de un área trabajan bajo las mismas condiciones. Hay diferencias en tamaño de finca, distancia de la carretera, topografía, etc. Si a un sistema dado se le aplica el mismo plan de manejo en fincas de diferentes tamaños, se puede concluir que el tamaño de la finca no es un factor de mucha influencia. Pero si el mismo sistema es manejado en forma completamente diferente, cuando está en diferentes topografías, es obvio que la topografía es un factor muy influyente en el desempeño del sistema. Identificar los factores que determinan cambios en el manejo del sistema (gradientes de determinantes, en su sentido amplio) es un muy buen recurso para identificar los factores que influyen en la producción, desde luego, esto sólo es posible si en la región hay diferentes niveles de estos factores.

3. Información de otras regiones. En Centroamérica como en muchos otros lugares del mundo, hay gran cantidad de técnicos investigando diferentes sistemas de cultivo. Aunque, indudablemente estas experiencias no pueden transferirse sin tener en cuenta las diferencias entre los ambientes y entre los agricultores, la información de otras regiones sí puede servir de guía en la identificación de los factores que más influyen en el desempeño de un sistema. Esta información puede incluir resultados de experimentos con el mismo sistema o con un sistema similar.

4. Experimentos para diagnóstico. Otra fuente de información para identificar factores son los experimentos de diagnóstico. En el primer año de trabajo con un sistema, además de manejar criterios subjetivos como las opiniones de agricultores y técnicos, es importante empezar algún tipo de investigación con la finalidad de producir criterios objetivos que sirvan de guía en los años siguientes. Los experimentos de tipo diagnóstico pueden combinarse, a veces, con experimentos para evaluar posibles modificaciones en el sistema. La ventaja de utilizar experimentos factoriales para diagnóstico es que, además de identificar los factores que influyen en el desempeño del sistema, permite, a veces, definir la interacción entre ellos. De este modo, es posible visualizar los factores que pueden estudiarse aisladamente y los que deben ser estudiados en conjunto con otros factores. Por ejemplo, si hay interacción entre la variedad y el arreglo espacial de un sistema de cultivos, obviamente, la prueba de variedades tiene que hacerse dentro del sistema; pero si un experimento factorial demuestra que no hay interacción entre estos

factores, se pueden probar las variedades y evaluar los arreglos espaciales en experimentos separados.

CLASIFICACION DE FACTORES

Una vez hecha la lista de los factores que más afectan el desempeño de los sistemas ordenados según su influencia, es preciso clasificarlos. Lo más lógico es hacerlo según criterios relacionados con el tipo de experimentos que se espera hacer.

Se sugiere utilizar el agroecosistema como punto de partida. El agroecosistema tiene la ventaja de ser la unidad que el agricultor maneja (arando, sembrando, limpiando, etc.). Los subsistemas que lo componen son: suelo, malezas, plagas y enfermedades y cultivos (o animales). Además de la investigación en agroecosistemas, deben analizarse y si es posible, investigar los sistemas de mayor y menor jerarquía que los sistemas agrícolas (ejemplo mayor jerarquía: fincas, menor jerarquía: sistemas de cultivo u otros componentes del agroecosistema).

Es posible identificar tipos de investigación para cada nivel de jerarquía. Así:

Nivel de agroecosistema

A. Investigación de componentes

1. Suelo (manejo de nutrientes y agua)
2. Malezas
3. Plagas y enfermedades
4. Cultivos o animales

B. Investigación para evaluar alternativas al sistema del agricultor

1. Comparar o buscar respuestas a cambios en el manejo del

sistema sin cambiar el sistema de cultivos (mantener las variedades y el arreglo espacial y cronológico).

2. Comparar cambios en el sistema de cultivos, sin modificar el manejo de suelos, malezas y plagas y enfermedades.
 3. Comparar cambios en el manejo y en el sistema de cultivos.
- C. Investigación para entender mejor cómo funciona un agroecosistema.
1. Experimentar para identificar puntos de interacción
 2. Analizar la respuesta del sistema del agricultor y/o manejo a la variación ambiental en la zona.

Nivel de sistemas de cultivos o sistemas de animales

- A. Evaluar cambios en:
1. Arreglo espacial (p.e. distancias de siembra)
 2. Arreglo cronológico (p.e. tiempo de siembra)
 3. Componentes (p.e. variedades)
 4. Entradas al sistema (p.e. fertilizantes)
- B Experimentos para identificar puntos de interacción entre A1, A2, A3 y A4.

Nivel de sistema de finca

- A. Estudiar los componentes de la finca (p.e. estudios nutricionales)
- B. Estudiar la finca como sistema (p.e. registro de fincas)

Nivel de área de trabajo

- A. Identificar gradientes que determinen tipos de finca.
- B. Detectar analogías entre áreas y regiones con el objeto de transferir información de una región a otra.

Este esquema de tipos de investigación podría tener utilidad para clasificar los factores que más influyen en el desempeño de los sistemas de cultivo de una región y las relaciones entre ellos, a diferentes niveles.

Capítulo III

EXPERIMENTACION

La investigación en Sistemas de Producción de Cultivos es una actividad sistemática y organizada, mediante la cual y a través de modificaciones en el manejo y/o el arreglo de los cultivos ó cultivares se trata de que el proceso de conversión de recursos en productos se realice de la forma más eficiente.

Generalmente, en un área geográfica dada, existen uno o más sistemas de producción de cultivos. Es necesario, en primer lugar, caracterizar el área y seleccionar uno o más sistemas de producción relevantes, y luego, caracterizarlos. Después de la caracterización del ambiente y del sistema, se puede establecer en forma más clara la relación entre ambos, lo que es el primer paso, o punto de partida, para el desarrollo futuro de alternativas tecnológicas.

Durante el proceso de caracterización del ambiente físico-biológico y socio-económico de una región, se establecen más o menos claramente las posibilidades y limitaciones que ofrece el ambiente para que los sistemas de producción en uso transformen los recursos en productos en forma más eficiente. A su vez, en el proceso de caracterización de los sistemas de cultivos, se establecen, por otra parte, las posibilidades y limitaciones biológicas de los componentes (plantas) y los deseos, aspiraciones y capacidad del operador (agricultor), frente a la disponibilidad de conocimientos tecnológicos. Estos elementos, productos de la caracterización y del diagnóstico, pueden dar lugar a los criterios de evaluación a usarse en la investigación.

Contando, por una parte con las limitaciones, y por otra con las posibilidades, se procede al paso siguiente en la metodología: diseño de

alternativas tecnológicas.

En este proceso de diseño:

1. Se estructura un modelo del sistema que interesa.
2. Se sintetiza y analiza la información disponible para explicar cómo el sistema opera según el ambiente.
3. Se rediseña el sistema, de modo de que opere en forma óptima con respecto a sus objetivos.
4. Se evalúa el comportamiento de este sistema rediseñado para establecer cuán bien satisface los objetivos para los cuales fue rediseñado.

El mejoramiento de un sistema de producción de cultivos implica una modificación del insumo, a fin de que opere en forma más eficiente respecto a una limitante en particular, y por lo tanto, la evaluación del comportamiento del sistema, debe hacerse en relación con esa limitante.

En el proceso de caracterización, esta limitante ha sido seleccionada como la más importante, o al menos como una de las más importantes. La selección de la limitante y el rediseño para ella son los aspectos más importantes en el proceso de desarrollo de tecnología para sistemas de producción de cultivos. En la precisión con que se hagan descansa el futuro de todo el proceso de investigación, adaptación y adopción subsecuente de alternativas tecnológicas. El diagnóstico del investigador debería coincidir con el diagnóstico del agricultor, y el rediseño de los investigadores estar de acuerdo con el agricultor.

I. Rol de los experimentos dentro de la investigación

Dentro del proceso de investigación en sistemas de fincas pequeñas existe el componente de experimentación, que permite probar modelos o hipótesis específicas y aumentar así el conocimiento del sistema. De los experimentos y del uso adecuado de la información, resultan nuevas alternativas de investigación para ser adoptadas por los agricultores.

El análisis del problema lleva a plantear algunas hipótesis, que a su vez determinan, en gran parte, el tipo de experimento que debe realizarse, cuáles tratamientos utilizar, y cuáles variables medir.

A continuación se presentan algunos comentarios sobre el componente de experimentación en la investigación sobre sistemas de producción agrícola. No se incluirán recomendaciones específicas sobre algunas etapas de la experimentación, sobre técnicas experimentales, y sobre el registro de la información generada y su posterior manejo.

TIPOS DE EXPERIMENTOS EN EL PROCESO DE INVESTIGACION

De acuerdo al tipo de hipótesis involucradas y a la precisión requerida, se pueden considerar tres tipos de experimentos. En algunos casos, es difícil decidir a qué tipo corresponde determinado experimento, pero lo que importa no es trazar líneas divisorias sino distinguir diferentes puntos dentro de la escala.

A) Experimentos exploratorios

La calidad de exploratorio la da el tipo de información, que en este caso es preliminar y de poca precisión. El número de repeticiones puede ser bajo, mientras que el número de tratamientos puede ser elevado. Los experimentos exploratorios permiten averiguar qué modificaciones experimenta un material determinado al cambiar uno o varios factores, o cómo se comportan, en general, materiales diferentes, bajo condiciones similares. Un experimento de este tipo es aquel en el cual se utilizan dos niveles de N, dos de P y dos de K, para averiguar si hay deficiencia de alguno de estos nutrimentos, y considerarlo en trabajos posteriores. Un experimento en el cual se prueban variedades de un cultivo para averiguar su adaptación a un ambiente determinado, y que permitirá seleccionar algunas variedades para pruebas posteriores, es también exploratorio. Asimismo, los experimentos en los cuales se compara un número relativamente grande de sistemas, deben considerarse y manejarse como de tipo exploratorio. Los experimentos para probar o comparar técnicas experimentales que van a ser utilizadas en la investigación, por ejemplo, un experimento para determinar el método de siembra del camote que va a incluirse como nuevo cultivo es un sistema, son explorativos con relación a la investigación en proceso.

B) Experimentos Analíticos

En la investigación en sistemas agrícolas se quiere saber cómo funciona el sistema, para esto se recurre, entre otras cosas, a experimentos en los cuales se estudia el comportamiento del sistema al variar algunos

de los factores que lo afectan. En este tipo de experimentos, el énfasis está en averiguar cómo se manifiestan ciertos fenómenos o cómo se relacionan entre sí. Una proporción grande de los experimentos que se van a realizar en la investigación sobre sistemas de producción, serán experimentos analíticos.

Los experimentos analíticos generalmente se ejecutan después de los exploratorios. Con ellos, se intenta evaluar el comportamiento del material bajo prueba, al variar algunos factores que lo afectan. También hay experimentos para comparar tratamientos seleccionados de experimentos exploratorios, con el objeto de dar recomendaciones. En el primer caso, se trata de profundizar en la escogencia de la mejor hipótesis para explicar algún fenómeno; en el segundo, se busca la mejor recomendación o el mejor material; ambos, requieren una precisión que asegure una probabilidad bajo de error (p.e. $p = 0.05$).

Se pueden considerar analíticos los experimentos para averiguar el tiempo de respuesta de un cultivo o un sistema de cultivos a dosis variables de nutrimentos.

Es común que al considerar varios nutrimentos se presente interacción entre estos, así como entre dosis de fertilizantes y densidad de siembra o entre los cultivos en sistemas. Para estudiar la función de respuesta del material a esta clase de factores se hacen experimentos que caen dentro de la denominación de analíticos.

C) Experimentos de validación y ajuste de recomendaciones

Su función principal consiste en verificar o comprobar si algunos resultados obtenidos en determinadas condiciones, se repiten en condiciones

similares, o no muy diferentes. Pueden servir, en algunos casos de pruebas demostrativas para los agricultores y facilitar el proceso de adopción de alternativas deseables. Aquí no es indispensable una alta precisión, pero se requiere escoger adecuadamente la muestra que servirá para hacer inferencias hacia la población.

CLASES DE EXPERIMENTOS EN INVESTIGACION EN SISTEMAS AGRICOLAS

Las diferencias principales entre los experimentos agronómicos tradicionales y los de investigación en sistemas agrícolas están en el tipo de tratamientos utilizados y en el contexto dentro del cual se realizan los experimentos.

En un enfoque de sistemas, los experimentos dependen de los requerimientos de información para conocer mejor o para manejar el sistema. En muchas ocasiones, la clase de experimentos y la secuencia en que se ejecutan, puede basarse en un plan establecido con bastante anticipación, pero puede ocurrir que la información que se va generando indique la necesidad de cambiar el contenido o la secuencia.

A efectos expositivos se han considerado las siguientes clases de experimentos en sistemas de producción agrícola:

- a) Combinaciones de cultivos
- b) Arreglos espaciales de cultivos
- c) Arreglos cronológicos
- d) Nutrición
- e) Protección de plantas
- f) Manejo del suelo

Debe quedar claro que, en la práctica, muchos experimentos pertenecen simultáneamente a varias de las clases mencionadas.

A. Combinaciones de cultivos

En estos experimentos se comparan combinaciones de varios cultivos que pueden variar entre el monocultivo continuo y la asociación continua.

En un experimento para averiguar el comportamiento de combinaciones de cultivos podría partirse, por ejemplo, de cultivos como maíz, frijol, yuca y camote, considerando como un tratamiento a cada una de las combinaciones. Para una siembra podrían formarse 15 tratamientos, (Número total de tratamientos = $N = 2^k - 1$, donde k = número de cultivos) utilizando todos los monocultivos posibles, todas las combinaciones de dos, todas las de tres y la combinación de los cuatro cultivos. Sin embargo, es probable que utilizando información anterior y suposiciones basadas en teorías o leyes conocidas, se considere que no es necesario comparar todas las combinaciones. Consideraciones de tipo práctico también puede ayudar a seleccionar las combinaciones a probar, que siempre deben incluir los monocultivos como base de comparación.

En general, en este tipo de experimentos sólo deberían incluirse cultivos que se adapten al ambiente, y de los cuales se tenga alguna experiencia en el manejo. Incluir cultivos completamente nuevos implica el riesgo de perder algunas parcelas o de obtener información errada o poco confiable proveniente de los cultivos nuevos y de su interacción con los otros cultivos.

La duración del ciclo de cada combinación (sistema) puede variar de acuerdo a los cultivos que la forman; las comparaciones deben hacerse para

un período que abarque por lo menos la duración del cultivo más tardío. Esta duración podría corresponder al año agrícola o abarcar ciclos de más de un año; también, en otros casos, este ciclo podría ser de seis meses o menos (como en sistemas de hortalizas). Lo aconsejable para efectos de comparación es referir todo al año agrícola ya que, por ejemplo hay mayor similitud entre un año y otro que entre el primer y el segundo semestre de un año.

Ya que las distancias de siembra de un cultivo pueden ser diferentes de las de otro, es común que los tamaños de parcela de una combinación sean diferentes de los de otra y que, aún dentro de una combinación, el área cosechada de un cultivo sea diferente de la de otros. Esto debe tenerse en cuenta para expresar los valores observados de algunas variables en una unidad común de área (por ejemplo, kg/ha ó Ton/ha). En la mayoría de los casos la diferencia de las parcelas puede no afectar significativamente la precisión para el análisis de varianza, sin embargo, es recomendable hacer una prueba de homogeneidad de varianzas si la diferencia en áreas es de más del 25%, para decidir si debe hacerse ajustes para el análisis de varianza.

Para este tipo de experimentos se recomienda un diseño simple, como el de Bloques Completos al Azar (BCA); el Diseño Completamente al Azar (CA) no es recomendable, en general, debido a la falta de homogeneidad que es de esperar en fincas de pequeños agricultores.

Es posible analizar por separado, la información para cada cultivo en cada siembra, y sacar conclusiones para cada cultivo. Sin embargo, es más importante considerar el comportamiento de los sistemas durante el año agrícola o el ciclo que se escoja como básico.

Con los cultivos del ejemplo podría suponerse un ciclo de un año

si la yuca se cosecha a los 12 meses. La unidad experimental correspondería a lo obtenido en el año en cada parcela y el tratamiento sería el sistema (combinación) utilizado.

La recomendación anterior hace necesario, en muchos casos, utilizar una variable que reduzca los datos a un término común. No sería muy útil, por ejemplo, comparar o sumar el peso fresco de la cosecha de camote y frijol de una parcela, sin embargo, es muy útil considerar variables como biomasa total, peso seco del producto comestible, proteína total, etc., producidos por la parcela durante el ciclo; también puede considerarse el valor total de la producción, para precios dados de los productos de cada sistema, que permita realizar un análisis económico.

Cuando estos experimentos son de tipo preliminar o exploratorio pueden utilizarse pocas repeticiones, (por ejemplo dos) y es suficiente medir pocas variables, (por ejemplo: rendimientos total y comercial, población inicial y población final) e incluir un número relativamente grande de combinaciones (arreglos o sistemas). Como resultado de estos experimentos se pueden elegir algunas combinaciones para estudiar mejor su comportamiento en experimentos posteriores; es posible que se decida no incluir algunos criterios ensayados antes, por falta de adaptación o por falta de información sobre su manejo.

En los experimentos analíticos se deben considerar las variables de la planta, el suelo y el clima, para ayudar a explicar mejor la respuesta de los sistemas. Si bien las conclusiones que se saque sólo son directamente aplicables a los sistemas probados y para condiciones iguales a las del experimento, las observaciones adicionales y un proceso de razonamiento lógico, deben hacer posible formular hipótesis sobre comportamiento de clases de sistemas similares a algunas de las estudiadas.

B. Arreglos espaciales de cultivos

Después de seleccionar las combinaciones de cultivos más promisorias, quedan por averiguar aspectos relacionados con el arreglo de esos cultivos en el campo y su distribución en el tiempo.

El arreglo espacial determina, en gran parte, la respuesta del sistema, en forma directa, y también por la interacción con factores ambientales y de manejo. Por ejemplo, para monocultivos, al reducirse la distancia entre plantas, partiendo de distancias grandes, aumenta el número de plantas y el rendimiento por unidad de superficie; inicialmente podría esperarse un aumento en rendimiento proporcional a la densidad de población, sin embargo, al reducirse la distancia comienza a presentarse e incrementarse la competencia, que reduce en forma creciente el rendimiento por planta.

Los efectos de competencia por agua y nutrientes son más marcados y comienzan a presentarse a menores densidades en suelos secos y pobres, que en suelos húmedos y fértiles. La competencia por luz, dado un arreglo espacial, puede depender de la época del año y de la arquitectura de las plantas.

Los experimentos sobre arreglos espaciales son importantes como base para continuar el resto de la investigación agrobiológica. Estos experimentos pueden permitir recomendaciones específicas para los sistemas estudiados y, además, permiten sacar algunas conclusiones generales sobre la respuesta que se espera en sistemas con cultivos similares a los estudiados. Por ejemplo, a partir de un experimento con la asociación de maíz con frijol trepador, se puede inferir que esperar cuando se siembra una gramínea de porte alto asociada con una leguminosa trepadora.

Los experimentos podrían incluir variaciones de distancia entre surcos, entre plantas, o ambos; en algunos casos, puede considerarse como otra variante el número de plantas por sitios. Se espera tener información sobre las tendencias de respuesta de algunas variables de interés en cada cultivo o en el sistema, al variar los arreglos espaciales (las distancias o densidades) de ese cultivo o de los otros; esto representaría efectos de competencia intra e interespecífica.

Es posible, midiendo algunas variables del suelo, planta y ambiente, tener información sobre la importancia de la competencia por agua, nutrientes y luz. En muchos casos, puede cuantificarse cada uno de los tres tipos de competencia; con base en esto, pueden hacerse inferencias sobre nuevos arreglos o manejo de algunos de los sistemas ensayados. Esto da origen a hipótesis a probar en experimentos posteriores.

Es común que al sembrar un sistema haya pérdidas de plantas por mala germinación, o por ataque de enfermedades o insectos en etapas tempranas del desarrollo; además, se pierden plantas por daños mecánicos al efectuar las labores de manejo (deshierbas, aporque, raleo, etc.). En este caso, se tendrán arreglos espaciales o poblaciones de plantas que en realidad no corresponden a los planeados; esto se agrava al considerar que al pasar de una repetición a otra, hay diferencias apreciables de población entre parcelas que se supone tienen el mismo tratamiento.

Cualquier conclusión que se saque estará viciada en la medida que cada parcela no represente el tratamiento que se supone representa. Por ejemplo, si en una parcela se pierden cuatro "golpes" de un total de 20, se terminará con un tratamiento diferente al que se planeó; cualquier

ajuste que se haga para "corregir" por población está en contra de la suposición de que existe interacción (que no se conoce) originada por la competencia. Cuando, por ejemplo, se tiene un experimento de fertilización y se pierden plantas, se afecta la precisión de las comparaciones, pero cada tratamiento conserva su esencia; se ha perdido precisión pero, en general, las comparaciones no son viciadas. En un experimento sobre arreglos espaciales, la pérdida de plantas afecta a la esencia del tratamiento mismo en forma aleatoria cuando, por hipótesis, se supone que hay efectos diferenciales debido al arreglo espacial de los cultivos.

En estos experimentos hay muchas posibilidades para considerar, ya que las distancias entre plantas del mismo cultivo son variables continuas, y si se consideran varios cultivos, las combinaciones posibles aumentan, mucho más si se considera la posición relativa de un cultivo con relación al otro o a los otros. Lo lógico entonces es reducir el número de alternativas a probar y escogerlas de modo que se puedan sacar inferencias válidas dentro de un ámbito de interés.

Por otro lado, debe maximizarse la información útil que va a suministrar el experimento, para lo cual se recomienda tener en cuenta, entre otras, las siguientes sugerencias:

1. Utilizar un mayor número de arreglos (distancias entre surcos y entre plantas, por ejemplo), para los cultivos de los cuales se conoce menos al respecto. Por ejemplo, se tiene el sistema maíz camote en una región donde se siembra maíz pero el camote es poco común: se podrían ensayar las combinaciones de dos distancias entre "golpes" de maíz (manteniendo fija la distancia entre surcos) con dos distancias entre surcos y tres distancias entre plantas de camote.

2. Escoger, cuando hay poca información, una gama de variación de distancias relativamente amplia, por ejemplo, de 20 cm a 1 m entre plantas, pero tomando pocas distancias para comparar, por ejemplo, 20, 60 y 100 cm, si se tiene mayor información, debe trabajarse dentro de un ámbito de variación más reducido.
3. Mantener la población de plantas lo más cercana posible a la teórica. Esto puede requerir siembras más densas (por ejemplo más sencillas por "golpe") y mayor cuidado al raleo y otras operaciones. Puede recurrirse a trasplante de material sembrado simultáneamente con el experimento, que se utilizará para reemplazar plantas perdidas.

C. Arreglos cronológicos

Se pueden distinguir dos grupos de experimentos de arreglos cronológicos: a) fechas de siembra, en términos absolutos, para averiguar las más adecuadas para desarrollo y producción del sistema o de los cultivos que lo forman; b) épocas relativas, dentro de un margen determinado, para la siembra de un cultivo con relación al otro, o los otros (asociación, relevo, rotación).

Para sistemas de cultivo en los trópicos, los arreglos cronológicos están relacionados principalmente con la distribución de las lluvias; sin embargo, de un año a otro el patrón de distribución cambia, lo cual impide precisar fechas para siembra o para ejecutar labores en los cultivos. Debe tenerse en cuenta la consideración anterior ya que cualquier inferencia debe hacerse, básicamente, con relación al patrón de distribución de las lluvias.

Antes de diseñar un experimento sobre arreglos cronológicos, debe obtenerse información sobre los requisitos de los cultivos, totales, y para las diferentes fases de crecimiento en cuanto a agua, luz y temperatura. Por otra parte, los patrones de distribución de lluvias, temperatura y radiación en la región, deben servir para escoger diferentes alternativas para probar. Puede, por ejemplo, tenerse un gráfico de distribución de lluvias y superponer a este varios arreglos correspondientes a diferentes opciones de épocas de siembra de los cultivos en los sistemas, como se ilustra en la Figura 3.1.

Generalmente, la cosecha de granos no debe coincidir con los períodos lluviosos, que favorecen el ataque de bacterias y hongos y dificultan la cosecha y secado. Por ejemplo, para el arroz, es importante evitar que la época de cosecha coincida con épocas lluviosas; esta precaución es aplicable con más fuerza al caso del frijol. Otro ejemplo es el caso de la yuca, porque resulta difícil arrancar las raíces después de un período largo de sequía, sobre todo si los suelos no son de textura liviana.

Para algunos cultivos es importante la longitud del día (fotoperíodo); el comportamiento de esos cultivos en diferentes épocas de siembra puede variar apreciablemente por ese factor, y lleva a considerar si deben utilizarse variedades fotoperiódicas.

Con relación a arreglos cronológicos, es común que haya confusión respecto a qué es lo que debe investigarse. Se debe dedicar suficiente tiempo a aclarar los objetivos del trabajo, después de considerar por separado los diferentes elementos del problema. Por ejemplo, debe quedar claro si lo que se quiere averiguar es la posibilidad de obtener rendimientos aceptables (cuando hay poca oferta) al sembrar en una época

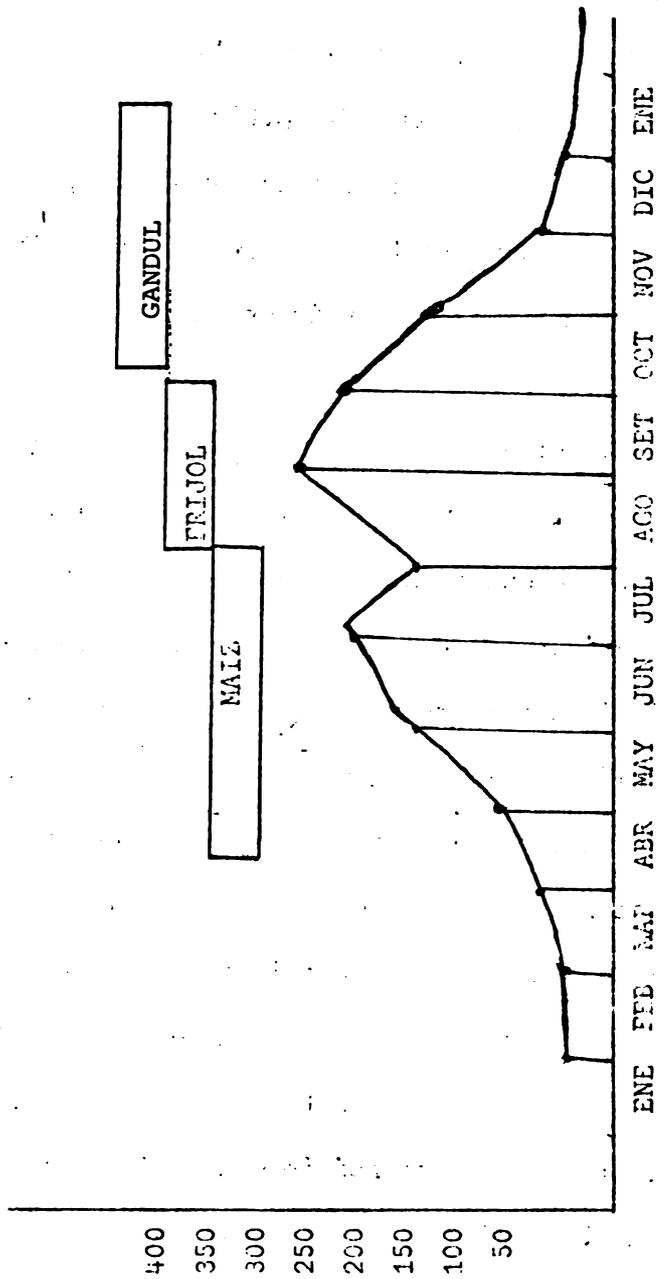


Fig. 3.1. Distribución de lluvias y época de crecimiento de tres cultivos.

determinada, o si se quiere averiguar las épocas de siembra que aseguran una mayor producción del sistema. También debe considerarse si se puede separar el factor distribución de lluvias de otros factores que pueden estar relacionados parcialmente con ésta (p.e. plagas, enfermedades, malezas) o con la longitud del día, temperaturas, estado de crecimiento de otros cultivos, etc.

Una recomendación tentativa de la secuencia de estos trabajos podría ser:

- a) Averiguar si los cultivos pueden sembrarse en la época que se supone es la más adecuada.
- b) Conocer el comportamiento del sistema en diferentes épocas de siembra, y relacionarlo con factores del ambiente.
- c) Conocer el efecto individual y la interacción de varios factores que a través del tiempo inciden sobre el sistema.

La situación expuesta en a) se presenta, por ejemplo, cuando hay interés en incluir algún cultivo nuevo en un sistema o se prueba un sistema en una época diferente de la que es tradicional. El paso b), ayuda a optimizar con relación a época de siembra, considerando el ambiente como algo integral inmodificable. El paso c), permite considerar alternativas de manejo que puedan complementar a los factores no modificables del clima. Por ejemplo, un cultivo no produce buenos rendimientos porque es atacado por una plaga relacionada a su vez con factores climáticos y bióticos, pero cuando no se presenta la plaga o cuando se la combate, los rendimientos son altos. En este caso podría ser recomendable, en un experimento de épocas de siembra, controlar la plaga o comparar tratamientos

con y sin control de plagas.

Cuando en un experimento se siembra el mismo sistema en diferentes épocas (por ejemplo: cada mes, en doce épocas de siembra), se tiene una situación anormal para las parcelas, ya que tienen como vecinas a parcelas que están en diferente estado de crecimiento y pueden influir sobre la población de insectos, malezas o enfermedades. Al no proteger los cultivos, se está permitiendo que influyan, sobre las parcelas de algunos tratamientos, factores que no son los que normalmente incidirían si todas las parcelas se hubieran sembrado en la misma época. En estos casos, podría ser recomendable dar la protección necesaria a los cultivos para saber la respuesta a factores físicos del ambiente. En experimentos posteriores se consideraría el aspecto biótico del ambiente.

Cuando se tienen cultivos asociados puede ser muy importante la fecha de siembra de un cultivo en relación con la fecha de siembra de los otros en la parcela (fecha relativa de siembra). En este caso, lo importante es la competencia entre cultivos. En general, la competencia para un cultivo será mayor cuanto más tarde se siembre con relación a aquellos con los cuales está asociado; esto también depende de las condiciones ambientales (p.e. distribución de lluvias) dentro del lapso en el cual crecen los cultivos.

Las decisiones sobre cómo combinar las fechas relativas dependen de los cultivos involucrados, condiciones ambientales que requieren, tipo de competencia entre los cultivos, manejo que se les va a dar, material genético utilizado.

Cuando se comparan fechas relativas de siembra en una asociación (p.e. fecha de siembra del frijol con relación al maíz) debe evitarse mezclarlo con el efecto de las fechas absolutas. Por ejemplo, podrían

escogerse tratamientos correspondientes a: a) siembra de frijol dos semanas antes del maíz; b) frijol una semana antes; c) frijol simultáneo con maíz; d) frijol una semana después. En el tiempo esto podría quedar así:

Tratamiento	Épocas de siembra (semanas)			
	1	2	3	4
1	F*		M*	
2		F	M	
3			MF	
4			M	F

*F = frijol; M = maíz

En este caso, el maíz se ha sembrado en una sola fecha. El efecto del patrón climático asociado con esa fecha de siembra puede ser muy diferente del que correspondería a la siembra una semana antes o una semana después, por ejemplo, pero no se tiene esa información. Por otro lado, el efecto de las fechas absolutas de siembra de frijol va a confundirse con el de las épocas relativas.

En resumen, se confunde efecto de épocas absolutas (clima, principalmente) con el de épocas relativas (competencia, principalmente). Una alternativa sería agregar tratamientos consistentes en monocultivos de frijol y de maíz, para cada una de las fechas de siembra en que están asociados, que permitan comparar el efecto de competencia (fecha relativa) y separarlo del efecto de clima (fecha absoluta). Existen otras posibilidades que pueden tenerse en cuenta dependiendo de cada situación particular.

D. Nutrición

En general, los experimentos de nutrición permiten averiguar la respuesta de los sistemas al estado de fertilidad de los suelos. Como un paso inicial, se averiguará cuáles son los nutrimentos que limitan la producción del sistema; en etapas posteriores, se trata de averiguar el grado de deficiencia de los nutrimentos (respuesta a la fertilización) y el comportamiento de los sistemas a diferentes combinaciones de niveles de nutrimentos.

Por lo general, en este tipo de experimentos se actúa sobre el suelo, que representa una fuente de entradas al sistema de cultivos a través de adición de nutrimentos o enmiendas; sin embargo, la siembra de leguminosas para fijar nitrógeno, o la práctica de algunas labores que influyen sobre la disponibilidad de los nutrimentos o sobre la capacidad de las raíces para llegar a ellos, afectan el estado nutricional de los sistemas.

La escogencia de los nutrimentos y dosis a ensayar dependerá en gran parte de lo que se conozca sobre el manejo y estado de fertilidad del suelo, así como de los factores que afectan el uso de los nutrimentos por los sistemas (características de los cultivos, distribución de las lluvias. Esto, en muchos casos, permite hacer suposiciones sobre la posibilidad de interacciones entre los nutrimentos, lo cual, a su vez, ayuda a escoger las combinaciones o diseño de los tratamientos.

Cuando se quiere medir interacciones debe utilizarse un número de tratamientos mayor que cuando éstas no existen. Por otra parte, para obtener mayor información sobre respuesta a los nutrimentos puede ser necesario ensayar más niveles y extender el ámbito de variación (separar

los límites). Sin embargo, en experimentos preliminares en un área dada, puede ser suficiente utilizar dos niveles (inferior y superior) para averiguar si el elemento es deficiente. En experimentos analíticos es conveniente, al principio, ensayar dosis superiores a las que podría considerarse recomendables desde el punto de vista económico. En experimentos posteriores, el énfasis debe ser en dosis cercanas a un óptimo económico (que siempre son menores que el máximo biológico). En general, no conviene ensayar muchas dosis que difieran poco entre sí, ni usar límites demasiado espaciados.

Cuando se ignora si existe respuesta a un elemento, conviene utilizar un nivel cero (ausencia del elemento); pero no se justifica cuando se sabe que existe respuesta y se tiene una idea aproximada de la magnitud de la misma para una dosis determinada.

Es preferible utilizar dosis que ayuden a encontrar un nivel óptimo en vez de continuar utilizando niveles extremos para los cuales ya se tiene alguna información.

Para encontrar dosis óptimas pueden hacerse experimentos en secuencia, en los cuales la amplitud entre el máximo y el mínimo se haga menor y tenga como punto medio una dosis cercana a la que se considere óptima. Sin embargo, no debe exagerarse la precisión con la cual se quiere estimar este óptimo. Por ejemplo, no se justifica aspirar a una precisión de 5 kg/ha de N, ya que hay otros factores que pueden hacer variar la respuesta en una magnitud mucho mayor. Es preferible dedicar más esfuerzo a obtener mayor información sobre otros factores, cuyo efecto se hace más importante, cuando los nutrimentos están en niveles cercanos al óptimo.

Quando se quiere averiguar sobre más de un nutrimento debe decidirse cuáles combinaciones deben escogerse. Para esto hay varias alternativas que también pueden utilizarse al estudiar varios factores (variables de tratamiento) correspondientes o variables continuas y aún a variables discretas (ausencia, presencia) y no solamente para experimentos de nutrición vegetal. A continuación se comenta sobre algunos de las alternativas.

1. Escoger todas las combinaciones posibles de las dosis que van a probarse para cada nutrimento; esto da origen a un arreglo factorial completo, que permite obtener información sobre el efecto de cada factor por separado y el efecto de las interacciones. Desde el punto de vista de la cantidad de información, este es un arreglo ideal. El inconveniente está en que el número de tratamientos necesarios puede resultar muy grande. Así, por ejemplo, si se quiere trabajar con 5 factores, cada uno a dos niveles, resultan 32 tratamientos (25); con 3 niveles de cada uno de los cinco factores se necesitarían 243 tratamientos. Por este motivo se recurre a otras opciones.
2. Escoger algunas combinaciones de tratamientos de acuerdo a alguna regla, como por ejemplo:
 - A. Eliminar combinaciones que se consideren de poco interés desde el punto de vista biológico o económico.
 - B. Eliminar combinaciones que no agreguen información, como ocurre con tratamientos correspondientes a diferentes dosis de un elemento con una dosis de otro con el cual no interacciona. Por ejemplo, si se tienen los tratamientos A y B se podría formar con dos niveles de cada uno: A_1B_1 , A_1B_2 , A_2B_1 , A_2B_2 .

Si no existe interacción sería suficiente usar, por ejemplo:

$A_1 B_1$ y $A_2 B_1$ para estimar efecto de A y $A_1 B_2$ con $A_1 B_1$ para estimar efecto de B. En este caso se eliminaría $A_2 B_2$.

3. Utilizar factoriales confundidos y repeticiones fraccionarias.

Los factoriales confundidos permiten formar bloques relativamente homogéneos en el campo, con pocas parcelas, de modo que la variación dentro de bloques se hace más pequeña. Esto se obtiene a cambio de pérdida de precisión en el cálculo de las interacciones que se han confundido; si la confusión es total, no puede estimarse el efecto de éstas.

Algunos diseños permiten tener un número total de parcelas que es una fracción del número de tratamientos que correspondería a un factorial completo. Con estos arreglos de tratamientos se pueden estimar efectos principales de los factores y algunas interacciones. En algunos textos de diseños de experimentos aparecen "planes" que pueden utilizarse en varias situaciones.

4. Considerar un arreglo geométrico de los tratamientos

Se escogen niveles de tratamientos y combinaciones de estos que formen un arreglo geométrico con características específicas. Esto permite calcular funciones de respuesta que incluyen el efecto lineal y cuadrático de los diferentes factores y las interacciones de los efectos lineales. Los llamados diseños "compuestos" o "compuestos rotables" pertenecen a este tipo, así como el San Cristóbal.

E. Protección vegetal

Los trabajos en esta área pueden incluir el estudio de la distribución espacial y temporal de las plagas, los patógenos y las malezas (factores bióticos externos), el estudio de su biología, su efecto sobre los cultivos perjudicados y su modo de control, prevención o reducción del daño.

El papel de la protección vegetal es reducir las pérdidas causadas por organismos perjudiciales a los cultivos, y por lo tanto, depende de la presencia e intensidad del ataque de aquellos. Debe darse la suficiente importancia al conocimiento de las relaciones entre el clima, el tiempo, las condiciones de manejo, el estado de crecimiento de los cultivos y la intensidad de ataque de los organismos perjudiciales.

Los experimentos más comunes están relacionados con el control, y pueden incluir alguna, o varias, de las siguientes alternativas:

- a) Prueba de productos (clase de ingrediente activo, concentración)
- b) Determinación de dosis efectivas
- c) Determinación de épocas y frecuencia de aplicación
- d) Determinación de formas de aplicación
- e) Prácticas de manejo de los cultivos

Algunas veces es necesario determinar niveles de infestación o daño a los sistemas de cultivos en experimentos que no tienen como finalidad el control de los organismos perjudiciales. Por ejemplo, en evaluación de variedades de cultivos, o comparación de épocas de siembra de una asociación.

Deben tenerse en cuenta algunas consideraciones de orden práctico entre las cuales puede citarse:

a) Solo tienen éxito estos experimentos cuando hay un nivel de infestación capaz de producir pérdidas de importancia en las cosechas. Cuando no se presenta infestación apreciable, los daños son muy bajos o prácticamente nulos, y no es posible detectar diferencias entre tratamientos. Además, si no existe un testigo absoluto (sin control) se podría llegar a la falsa conclusión de que todos los tratamientos fueron muy efectivos.

En algunos casos es posible producir infestaciones artificiales, o incrementar la intensidad de infestación, sembrando variedades susceptibles en los bordes.

b) Debe considerarse que los insectos y microorganismos pueden moverse de una a otra parcela y causar infestaciones secundarias. Por ejemplo, los insectos de una parcela sin control de plagas pueden moverse a una parcela vecina y producir un ataque más intenso que el que se tendría si la parcela no hubiese recibido ningún control. Esto podría ocurrir en casos en los cuales el efecto residual del insecticida o fungicida es de corta duración. Es recomendable el uso de bordes suficientemente anchos en cada parcela y diseño experimental adecuado para reducir este efecto.

c) La distribución espacial de los insectos, malezas y microorganismos no es uniforme (ocurre "por parches"), lo que causa diferente nivel de infestación natural en las parcelas y reduce la información sobre efecto de los tratamientos y la precisión del experimento en general. En algunos casos es posible medir el grado de infestación antes de aplicar los tratamientos y utilizar esta variable para ajustar los cálculos con un análisis de covarianza. La infestación artificial

también puede considerarse para hacer más uniforme la distribución.

- d) Al aplicar productos químicos en experimentos para comparar formas de control debe tenerse el cuidado de evitar que los productos aplicados en una parcela lleguen a otra. El viento puede desplazar los productos químicos y confundir los resultados del experimento, porque algunas parcelas estarían recibiendo tratamientos diferentes de los supuestos, debido a la contaminación.

Igual que para b), se hace conveniente dejar en las parcelas bordes más grandes de los comunes para pruebas de variedades o de fertilización.

- e) Las distribuciones de probabilidad de las poblaciones de insectos, microorganismos y malezas por lo general no siguen una Distribución Normal de Probabilidades. Es necesario transformar los datos para obtener una distribución Normal, que permita aplicar las pruebas de hipótesis generalmente asociadas con el análisis de varianza. Cuando se cuenta o calcula número de microorganismos (X), en muchos casos es satisfactoria una transformación a una variable (Y) correspondiente al logaritmo de X ($Y = \log. X$). Para otras especies de insectos, así como para malezas puede ser preferible tomar $Y = \sqrt{X}$ ó $Y = \sqrt{1 + X}$, ó $Y = \sqrt{1/2 + X}$ donde X es el valor original. Cuando los datos se expresan en % (por ejemplo: X = % de plantas infestadas) es recomendable transformar los datos tomando $Y = \text{arc. sin } \sqrt{X}$, especialmente cuando hay gran variabilidad entre estos y si están cercanos a 0% a 100%.

F. Manejo

Las clases de experimentos antes mencionadas dan información sobre

la adaptación de algunos sistemas a determinados ambientes, sobre el estado nutricional de los suelos y requerimientos de los sistemas, así como sobre los factores bióticos externos que tienden a reducir los rendimientos del sistema (plagas, enfermedades y malezas), sobre los factores que inciden en la magnitud del ataque o del daño, y sobre las posibles formas de reducir o eliminar ese daño.

En los experimentos sobre manejo, generalmente se comparan prácticas o labores ejecutadas sobre el suelo o los cultivos, en respuesta a factores modificables o no modificables, basadas en lo que se ha podido averiguar en los otros tipos de experimentos; sin embargo, es común que se realicen estos experimentos sin adecuado conocimiento del comportamiento del sistema a factores ambientales o a los que pueden regularse por el agricultor. Pueden incluir tratamientos utilizados en otras clases de agricultor. Pueden incluir tratamientos utilizados en experimentos correspondientes a prácticas o labores que realiza el agricultor o alternativas que se consideren promisorias.

Los experimentos más comunes de manejo se hacen para averiguar respuesta a tratamientos en que varían factores modificables que influyen sobre el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, fertilidad del suelo, ataque de plagas, enfermedades, malezas y competencia entre cultivos.

En muchos casos se requiere considerar más de un factor en cada experimento, teniendo en cuenta que la interacción entre estos puede ser importante. Se puede tener, por ejemplo, un experimento en el cual se comparan combinaciones de varias formas de preparación (laboreo) del suelo antes de la siembra y aplicación de herbicidas. Vale la pena tener en cuenta que un tratamiento (p.e. laboreo) puede influir sobre varios

factores (humedad del suelo, insectos, malezas, etc.) que a su vez inciden sobre la respuesta del sistema.

los diseños experimentales y los tratamientos que deban utilizarse dependerán de los objetivos del trabajo. Se recomienda utilizar el diseño más simple que sea factible, teniendo en cuenta la naturaleza de los tratamientos (puede ser necesario utilizar parcelas divididas o subdivididas).

La escogencia de los tratamientos puede presentar dificultad ya que en muchos casos se debe escoger entre un número elevado. Además de arreglos factoriales o sus variantes, pueden considerarse otros criterios para seleccionar tratamientos, entre los cuales se mencionarán: el "método del factor faltante" el "método de la resta acumulada", y el "método del factor adicional", que son aplicables a experimentos en fincas de agricultores y pueden recomendarse principalmente en experimentos exploratorios o en los de validación. Existen otras posibilidades recomendables en casos específicos.

1. Método del factor faltante: Se parte de un tratamiento con los factores a probar en sus niveles altos (p.e. recomendados); los demás se forman restando (poniendo en su nivel bajo o estado "no recomendado") un factor diferente cada vez. Si se consideran 4 factores, se parte del tratamiento que tiene los cuatro factores en sus niveles altos (o recomendados) y se obtiene:

No.	Tratamiento
1	R (el recomendado)
2	R-A (el recomendado menos el factor A)
3	R-B (el recomendado menos el factor B)
4	R-C (el recomendado menos el factor C)
5	R-D (el recomendado menos el factor D)

Este tipo de experimentos es adecuado para pruebas de validación y ajuste de tecnologías y se pueden utilizar cuando se ha llegado a recomendaciones para un sistema y se quieren hacer ajustes en busca de alternativas más económicas o más prácticas.

Si por ejemplo, el tratamiento R-B, produjo resultados esencialmente similares al tratamiento R, se podría recomendar R-B si es menos costoso. Si ocurre que R-B y R-C dieron diferencias significativas con relación a R, existe aún la duda sobre que pasaría si se utilizara una tecnología en que a R se le resta B y C simultáneamente. El efecto de B y C podría ser aditivo o podría existir algún tipo de interacción de la cual no se obtiene información.

Esta forma de elegir los tratamientos sería adecuada y sin riesgos de conclusiones erradas cuando se estudian factores que no interaccionan.

Es conveniente, y a veces indispensable, utilizar un tratamiento que corresponda al manejo del agricultor, el cual en muchos casos podría corresponder al recomendado ("en prueba") menos los demás factores. (En realidad, debe entenderse que los factores no se restan sino que se "consideran", "usan" o "aplican" en su nivel más bajo o "básico").

2. Método de la resta acumulada. En este caso los tratamientos se forman partiendo del tratamiento con los niveles o alternativas recomendadas que se van a estudiar (p.e. que representen un cambio con relación al sistema del agricultor); los demás tratamientos corresponden a alternativas en que se van restando las opciones recomendadas, de modo que al final se llegue a un tratamiento que corresponde al del agricultor o a uno básico.

Para cuatro factores en consideración se tendría, por ejemplo:

- 1 - R (recomendado)
- 2 - R-A
- 3 - R-A-B
- 4 - R-A-B-C
- 5 - R-A-B-C-D (básico)

En este tipo de experimento la información obtenida depende del orden en que se consideren los factores a restar. Esta escogencia puede a su vez depender, entre otras, de consideraciones socio-económicas o agronómicas.

Al considerar la posibilidad de reducción de costos de producción con relación a una tecnología recomendada, podría (para formar los tratamientos) ordenarse los factores de acuerdo a su costo y eliminar primero aquel que es más costoso; este proceso se continúa eliminando cada vez el más costoso de los restantes factores.

Al considerar aspectos agronómicos (rendimiento, por ejemplo) debe tenerse en cuenta que si se comienza el factor que más afecta los rendimientos, los tratamientos a continuación podrían no expresarse en forma adecuada. Por ejemplo: supóngase que al utilizar el factor A en su nivel mínimo o base ("eliminar A" = R-A) se produce una reducción en los

rendimientos del 50%, con relación al recomendado ("R") y que al eliminar A y B (R-A-B) la reducción llegue a 55%. Podría ocurrir que, en realidad, el efecto de B sea mucho mayor que el 5%, pero que no se expresa adecuadamente debido que existe interacción entre A y B, y a que ya se ha producido una reducción fuerte por ausencia de A. Sería recomendable, entonces, adoptar la alternativa de formar los tratamientos eliminando primero aquellos factores que se cree afectan menos los rendimientos.

3. Método del factor adicional. Otra alternativa consiste en partir de un tratamiento con los niveles bajos de insumos o tecnología (o ausencia de insumos) y formar los otros tratamientos con la adición de un insumo a la vez. Por ejemplo: Testigo (T = nivel bajo o tecnología del agricultor), T + A, T + B, T + C. Ejemplo: se quiere averiguar el efecto de la aplicación de N, P, K, y uso de una variedad mejorada a la tecnología del agricultor. Los tratamientos serían:

1. Tecnología del agricultor (T)
2. Tecnología del agricultor + N
3. Tecnología del agricultor + P
4. Tecnología del agricultor + K
5. Tecnología del agricultor + Variedad mejorada

Podría considerarse también incluir un sexto tratamiento que corresponda a:

6. Tecnología del agricultor + Variedad mejorada + N + P + K, para tener información sobre el potencial de un sistema con todas las innovaciones.

Si se compara, por ejemplo, el tratamiento 1 con el 2 se tiene una estimación del efecto del N; al comparar el 1 con el 5 se tiene una

estimación del efecto de cambiar la variedad. Aquí tampoco se pueden medir las interacciones. Por ejemplo, no se podría saber si la respuesta a N con la variedad mejorada es igual a la suma del efecto del N y de la variedad mejorada por separado. A pesar de esta limitación es posible averiguar sobre la importancia de los factores que se incluyen en el experimento.

Al incluir el tratamiento completo (6) es posible estimar el efecto conjunto de los elementos que faltan en un tratamiento en comparación con el completo.

Otra alternativa para formar tratamientos sería agregando cada vez un nuevo factor p.e. T, T + A, T + A + B, etc. donde el primer factor que se agrega debería ser el que se considera más importante. Puede ser útil en experimentos exploratorios de prueba de tecnologías.

Puede tenerse un experimento que incluya los tratamientos que se utilizarían por el método del "elemento faltante" y los del "elemento adicional". El método del "elemento adicional" permite una primera aproximación cuando se van a iniciar trabajos en un área o con un sistema poco estudiado o conocido. El método del "elemento faltante" podría ser útil cuando se quieren hacer ajustes de recomendaciones existentes adaptadas de otra área o cuando las prácticas recomendadas son difíciles de aplicar o pueden resultar de una retribución económica dudosa.

II. Técnicas experimentales de campo

A) Tamaño, forma y orientación de las parcelas

Las parcelas en fincas de agricultores deben ser pequeñas debido

al poco terreno disponible, sin embargo, no deben tenerse parcelas de menos de diez metros cuadrados y pueden considerarse como satisfactorias parcelas útiles de 20 m^2 .

Para experimentos en campos de agricultores hay gradientes determinadas por la posición en una pendiente, por variación en la pendiente, distancia a un canal, a una carretera o camino, profundidad variable de capas impermeables o del nivel freático, etc.

Si en el terreno existe alguna gradiente (p.e. fertilidad) las parcelas deben ser largas y angostas orientadas con su eje más largo en el sentido de la gradiente; de modo que cada parcela participa de los diferentes niveles de la gradiente pero no hay diferencia apreciable entre parcelas dentro de bloques, como se muestra en la Figura 3.2.

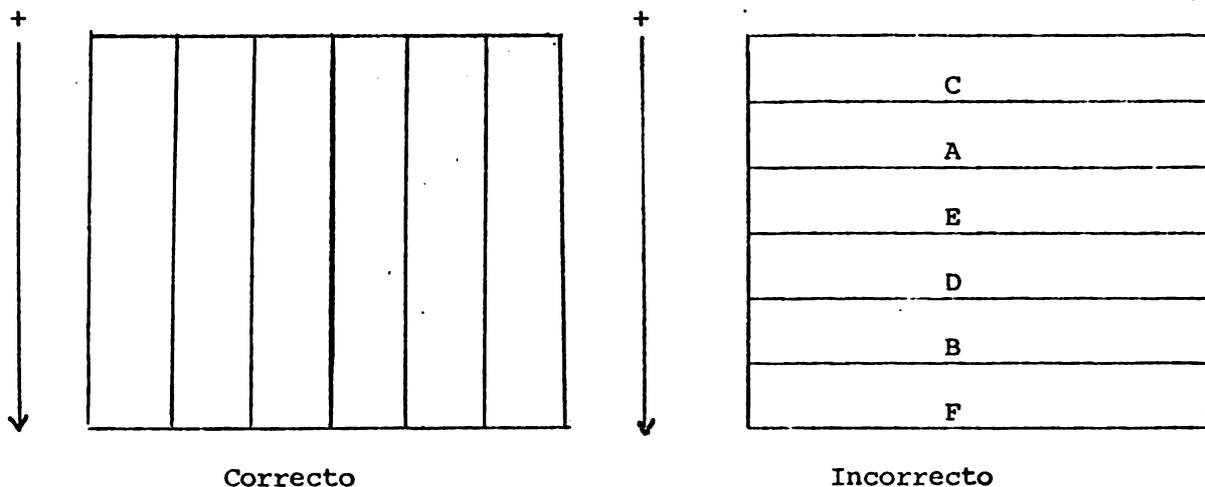


Figura 3.2. Orientación de las parcelas en una gradiente.

Más importante que la forma de las parcelas es su orientación. Por otra parte, si el terreno es homogéneo la forma y orientación de las parcelas no es importante. Sin embargo, es poco probable tener terrenos homogéneos en fincas de agricultores de escasos recursos.

B) Número de tratamientos y repeticiones

El número de tratamientos en fincas de agricultores debe mantenerse bajo por escasez del área disponible, y para facilitar el manejo. Se considera como conveniente un número de tratamientos para experimentos analíticos entre 5 y 10; no debería ser inferior a 3 ni superior a 20. En el caso de pruebas preliminares de variedades, podría llegar a 25, pero con dos o tres repeticiones y parcelas más pequeñas.

El número de repeticiones en un experimento depende de la magnitud mínima de las diferencias entre tratamientos que se quiere detectar como significativa; de la precisión típica del experimento (varianza o coeficiente de variación), y de la probabilidad de error que se quiere usar. Si se pueden cuantificar estos factores, la siguiente fórmula sirve como guía para decidir sobre un número adecuado de repeticiones.

$$r > \frac{(t_1 + t_2)^2 \cdot C^2}{d^2}$$

donde:

r = número de repeticiones

C = coeficiente de variación de experimentos similares en el área.

d = diferencias entre promedios de tratamientos que se desea detectar, como un porcentaje del promedio del experimento.

t_1 = valor de t de las tablas para el nivel de significancia escogido (probabilidad de error tipo I) y grados de libertad correspondiente al error.

t = valor de t de las tablas para $2(1-P)$ donde P es la probabilidad de

detectar diferencias significativas cuando realmente existen.

Una fórmula aproximada es:

$$r \geq 10 \left(\frac{C}{d} \right)^2 = 10 \frac{C^2}{d^2}$$

Es frecuente que no se conozcan los valores de C en un área dada, o que el investigador tenga dificultad en escoger un valor de d adecuado. Por este motivo las fórmulas anteriores son utilizadas con poca frecuencia y se recurre, para generalizar, a prescribir un número estándar de repeticiones. Es recomendable hacer el esfuerzo por conocer los coeficientes de variación y sobre todo poder decidir cuál valor de d puede considerarse como satisfactorio.

No hay mucha información experimental para hacer recomendaciones de tamaño de parcela para combinaciones de cultivos en áreas específicas. Al tener cultivos asociados se recomienda escoger el tamaño de parcela calculado para el cultivo que requiere mayor área. En algunos casos se recomienda un tamaño de parcela intermedio, reduciendo la precisión requerida para el cultivo que necesitaría la mayor área.

Cada experimento en fincas de agricultores debería tener más repeticiones que las que se considerarían adecuadas en una Estación Experimental, para lograr una precisión determinada en las comparaciones de promedios, debido a que generalmente el campo del agricultor es más heterogéneo y la precisión es menor por unidad experimental. En experimentos analíticos o de validación, se recomienda usar por lo menos seis repeticiones, que pueden repartirse en varias fincas. Se podría, por ejemplo, tener 1 repetición cada una de seis fincas ó 2 repeticiones en cada una de tres fincas, lo cual permitiría alguna conclusión para cada finca y, además, comparar fincas y sacar conclusiones para el área de la cual las fincas son representativas. Con un diseño de Bloques

Completos al Azar se tendría la siguiente tabla de Análisis de Varianza general:

<u>F. de V.</u>	<u>G.L.</u>	
Fincas	$f - 1$	r_i = número de repeticiones en la finca i ;
Rep./Fincas	$\Sigma(r_i - 1)$	t = número de tratamientos;
Tratamientos	$t - a$	f = número de fincas.
Error	$(\Sigma r_i - 1) \cdot (t - 1)$	

Para cada finca se tendrá:

<u>F. de V.</u>	<u>G.L.</u>	
Repeticiones	$r_i - 1$	r_i = número de repeticiones en la finca i ;
Tratamientos	$t - 1$	t = número de tratamientos
Error	$(r_i - 1) (t - 1)$	

C. Area de parcela efectiva

Se supone que una planta ocupa espacio aéreo y en el suelo. El espacio que ocupa cada planta depende de su capacidad de desarrollo (factor genético), del suelo, factores ambientales y proximidad de otras plantas.

En un cultivo normal, puro o asociado, las plantas están sometidas a efectos de competencia; esa es una condición aceptable, pues el efecto perjudicial de la competencia se compensa con creces por el aumento en el número de plantas por unidad de aérea, lo que hace que, por ejemplo, la biomasa total o el rendimiento sean mayores que en condiciones de menos competencia.

Por lo general, en las condiciones en que se siembran los experimentos con monocultivos hay un grado intermedio de competencia entre plantas. En algunos trabajos de selección genética, sin embargo, se acostumbra sembrar a distancias tales que el efecto de competencia es muy bajo.

En parcelas experimentales con monocultivos puede considerarse que el área ocupada por una planta competitiva tiene por límite la mitad de la distancia entre ésta y las plantas vecinas más cercanas.

En las Figuras 3.3 y 3.4 se presentan dos ejemplos de disposición de plantas en una parcela y se señala con líneas punteadas el área teóricamente ocupada por cada planta.

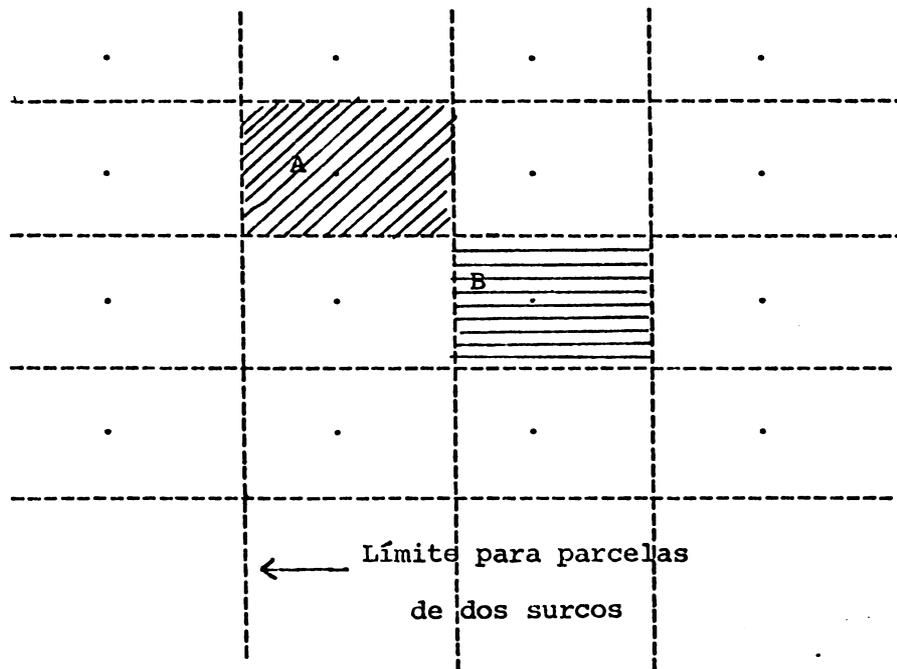


Fig 3.3. Área ocupada por la planta A (líneas oblicuas) y por la planta B (rayado horizontal). Plantas en cuadro.

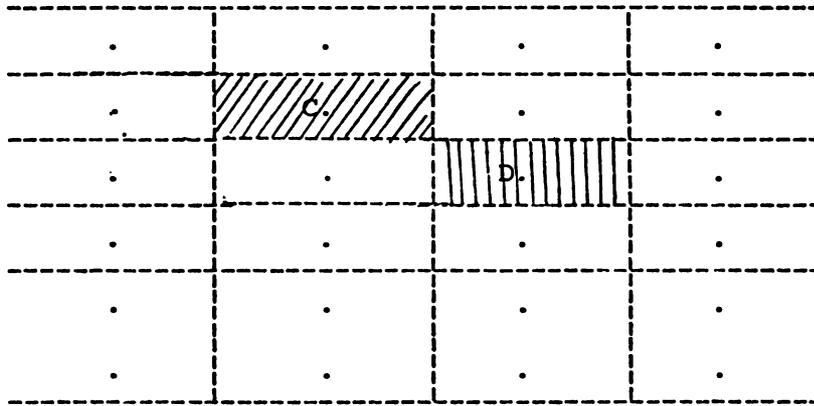


Fig. 3.4. Area ocupada por la planta C (líneas oblicuas) y por la planta D (líneas verticales). Plantas en arreglo rectangular.

En experimentos con cultivos intercalados generalmente se considera por separado la densidad de cada cultivo y es común utilizar para cada uno, densidades iguales a las que se utilizan en monocultivos. La competencia, por supuesto, es mayor que la que se presenta en monocultivos ya que efectivamente hay una mayor densidad de plantas.

En algunos casos puede ocurrir que se tengan parcelas efectivas para un cultivo, diferentes de las del cultivo asociado en la misma parcela experimental. Esto no plantea problema de análisis si los rendimientos, por ejemplo, se reducen a la misma unidad de área. Sin embargo, es preferible tener parcelas efectivas de igual tamaño para ambos cultivos.

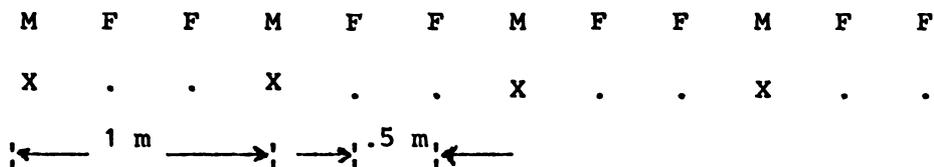
Por ejemplo, se tiene una asociación maíz + yuca en la cual las plantas de yuca están sembradas a una densidad de 10000 plantas/ha (1 m en cuadro) y los de maíz a 40000 plantas/ha (1m entre surcos y 50 cm entre golpes de 2 plantas c/u) como se esquematiza en la Figura 3.5.

Se puede suponer que la parcela efectiva está formada por los surcos 3, 4, 5 y 6 (dos de yuca y dos de maíz) que representan la proporción correcta, (si se tomasen sólo los surcos 3, 4 y 5 se tendría el doble de surcos de yuca que de maíz). Haciendo caso omiso del efecto de la yuca se tendría que el límite de ancho efectivo de la parcela de maíz coincide con los surcos de yuca 3 y 7. El límite para la parcela de yuca coincide con los surcos 2 y 6, de maíz. En ambos casos el ancho de parcela es de dos metros. Para delimitar la parcela del cultivo asociado puede suponerse también que el límite izquierdo de la parcela está en un punto intermedio entre los surcos 2 y 3; por la derecha está entre los surcos 6 y 7. En ambas formas queda claro que se van a considerar como parte de la parcela efectiva los surcos 3 y 5 de yuca y los surcos 4 y 6 de maíz.

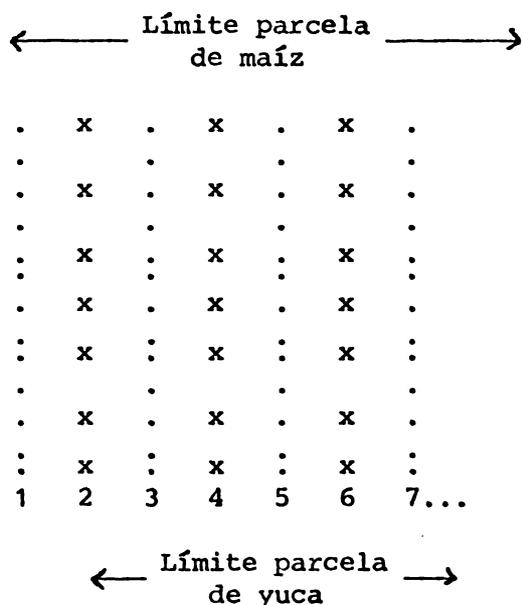
La importancia de determinar los límites correctos y la superficie de cada parcela efectiva es más notoria cuando los tratamientos a probar incluyen diferentes distancias o diferentes arreglos de los surcos. Si se mide incorrectamente el área de las parcelas las comparaciones entre tratamientos resultarán viciadas.

En el ejemplo anterior puede considerarse como la unidad básica de asociación a cada par de surcos adyacentes (en este caso uno de maíz y uno de yuca) con los límites definidos. En forma estricta el problema radica en que es difícil decidir cuál debe considerarse como el área de influencia de un cultivo cuando está sembrado en surcos alternos con otro; en este caso se tomó como límite el punto de la distancia entre los surcos exteriores de la unidad y los surcos adyacentes a cada lado de la unidad básica.

Si se supone un arreglo de maíz sembrado a 1 metro entre surcos con 2 surcos de frijol intercalado (a 50 cm entre surcos de frijol y a 25 cm de cada surco de maíz) se tendría la siguiente alternación en el orden de los surcos:



En este caso, cada unidad básica está formada por el arreglo simétrico FMF, cuyos límites corresponden a la distancia media, a izquierda y derecha, entre el surco de frijol de la unidad y el surco de frijol adyacente, como se muestra en la Figura 3.5. La parcela útil puede estar formada por una o más unidades básicas.



D. Elección de sitios para experimentos

Los sitios experimentales deben formar una muestra representativa del área a la cual se quieren extender las conclusiones. Si existe en el área alguna gradiente identificable cuyo efecto se quiera estudiar pueden escogerse los sitios de modo que se tengan puntos representativos de diferentes valores de la gradiente.

Para determinar representatividad de un sitio con relación a un área pueden considerarse factores de clima y suelo. Los primeros se espera que tengan poco cambio de un lugar a otro dentro de un área de trabajo; además, por lo general no existe la información adecuada para los lugares que permita establecer esas diferencias si existen. Los factores del suelo se espera que varíen de un sitio a otro dentro de un área de acuerdo a gradientes o por cambios bruscos.

A. Clima

1. Precipitación considerada en términos de cantidad (mm) anual y distribución a través del año, o mejor aún, dentro del ciclo de los sistemas de cultivos. La distribución es más importante que la cantidad total. Pueden presentarse variaciones apreciables de distribución de las lluvias entre puntos no muy distantes, aún cuando no estén separados por barreras físicas visibles.
2. Temperatura media (relacionada generalmente con altura sobre el nivel del mar) varía poco a través del año en el trópico. Para algunos puede ser importante la diferencia entre máxima y mínima diaria. Esta diferencia puede variar apreciablemente con la época de año en algunas zonas.
3. Radiación solar que depende en parte de la latitud, época de año (largo del día) y nubosidad en, general. Es importante para algunos

cultivos, y debe tenerse en cuenta al diseñar sistemas que consistan en combinaciones de cultivos. También puede ser importante para cultivos fotoperiódicos.

4. Humedad relativa y vientos dominantes son factores importantes solo cuando en el área llegan a valores extremos críticos.

B. Suelo

1. Relieve. Se refiere a la variación en las pendientes que producen irregularidades en el terreno (lomas, llanos, hondonadas).
2. Pendiente. Se refiere a la inclinación de la superficie del suelo con relación a la horizontal. Debe tenerse en cuenta que esta inclinación es una variable de por sí; además, es importante la posición del lote experimental en la pendiente (parte alta, media o baja).
3. Profundidad del suelo, considerada como espesor de la capa superior. Puede depender de la inclinación de la pendiente y de la posición a lo largo de ésta en terrenos inclinados; influyen además procesos erosivos, de formación y de manejo del suelo.
4. Manejo anterior, que afecta condiciones químicas, biológicas y físicas del suelo, que a su vez afectarán el comportamiento de los sistemas que se desarrollen en el sitio.

En general, los sitios para los experimentos deben corresponder a un conjunto de condiciones identificadas que se presenten con una probabilidad relativamente alta. Algunas de esas condiciones, como el clima, cambian en forma impredecible de un año a otro, mientras que otros varían en el espacio pero son relativamente constantes en el tiempo, como ocurre con topografía y suelos.

Después que se ha decidido trabajar en un área a la cual se van a extender las recomendaciones resultantes de la investigación o la validez de los resultados obtenidos es necesario escoger sitios que formen una muestra representativa de esa área.

Se pueden mencionar por lo menos dos formas para escoger los sitios:

a) seleccionar los sitios al azar, b) escoger los sitios en forma sistemática.

La primera alternativa tiene muchas ventajas desde el punto de vista de validez de los resultados "a la larga" pero requiere condiciones que generalmente no pueden lograrse satisfactoriamente en este tipo de investigación. Algunas de esas condiciones serían: contar con mapas detallados, o una lista de fincas en el área; tomar una muestra de un tamaño determinado para aspirar a una precisión adecuada (generalmente el número de sitios debería ser bastante mayor que el que se puede manejar). Desde el punto de vista operativo pueden resultar seleccionados sitios de difícil acceso.

Otra alternativa es escoger sitios de modo que representen algunas combinaciones de condiciones típicas del área para trabajos cuyo objetivo es buscar alternativas mejores para los sistemas de cultivos en el área. Para estudios sobre respuesta de los sistemas a variaciones en algunas determinantes (que sería importante para extrapolación) se deben escoger los sitios de modo que representen diferentes valores dentro de la gradiente. Esto sugiere entonces la posibilidad de estratificar el área en subáreas homogéneas para tomar sitios representativos de cada área.

Las características deseables que deben tener los sitios experimentales son:

1. Facilidad de acceso desde el punto de ingreso al área o de la base de operaciones en el área (distancia, estado de las vías).
2. Localización con relación a otros sitios escogidos en el área. Los sitios escogidos no deben estar muy dispersos, en términos de tiempo para llegar de uno a otro. Podrían formar una red o estar a lo largo de una línea que corresponda a una gradiente también.
3. Localizados en fincas de pequeños agricultores que estén interesados en ese trabajo y que muestren disposición a cooperar. Por ejemplo, que puedan colaborar en selección de alternativas a probar y en el manejo y cuidado del experimento.
4. Estar localizados por lo menos a 100 metros de carreteras pavimentadas o por lo menos a 50 metros de caminos de tierra transitables por automotores y por lo menos a 20 metros de otros caminos comunales

Debe tenerse en cuenta la probabilidad de concluir los experimentos en forma satisfactoria. Esto depende, además de las condiciones del suelo y clima, del control que se tenga sobre otras variables que afectan el experimento, el cual a su vez depende del cuidado que le dé el grupo de investigación, y de la acertada cooperación del agricultor.

Es importante escoger sitios donde se pueda asegurar visitas frecuentes de los técnicos y/o ayudantes.

E. Escogencia de variables para analizar

Los objetivos de la investigación deben ser los que determinen las variables que deben medirse en un experimento. Sólo se darán aquí algunas pautas para escoger las variables y se indicarán algunas que deberían considerarse en cualquier experimento en fincas de agricultores o en una estación experimental.

A medida que aumenta el número de variables medidas, aumenta la capacidad potencial de obtener información para explicar el comportamiento del material, sin embargo, en muchos casos, la información adicional suministrada por algunas variables no justifica el esfuerzo de medirlas y analizarlas; además, al incluir más variables se puede introducir confusión si no aumenta la capacidad para procesarlas y analizarlas, por separado y en conjunto con las otras variables.

Como primera opción debe considerarse la medida de rendimientos de los cultivos, no sólo por la importancia para recomendaciones de tipo práctico sino porque representan la canalización de la acción de muchos factores afectados por los tratamientos.

En los casos en que sea importante determinar rendimiento pero no sea posible medirlo, debe utilizarse una medida que presente alta correlación con éste. Sin embargo, cuando puede medirse el rendimiento, no deberían medirse variables que estén estrechamente correlacionadas con éste porque no se está ganando nueva información.

En muchos casos es indispensable registrar variables que sirvan para hacer ajustes a datos de rendimientos actuales de las parcelas. Entre esas se puede citar: "Población" o "Número de plantas por parcela", "Número de plantas cosechadas", "Número de tubérculos", "Número de mazorcas", etc.

Otras variables sirven para clasificar el producto en categorías como por ejemplo: "Número de mazorcas sanas" o "Peso de granos dañados" o "Peso del producto comercial"; en otros casos se agrupa el producto en categorías excluyentes de acuerdo a criterios no muy objetivos, por ejemplo, la producción de camote puede separarse en categorías 1a, 2a, 3a y desecho. La utilidad de estas variables depende del tipo de estudio que se haga. Si, por ejemplo, se quiere tener información sobre la capacidad de producción de un cultivo no será indispensable tomar datos sobre calidad comercial; pero será recomendable si se va a hacer un análisis económico para comparar variedades o tratamientos que se espera puedan hacer variar el tipo del producto y a cada calidad corresponde diferente precio.

A continuación se mencionan algunos criterios que deberán considerarse al escoger las variables que van a medirse. Para cada ejemplo se supone que las condiciones no mencionadas se mantienen constantes. Se presentan alternativas correspondientes a situaciones que no siempre ocurren por separado.

1. Debe medirse la variable en la que directamente estamos interesados, siempre que sea práctico. Como alternativa, deben considerarse la(s) variable(s) que puede(n) medirse con facilidad y permite(n) estimar el valor de la variable en que estamos más interesados. Por ejemplo; alguien puede estar interesado en peso seco de la cosecha de frijol de una parcela para lo cual se registra: 1) el peso a la humedad de campo, 2) el % humedad de una muestra. Los valores obtenidos permiten calcular el peso seco de la cosecha o el peso para una humedad estandar.

En otros casos, conociendo la función de regresión que relaciona a dos variables, es posible tener una buena estimación de la variable en la que estamos interesados.

2. Si es necesario escoger entre dos variables que dan información sobre el mismo factor debe medirse la que:
 - a) Es más fácil de medir, o
 - b) Cuesta menos medirla, o
 - c) Está sujeta a menos errores de medida, o
 - d) Está sujeta a menos factores que afecten la precisión, o
 - e) Puede medirse antes (más temprano), o
 - f) Está más correlacionada con la variable más importante que no se ha medido.

3. En general, debe ponerse énfasis en medir las variables que varían más por efectos no aleatorios. Por ejemplo, no es recomendable registrar número de granos por vaina de frijol en un experimento de fertilización en una variedad, si se sabe que esa variable está influenciada principalmente por la constitución genética de la planta y muy poco por las dosis de fertilizantes. (Esta variable podría ser importante como un componente de rendimiento al comparar variedades de frijol). Sería preferible medir número de vainas por planta. En términos generales, deben medirse y registrarse variables relacionadas con las hipótesis que se están sometiendo a prueba. Si vale la pena medir una variable debe ser porque vale la pena probar alguna hipótesis con relación a esa variable y por lo tanto, vale la pena analizarla e interpretar su comportamiento.

III. Evaluación de sistemas de cultivo

Es frecuente pensar que, cuando el sujeto de la investigación ya no es un solo cultivo y su rendimiento sino un conjunto de cultivos y su ambiente, los resultados de la investigación deberían expresarse desde todos los puntos de vista. Esto no es necesariamente conveniente en todos los casos, Se trata de estudiar el ambiente, el sistema de finca y el sistema de cultivos, para diagnosticar con precisión los factores limitantes y diseñar en forma apropiada, y no por el simple deseo de conocer factores. Por lo tanto, la evaluación debe descansar principalmente en los factores limitantes identificados en el proceso de diagnóstico.

EVALUACION Y TIPOS DE AGRICULTURA

Considerando que el sistema de producción de cultivos está influenciado por variables físico-biológicas y socio-económicas, es de esperar que las limitantes detectadas correspondan a este tipo de clasificación, y que afecten, con intensidad diferente, a grupos de agricultores con problemas generales también diferentes. En el Cuadro 3.1. se presentan algunos de los caracteres de diferentes tipos de agricultura que ocurren teóricamente a lo largo del proceso evolutivo de una finca.

En la Figura 3.7 se establece una relación entre el tipo de agricultura, según su grado de comercialización, y el ingreso neto teórico percibido por cada tipo de agricultor que lo practica.

Reconociendo la existencia de todo un gradiente de situaciones en esta relación entre tipos de agricultura e ingreso neto, igualmente se puede generalizar acerca de algunas medidas, parámetros o criterios, para comparar las alternativas tecnológicas de uso más probable para cada situación.

Cuadro 3.1. Algunos caracteres de 3 fases importantes en el proceso evolutivo de una finca¹.

Caracteres	-----Fase evolutiva de la finca-----		
	Subsistencia	Producción Mixta	Producción Especializada
Composición de la producción	Un cultivo alimenticio es dominante y otros auxiliares	Diversificada	Un cultivo dominante y otros auxiliares
Propósito de la producción	Doméstico	Doméstico y mercado	Mercado solamente
Uso de mano de obra en el tiempo	Estacional	Balanceado	Estacional
Inversión de capital	Baja	Media	Alta
Ingreso	Bajo	Medio	Alto
Seguridad en el ingreso	Baja	Alta	Baja
Relación Ingreso/valor del producto	Alta	Aprox. 50%	Baja
Conocimiento técnico del operador	Bajo y especializado	Medio Diversificado	Altamente Especializado
Dependencia de sistemas ajenos	Ninguna	Parcial	Total

^{1/} Tomado de Weitz, R.

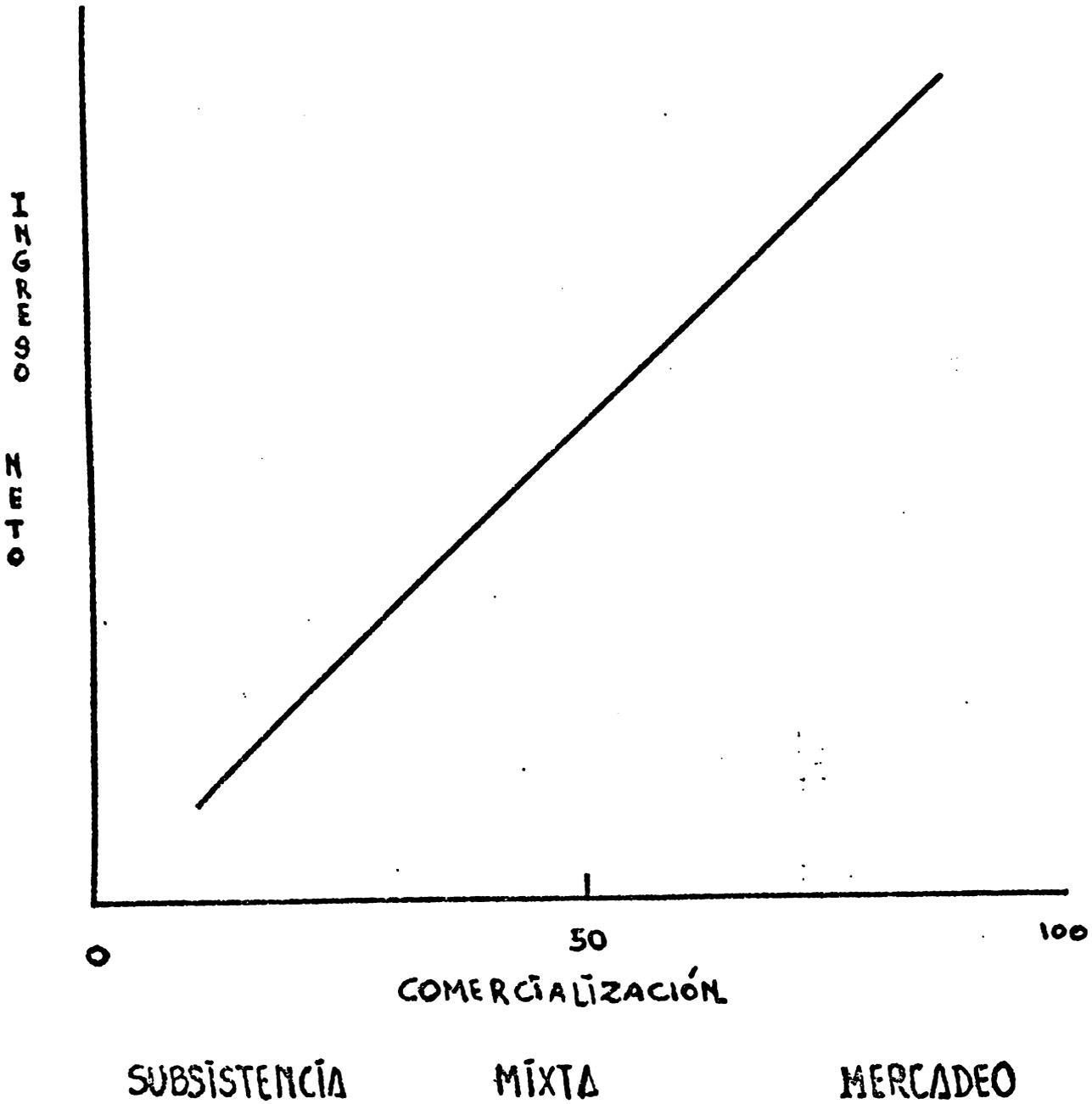


FIGURA 3.7. RELACION ENTRE GRADO DE COMERCIALIZACION O TIPO DE AGRICULTURA E INGRESO NETO.

evaluación a usar puede ser, entonces, la cantidad de producto por unidad de precipitación.

Si existe reemplazabilidad total de un cultivo por otro, el criterio de evaluación a usar será el de unidad de peso de granos, cantidad de precipitación o unidad de energía (caloría/superficie/tiempo) de la parte comestible/cantidad de precipitación o dinero (\$)/cantidad de precipitación, en caso de que el agricultor se incline al lado derecho del eje de las equis (x) en la Figura 3.8. Si no hay reemplazabilidad total de un cultivo por otro, se puede recurrir a equivalentes del cultivo más importante (por ejemplo el maíz) y en este caso se comparará usando equivalentes de maíz/mm de precipitación.

El uso de estos criterios para comparar sistemas diferentes o modificaciones dentro de un mismo sistema, es discutible desde muchos puntos de vista. Realmente, la disponibilidad de agua es crítica en determinado momento del desarrollo de un conjunto de cultivos, y el parámetro de comparación debería ajustarse a ese período específico, que necesariamente es diferente dependiendo del sistema de producción de cultivos.

En regiones de precipitación escasa y generalmente de período muy corto para el crecimiento de las plantas, el mantenimiento de una superficie foliar fotosintéticamente activa durante todo, o la mayor parte, del período de crecimiento, se relaciona, generalmente, con mayores posibilidades de producción. En estos casos, si el diseño se ha realizado con este propósito, se puede usar el índice de utilización de tierra (IUT). El IUT se define como el número de días durante el cual los cultivos ocupan la tierra durante el año, dividido por 365. Este índice

Cuadro 3.2. Rendimiento en grano e ingreso neto por milímetro de lluvia en algunos arreglos de cultivos probados en agricultura de temporal. Filipinas, 1975

Arreglo de cultivos	Rendimiento total (kg grano/mm)	Retorno (US\$/mm)
arroz	1,7	0,12
arroz - maíz	3,3	0,15
arroz - sorgo	3,2	0,16
arroz - caupí	2,2	0,10
arroz - soya	2,0	0,07
arroz - arroz	4,5	0,32
arroz - arroz - legumbres	4,7	0,29

Adaptado de Zandstra, H. IRRI, 1977

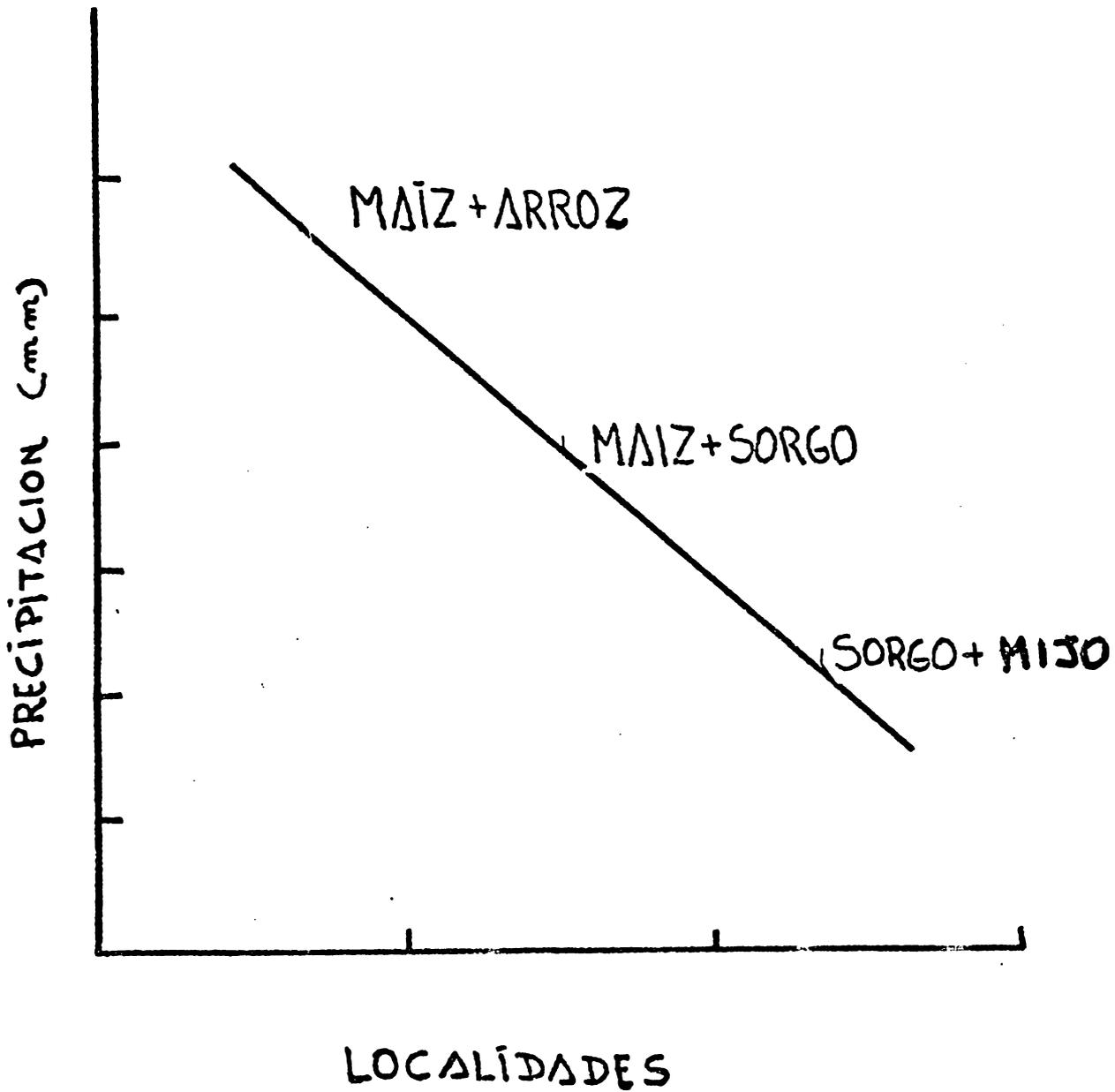


FIGURA 3.8. CANTIDAD DE PRECIPITACION Y SISTEMAS DE CULTIVOS

puede expresarse como fracción o como porcentaje. Sin embargo, no está necesariamente relacionado a fotosíntesis activa. Más bien, la duración del área foliar (DAF) que es la resultante de la integral de las medidas del área foliar durante todo el período de crecimiento, representa con más propiedad, en unidades de tiempo (días o semanas) la permanencia de una superficie foliar fotosintéticamente activa. Este último índice se aplica, en climas templados, en áreas con períodos de crecimiento determinados por la temperatura. Es decir, entre la última helada de la primavera y la primera helada del otoño.

Tanto el índice de utilización de la tierra como la duración del área foliar revisten mucha importancia en la evaluación de los sistemas de producción de cultivos que están relacionados con sistemas de producción animal. Son éstos los casos en que los animales entran al terreno a consumir los restos vegetales una vez que el hombre ya ha obtenido sus productos.

La estabilidad, en el sentido de obtener producciones que varíen menos entre cosechas frente a la alta variabilidad ambiental, ha sido uno de los criterios empleados por los agricultores para seleccionar sus sistemas de producción de cultivos en regiones con agricultura de subsistencia. Las alternativas tecnológicas que deseen desarrollarse para este tipo de agricultura, deberán tomar en cuenta este factor, y en estos casos se puede usar el índice de varianza relativa (IVR) que no es sino la varianza del rendimiento total de un sistema/suma de las varianzas de los componentes cuando se siembran como cultivo puro (Cuadro 3.4.).

Cuadro 3.3 Duración de área foliar de maíz, soya e intercultivo de
maíz y soya. Plymouth, N. C., USA, 1975.

Arreglo de Cultivos	-----Duración de área foliar (días)-----		
	Maíz	Soya	Maíz + Soya
Maíz	130		130
Maíz + Soya	130	52	182
Soya		125	125

Adaptado de Cordero, A. MAG-Costa Rica, 1977

Cuadro 3.4. Rendimiento e índice de varianza relativa de maíz y arroz en Honduras.

Arreglo de cultivos	Rendimiento (Ton/ha)		Índice de varianza relativa (%)
	Maíz	Arroz	
Maíz	3,5		100
Arroz		1,7	100
Maíz + Arroz (intersurcos)	2,3	0,4	27
Maíz y arroz (en franjas)	2,4	0,7	53

Adaptado de Hart, R. CATIE, Costa Rica, 1978

En agricultura de subsistencia, en que se produce principalmente para consumir, el índice de diversidad de cosechas (IDC) puede usarse como una estimación de la diversidad de la dieta. El IDC se define aquí como el valor recíproco de la sumatoria del cuadrado de la proporción de biomasa que cada cultivo representa, frente al total de cultivos que se cosechan y consumen, durante la estación de cultivos.

$$IDC = \frac{1}{n \sum_{i=1}^n \left(\frac{B_i}{n} \right)^2}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

$n = \text{número de cultivos}$

$B_i = \text{biomasa del cultivo "i" cosechado y consumido durante el año}$

En algunas ocasiones, la optimización en el uso de recursos escasos por parte del agricultor, puede permitir el uso de parámetros tales como el retorno a la semilla para evaluar entre diversas alternativas tecnológicas (Cuadro 3.5.).

Desde el punto de vista puramente económico, existen diversos indicadores que pueden usarse para evaluar entre alternativas tecnológicas para agricultores cuya disponibilidad de recursos se basa en mano de obra familiar y tierra:

Margen Bruto Familiar (MBF). Indica el retorno bruto a los recursos de la familia, tales como administración, mano de obra, tierra y otros, después de compensados todos los gastos en efectivo.

Ingreso Neto Familiar (INF). El el Margen Bruto Familiar menos los Costos Fijos. En este criterio se considera que la tierra pertenece al agricultor; se indica el retorno a la mano de obra familiar y administración

Cuadro 3.5. Superficie sembrada con cantidad de semilla y retorno a la semilla gastada. San Isidro, Costa Rica, 1976.

Sup. sembrada (ha) (observaciones)	Semilla gastada (kg)		Cosecha (kg)		Retorno a la semilla
	Sup.	Ha	Sup.	Ha	
Maíz:					
0,18	0,46	2,56	75,9	421,7	165
0,18	0,46	2,56	75,9	421,7	165
1,05	1,9	1,8	182,2	173	96,6
Frijol Negro:					
0,18	4,14	23	149,0	828	36
0,18	4,14	23	165,6	920	40
1,05	24,84	23,7	670,7	638,7	27

Adaptado de Navarro, L. CATIE, Costa Rica, 1978.

cuando ya fueron compensados todos los demás gastos.

Retribución a la Mano de Obra (RMO). Es la retribución monetaria por cada jornal, después de que se deducen los costos de renta e insumos y mecanización.

Con respecto a este último criterio, debe recordarse que la distribución de la mano de obra a través del tiempo es una de las características más importantes de este recurso y por lo tanto, este índice debería reajustarse para períodos críticos en el sistema de producción de la finca.

Retribución de la Tierra (RT). Es la retribución monetaria por hectárea cultivada después de cubrir los costos de mano de obra, insumos y mecanización y materiales.

Margen Bruto/Costos Variables (MB/CV). Indica la retribución monetaria por unidad de inversión realizada en concepto de mano de obra; costos variables, considerando que el agricultor ya compensó estos costos, pero no los costos fijos.

Ingreso Neto Familiar/Costos Variables (INF/CV). Es el retorno neto para la familia (INF) por unidad de inversión en costos variables.

Ingreso Neto Familiar/Costos Efectivos (INF/CE). Representa el retorno neto para la familia (INF) por cada unidad monetaria invertida en mecanización a insumos.

Agricultura de tipo mixto y semi-comercialización

En la agricultura de semi-comercialización, que corresponde generalmente a unidades mixtas de producción, los factores determinantes de tipo

físico-biológico revisten tanta importancia como los socio-económicos. En este tipo de actividad agrícola, los subsistemas dentro de la unidad de producción, (finca) se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cualquiera alteración en uno de ellos, produce alteraciones en los otros. Este es el tipo de agricultura que predomina actualmente en países tropicales en vías de desarrollo. En él es más difícil identificar exactamente los factores limitantes y de modo que el seguimiento a través del tiempo de las consecuencias de una innovación tecnológica, a nivel de la unidad de producción como un todo, resulta, finalmente, en el único método valedero de evaluación de alguna alternativa tecnológica.

Muchos de los criterios de evaluación que se usan para comparar el comportamiento de sistemas de producción de cultivos frente a una variable física, y que se han señalado anteriormente para agricultura de subsistencia se pueden usar también en este tipo de agricultura. Sin embargo, considerando la naturaleza diversa de la producción, algunos índices de uso más probable podrían ser:

Índice de Multicultivo (IM). Es la suma de las áreas que se plantaron y cosecharon con cultivos, dividida por el área total cultivada. Este índice puede expresarse como fracción o como porcentaje. El IM es igual a 100 si el área total se cultiva una vez al año.

$$IB = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{A} \times 100$$

$i = 1, 1, 3, \dots, n$
 n - número total de cultivos
 a_i = área ocupada por el cultivo i plantado y cosechado ese año
 A = área total cultivada

Índice de diversidad de cosecha (IDC). Es el mismo índice que se discutió anteriormente, pero reemplazando biomasa por el valor bruto de

cada cultivo plantado y cosechado en un año. Suponiendo que el destino de la producción esté más orientado al mercado que en el caso anterior, se reemplaza entonces la biomasa por el valor bruto del cultivo.

$$IDC = \frac{1}{n \left(\frac{Y_i/n}{\sum_{i=1}^n Y_i} \right)^2} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, n \\ n = \text{número de cultivos} \\ Y_i = \text{valor bruto del cultivo "i" plantado} \\ \text{y cosechado dentro del año} \end{array}$$

Índice de Intensidad de Cultivos (IIC). Es el índice en que se considera, no sólo el área ocupada por un cultivo sino también el tiempo de permanencia en el área.

$$\frac{\sum_{i=1}^{N_c} a_i \cdot t_i}{M + \sum_{j=1}^M A_j \cdot T_j} \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, 3, \dots, n \\ N_c = \text{número total del cultivo crecido por} \\ \text{el agricultor en un tiempo T} \\ a_i = \text{área ocupada por el cultivo "i"} \\ t_i = \text{tiempo que el cultivo i usó el área } a_i \\ T = \text{período bajo estudio, generalmente un año} \\ M = \text{número de lotes disponibles temporalmente} \\ \text{para cultivar durante el período T} \\ j = 1, 2, 3, \dots, M \\ A_j = \text{área del lote "j"} \\ T_j = \text{tiempo en que } A_j \text{ está disponible} \\ A_o = \text{área total} \end{array}$$

Los índices IM, IDCE, IIC, deben usarse con cautela y para casos específicos. Estos índices poseen muchas limitantes, entre otras: el cultivo de especies fuera de época y en lugares especiales dentro de la finca, el intercultivo de especies de rápido crecimiento entre plantas perennes, la existencia de tierra fuera de la propiedad agrícola, etc. Además, no sólo pueden usarse para comparar el comportamiento entre

sistemas de producción de cultivos sino que también sirven y son de uso frecuente, en el estudio del uso de la tierra entre agricultores o para determinar la intensidad de un cultivo en especial en una región dada.

Existen otros índices que se refieren más bien a aspectos fisiológicos del intercultivo, algunos de estos índices son:

Rendimiento Relativo Total (RRT). Es la suma de los rendimientos relativos de todas las especies que crecen simultáneamente. El rendimiento relativo es la proporción entre el rendimiento de la especie en la mezcla y el rendimiento de la especie en el cultivo puro.

$$RRT = \sum_{i=1}^n \frac{R_{ci} M}{R_{ci} P} \dots \frac{R_{cn} M}{R_{cn} P}$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$
 $n =$ número de cultivos
 $M =$ Mezcla de cultivos
 $P =$ cultivo puro
 $c =$ cultivo

Uso equivalente de la Tierra (UET). Es numéricamente igual al RRT, pero se expresa en unidades de superficie. Es realmente el área (héctarea) que se necesita bajo cultivos individuales, para conseguir el mismo rendimiento que se obtiene en una hectárea con cultivos asociados, siempre que se use un manejo igual y poblaciones de plantas iguales.

También estos dos índices deben usarse con cautela, entre otros factores por la densidad de siembra y el tiempo. La definición de UET

requiere que el cultivo puro esté en su densidad óptima. En caso contrario, existe el peligro de confundir la respuesta positiva a una asociación de cultivos con una respuesta positiva a un cambio en la densidad de siembra. El factor tiempo también puede afectar la interpretación del índice UET, cuando debido al intercultivo, se prolonga el ciclo de vida de un componente en la asociación y el terreno se usa en exceso, impidiendo el cultivo de otras especies.

Agricultura en pequeña escala orientada a mercado

Es necesario resaltar que el riesgo involucrado en producir responde a variables físicas del ambiente a medida que nos aproximamos al lado izquierdo en el eje de las equis (x) de la Figura 3.7 por el contrario el riesgo responde en su mayor parte a factores de tipo económico a medida que nos aproximamos al lado derecho de las equis (x) en la misma figura.

El criterio más usado para comparar sistemas de producción para este tipo de agricultura, es el retorno a la inversión. En el Cuadro^{2.6} se resume una forma de calcular los retornos netos por hectárea. Sin embargo, el criterio más común en este tipo de agricultura es comparar sistemas de producción en base a la posibilidad de maximizar el retorno al factor limitante. En el Cuadro^{2.7} se anota un ejemplo búsqueda de optimización del retorno a la inversión por un factor limitante determinado, en este caso, el nitrógeno.

En el Cuadro^{2.8} se resumen algunos criterios para evaluar sistemas de producción con base en el ordenamiento clásico que se hace de los factores de la producción (tierra, capital y mano de obra).

El criterio de maximización al retorno a la inversión realizada

Cuadro 3.6 Algunos indicadores para estimar ingresos (ha)

Entradas

- (1) Rendimiento (kg/ha)
 (2) Precio (\$/kg)
 (3) Valor bruto $[(1) \times (2)]$

Costos

- (4) Arriendo de Tierra _____ ;
 (5) Trabajo a) Contratado
 b) Otro no familiar
 c) Familiar
-
- (6) "Capital" a) Semilla
 b) Tratamiento de semilla
 c) Fertilizantes
 d) Otros

Costos de Producción

- (7) Dinero en efectivo
 (8) Todos los insumos a su precio

Ganancias Retorno neto

- (9) Incluyendo todos los costos como en (7) $[(3) - (7)]$
 (10) Incluyendo todos los costos como en (8) $[(3) - (8)]$

Cuadro 3.7 Respuesta a niveles de N aplicados al sorgo bajo manejo del agricultor. Filipinas.

Niveles de Nitrógeno (kg/ha)	Rendimiento (Ton/ha)	Retorno por \$ gastado en N
10	1,58	-
40	2,42	3,70
80	3,15	2,90
120	3,59	1,70

Adaptado de Garrity, P. D. IRRI, Filipinas, 1975.

Cuadro 3.8 Retorno a algunos de los factores de la producción (Basados en el Cuadro).

Factores	Retorno específico	Modo de calcularlo
(11) Tierra	\$/ha .	(10)+(4)
	\$/ \$ ha	$[(10)+(4)]/(4)$
(12) Trabajo	Mano de obra total	$[(10)+(5)(a)(b)(c)]/\text{total de jornales}$
	Mano de obra familiar	$[(10)+(5)(c)]/\text{total de jornales familiares}$
	Mayor demanda	(10)/total de jornales en el periodo de demanda.
(13) Efectivo	Todo el Efectivo	$[(10)+\text{todos costos efectivo}]/\text{todos los costos en efectivo.}$
	Excluyendo Mano de Obra	$[(10)+(5)(a)(b)]/[\text{todo costo efectivo}-(5)(a)(b)]$
	Período de escasez	(10)/todos los costos en efectivo del periodo.

Tomado de Norman, D. W. IRRI, Filipinas.

puede, a su vez, afectarse por el criterio de economía de escala. Aún cuando la superficie del terreno que explotan los pequeños agricultores es, en general, reducida, la producción a escala, a pesar de no maximizar necesariamente el retorno a la inversión, puede compensarla a través de un aumento en la superficie, como en los casos de producción de primicias o productos exóticos, que permiten al agricultor competir ventajosamente en el mercado.

Así como los riesgos de tipo económico aumentan hacia la derecha del eje de las equis (x) en la Figura 3.7 también el uso de lo que se conoce como tecnología aumenta en la misma dirección. Muchas de las alternativas tecnológicas que se prueban y se evalúan en este tipo de agricultura, van a consistir en diferentes niveles de tecnología. Uno de los criterios más importantes para evaluar entre alternativas tecnológicas de producción, es el grado de riesgo que representa su uso. En ocasiones, el agricultor puede preocuparse más por la posible reducción de ganancias en los factores escasos (capital por ejemplo) que por la rentabilidad global de una alternativa tecnológica. Normalmente el valor esperado de la pérdida se usa como integrante en el cálculo de índice de riesgos. En el Cuadro 3.9 se observan los costos de insumos adquiridos, el riesgo expresado tanto en moneda como por unidad de insumos, y la ganancia neta en moneda por unidad de superficie.

Así como en la agricultura de subsistencia el riesgo debido a factores físico-biológicos debe evaluarse necesariamente en las alternativas probadas, en agricultura de comercialización, el riesgo debido a factores de mercado, debe evaluarse con igual intensidad.

Cuadro 3.9 Arreglo de cultivos y riesgo involucrado en su producción. Caquetza, Colombia. 1973.

Arreglos de cultivos	Costo de insumos adquiridos \$	Riesgo \$	Riesgo por unidad de insumo	Ganancia neta \$/ha
Maíz/frijol/haba	47	21	0,45	55
Maíz/frijol	62	28	0,45	43
Maíz/haba	67	30	0,45	50
Papa	315	145	0,46	432
Papa/arveja	353	167	0,47	396
Haba	68	35	0,51	110
Arveja	68	36	0,53	110

Tomado de Zandstra, H. et al. Caquetza, Colombia. 1978

En agricultura intensiva, con uso de insumos, se presentan con mayor frecuencia limitantes por factores biológicos, lo que no es común en agricultura de subsistencia debido a la alta adaptabilidad de los sistemas frente al ambiente, ni en la mayoría de los sistemas mixtos de producción, donde la diversidad genética existente permite un alto nivel de estabilidad. Así entonces, en este tipo de agricultura se usan con más frecuencia índices como intensidad y severidad de enfermedades, número de insectos/unidad de superficie o número de insectos/volumen de suelo, etc.

EVALUACION Y CONSERVACION

Los indicadores que se han comentado no toman en consideración la conservación de los recursos naturales como un criterio para comparar sistemas. El acento exagerado en criterios tales como unidades monetarias por unidades de superficie de tierra, que se han originado en sociedades altamente evolucionadas en determinadas direcciones, ha repetido en los países subdesarrollados, que han venido usando parámetros iguales para evaluar sistemas de producción totalmente diferentes, que operan en sociedades también diferentes.

La evaluación de sistemas de producción por criterios tales como cantidad de nutrientes que se devuelven al suelo/unidades de superficie o tiempo; cantidad de granos producida/unidad de suelo preservada de erosión, número de cultivares locales que se usan/unidad de área; número

de especies nativas/unidad de área, etc., deberían ser una realidad de uso constante por parte de técnicos y agricultores.

EVALUACION Y ENERGIA

El principio básico de la producción agrícola es la conversión de la energía solar en alimentos y otros productos útiles al hombre. El uso de otros tipos derivados de energía, tales como fuerza humana y animal, energía fósil y mecánica, etc., ayudan a este proceso básico de conversión de energía solar en productos útiles.

A mayor energía solar recibida por hectárea, el potencial agrícola también es mayor, dado que exista suficiente agua, nutrientes en el suelo y trabajo. En climas templados, se reciben entre 80-120 kcal/cm² por año. En las áreas subtropicales entre 140 y 190 y en los trópicos entre 130 y 220 kcal. La altitud y la nubosidad pueden cambiar estas cifras.

El potencial de producción de biomasa en los trópicos húmedos bajos es de 146 ton/ha⁻¹; en los trópicos semi-húmedos de distribución bimodal de precipitación es de 104 ton/ha⁻¹ y en los trópicos semi-áridos de 37-72 ton/ha⁻¹. En climas templados (Inglaterra) el potencial de producción de biomasa es de 50 ton/ha⁻¹.

Este alto potencial productivo de los trópicos, no se refleja en la situación real. Sistemas de producción intensivos en zonas templadas alcanzan aproximadamente a convertir el 2% de la energía solar fotosintéticamente activa en biomasa, mientras que en fincas tropicales, ésto no llega más allá del 0.2%, en promedio. La situación es más desfavorable aún, si se considera la biomasa comestible, que en regiones templadas es del orden del 30 al 56% de la biomasa total, pero que en los trópicos

es sólo del 5 al 25%. Aparentemente, los sistemas de producción de cultivos de regiones templadas producen en promedio, más biomasa por unidad de energía solar recibida que los sistemas tropicales, y una mayor proporción de ella es comestible.

Si se han diseñado sistemas de producción de cultivos para modificar la eficiencia en el uso de energía solar, el criterio a usar será el de la eficiencia energética de ellos, que no es sino la relación porcentual entre la energía contenida en la biomasa total y la energía fotosintéticamente activa que incidió sobre el sistema durante su permanencia en el campo. Conociendo la energía contenida en la biomasa de la parte comestible, se puede calcular, además, la eficiencia energética comestible, que no es sino la relación porcentual entre la energía contenida en la biomasa de la parte comestible y la energía fotosintéticamente activa que incidió sobre el sistema durante su permanencia en el campo.

Es conveniente recordar para estos cálculos, que del total de la radiación solar, un 47% está en el ámbito disponible de los 390-760 nm, 84% de la cual es activa en la fotosíntesis. Por lo tanto, la radiación neta disponible para la fotosíntesis o radiación fotosintéticamente activa, se considera como 39.5% de la radiación total recibida. Además, que en promedio, un grano de materia seca contiene aproximadamente 4000 calorías. En el Cuadro 3.10 se presentan algunas de estas estimaciones.

Este modo de comparar sistemas es de especial importancia en aquellas situaciones en que se cultiva bajo sombra. Este es el caso de especies anuales, semi-perennes o perennes, que se cultivan bajo árboles frutales o forestales. En estos sistemas, la eficiencia ener-

Cuadro 10. Características energéticas de algunos arreglos de cultivos probados en Turrialba. 1977.

Arreglos de cultivos ¹	Energía en la Biomasa total (Mcal/ha/per) ²	Eficiencia Energética %	Energía en Parte comestible (Mcal/ha/per)	Energía cosechada ³ %
Y	120584	1,92	54350	0,86
Y + M	134168	2,14	52490	0,83
Y + M + F(c)	147184	2,34	43576	0,69
Y + M + F(y) + V(c)	137992	2,20	45067	0,71
M + F(c)	41800	0,80	12750	0,24
Y + M + V(c)	137064	2,18	47469	0,75

1/ Y = yuca; M = raíz; F = frijol lima; V = frijol ejotero; (c) = creciendo en cañas de maíz; (y) = creciendo en tallos de yuca.

2/ per = permanencia del sistema en el campo.

3/ Cálculos aproximados.

gética está estrechamente relacionada a mayor productividad.

En los últimos años se ha intensificado el interés por la comparación entre sistemas de producción con respecto al uso que hacen de la energía agotable, particularmente la proveniente de restos fósiles y en especial el uso eficiente de derivados del petróleo (insecticidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes). Al respecto se han realizado estudios importantes cuyo interés se acentuó después de las publicaciones de Pimentel y otros, discutiendo el uso de la energía fósil en sistemas de producción de países templados a lo largo del tiempo y frente al avance de lo que hoy se conoce como tecnología.

En el Cuadro 3.11 se resumen algunos balances energéticos para diferentes sistemas de producción. Se entiende por balance energético, la energía total de salida de un sistema, dividida por la energía de entrada, excluyendo la energía solar, que se considera inagotable (al menos para propósitos del cálculo).

Cuadro 3.11 Sistemas de producción de diferentes tipos y su balance energético.

S i s t e m a	Balance energético (GJ/ha-año)
Tribu Dodo, Uganda (granos, leche, carne)	5,0
Agricultura migratoria, Congo (yuca, arroz, banano)	65,0
Agricultura de subsistencia, India (arroz, leche, carne)	14,8
Maíz con bueyes y azada, Guatemala	13,6
Maíz con bueyes y algo de mecanización, Guatemala	3,95
Maíz con bueyes y azada y fertilizantes, Nigeria	10,5
Arroz tecnificado en Filipinas ¹	5,51
Arroz tecnificado en Surinam	1,21
Arroz tecnificado intenso USA ²	1,29
Maíz tecnificado USA	2,02
Arroz + hortalizas intenso Hong Kong	0,825
Yuca y yuca en asocio CATIE	4,00 - 9,16 ³

1/ Tecnificado = trabajo + combustible + maquinaria + fertilizantes + herbicidas + insecticidas, etc.

2/ Tecnificado intenso = igual al anterior pero mayor cantidad por insumo

3/ Rango

Capítulo IV

APLICACION

Preparación de alternativas para validar

Las alternativas tecnológicas para los sistemas de producción de un área determinada deben ser evaluadas y validadas antes de difundirse.

Estos dos procesos, evaluación y validación, permiten hacer la selección final entre varias opciones, y predecir el beneficio o impacto que tendrá en la producción, productividad y economía de los agricultores. Además, ayudan a visualizar ajustes necesarios para mejorar la eficiencia y posibilidad de adopción de la alternativa propuesta.

La evaluación debe intentar una cuantificación de los beneficios que la alternativa ofrece respecto al sistema básico, en aspectos de productividad, eficiencia en el uso de recursos, uso específico de mano de obra en períodos críticos para el área o las fincas, costos en general, beneficio económico, y beneficios sociales. También debe anticipar aspectos de compatibilidad con los recursos, capacidad de manejo, objetivos del agricultor, y congruencia con la estructura de la finca, a fin de asegurar un beneficio positivo no sólo para el sistema básico sino para toda la finca. Este proceso debe empezar con el diseño mismo de la alternativa, y continuar a través de la experimentación que sea necesaria.

La validación trata de comprobar si lo anticipado y logrado bajo la supervisión técnica, se mantiene cuando la alternativa se introduce en la finca y es manejada por el agricultor, y permite visualizar los cambios o el apoyo necesarios para un mejor ajuste a la finca, con sus restricciones, y a los requerimientos del agricultor.

El proceso de validación, requiere seleccionar un grupo de agricultores y pedirles su cooperación para que utilicen y manejen la alternativa durante un período agrícola. El equipo encargado de este proceso deberá visitar periódicamente a los agricultores para observar el comportamiento de la alternativa y discutir con el agricultor sus reacciones, las modificaciones que le ha impuesto o que cree conveniente, y el por qué las considera necesarias.

El proceso de validación implica, por tanto, la selección de los agricultores, y la planificación de las actividades y la estrategia para llevarles las recomendaciones que permitan efectuar el control necesario, y obtener las observaciones requeridas para retroalimentación. Es posible que esta retroalimentación sugiera más experimentación o evaluación.

Para un agroecosistema de una región específica, pueden prepararse alternativas de dos tipos: conformadas total o parcialmente con información externa a la región, o constituidas total o parcialmente con base en información existente, originada en el área.

La preparación de una alternativa del primer tipo permite entrar de inmediato en la fase de validación de la información que puede ser adaptada al agroecosistema en la región; sin embargo, es probable que tenga un éxito parcial en cuanto a la utilidad de las diferentes actividades de manejo, debido a incompatibilidad con los recursos y características propios de la región.

Para alternativas del segundo tipo, usualmente se tropieza con que la experimentación se realizó en lugares no muy representativos, por ejemplo, en estaciones experimentales.

Ejemplo de la preparación de alternativas tecnológicas

Uno de los objetivos de la investigación agrícola es generar información para ser utilizada en la producción de cultivos. Este ha sido uno de los productos esperados del Proyecto de Sistemas de Cultivo para Pequeños Agricultores en América Central (PSCPA).

El proceso esquematizado en la Figura 4.1 utiliza la realidad del agricultor como punto de partida para desarrollar la investigación y generar las recomendaciones. Hasta el presente, se ha enfatizado la generación de recomendaciones para sistemas de cultivo según los flujos A y B: luego de describir el modelo, en base al examen de la situación del sistema de cultivo que maneja el agricultor, se genera la recomendación. En este capítulo se describen la estructura y la función de las partes en que se organizaron las alternativas tecnológicas preparadas por el personal del PSCPA.

La justificación para organizar información tecnológica en un formato se basa en que:

- a) La descripción comentada del agroecosistema del agricultor y de las alternativas propuestas constituyen un modelo operativo viable en el campo.
- b) La información relacionada con las alternativas para los agroecosistemas y al ambiente en que funcionan, está usualmente dispersa en diferentes formas y/o documentos parciales.
- c) Ordenar la información sobre lo que hace el agricultor, el ambiente, y las alternativas que se sugieren, facilita la identificación de las áreas débiles en el conocimiento y entendimiento de la situación. Estas áreas pueden enfocarse en investigaciones posteriores.

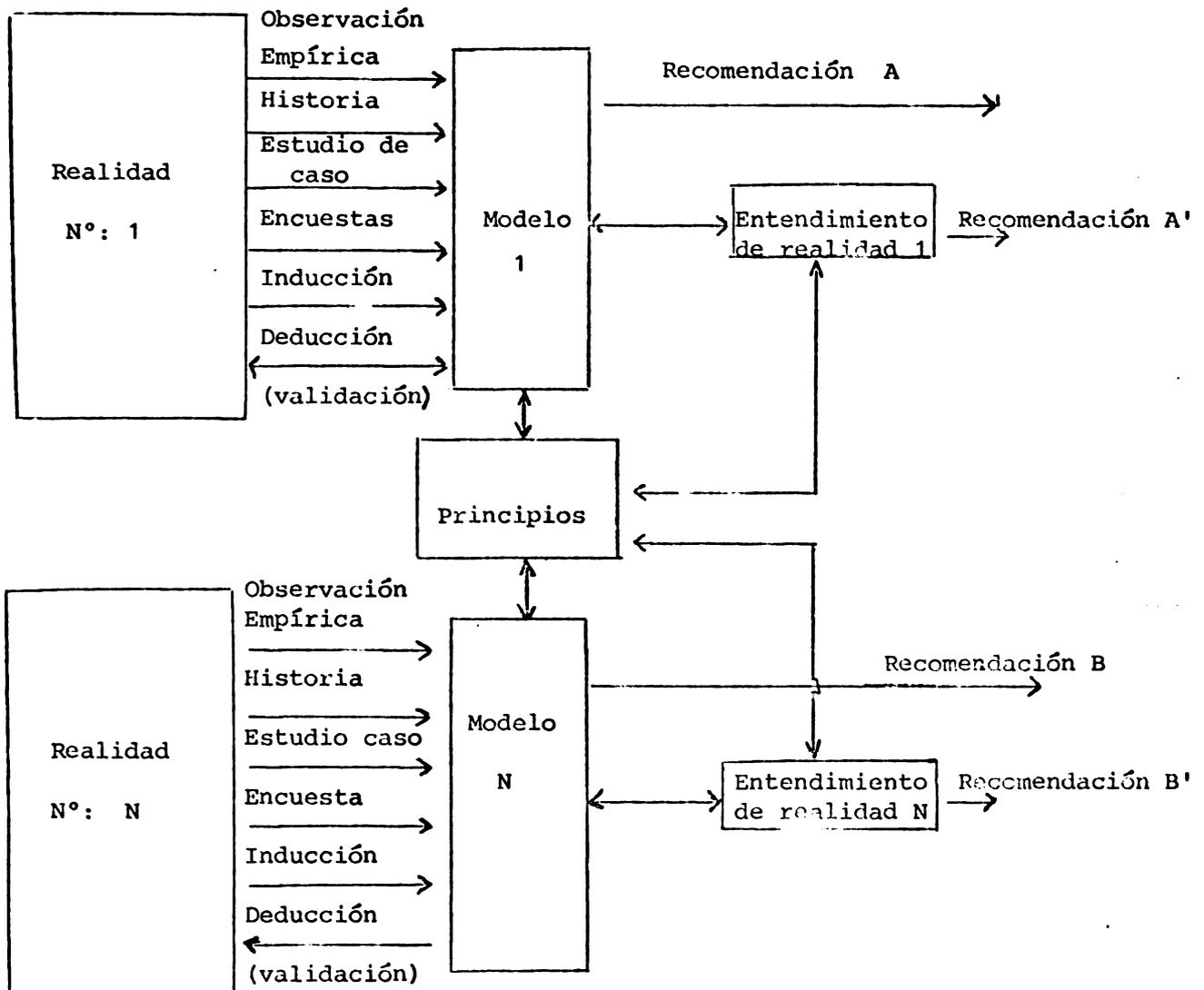


Figura 4.1. Proceso de generación de recomendaciones utilizando la realidad como punto de partida.

Las alternativas de un agroecosistema son el conjunto de información ordenada sobre la situación actual del agricultor en una región, (microregión, área de trabajo), y las modificaciones propuestas para mejorar su nivel de vida en aspectos de productividad, ingreso y/o nutrición.

La información recopilada en esta forma no pretende ser un documento de distribución masiva, sino un instrumento para facilitar a los técnicos la planificación de las fases de validación o de diseño de otras opciones, a probar durante su labor en la región. En este sentido es indispensable la revisión periódica de la información que se incluye.

Estructura de la descripción del agroecosistema y de una alternativa

Es evidente que el formato es un elemento dinámico que debe revisarse de acuerdo a lo que se decide hacer con él. En la presente exposición se sugiere uno que ha sido utilizado en diferentes formas por el personal del CATIE en el PSCPA (1975-1979). Consta de dos secciones:

A. Presentación resumida de la alternativa y el medio ambiente en que se desempeña, y B. Descripción del contenido de los apéndices que se adjuntan.

A. La información contenida en el documento incluye una caracterización geográfica somera, la descripción tabulada del agroecosistema (el "patrón" o estándar que se utiliza), la descripción tabulada de la alternativa propuesta, y una comparación de ambas. Estos tres cuadros constituyen la unidad básica del documento.

La estructura de los cuadros que describen y comparan agroecosistemas se ilustra en los ejemplos adjuntos: uno es el formato sin llenar, el otro, un ejemplo parcialmente desarrollado (Cuadros 4.1. y 4.2).

CUADRO 4.1. FORMATO PARA LA DESCRIPCION TABULAR DE UN AGROECOSISTEMA

CRONOLOGIA	ACTIVIDAD DE MANEJO	INSUMOS X HA.	MEDIO AMBIENTE	PRODUCTO X HA	COMENTARIOS, OBSERVACIONES Y REFERENCIAS.
Una indicación de la sucesión de actividades.	Descripción de la actividad de manejo.	Necesidades del Agroecosistema en energía (p.e. mano de obra), calidad y cantidad de productos y cantidad de dinero.	Reflejo de la situación del clima durante las operaciones.	Una evaluación de los resultados de las actividades bajo ciertas condiciones del medio ambiente, niveles de insu- mos y tiempo.	Calificación e información adicional de cada actividad de manejo.

Cuadro 4.2. Ejemplo de la descripción general parcial de una alternativa para un sistema de cultivo (Datos tomados de: Secretaría de Fomento Agrario, Recursos, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Descripción y Evaluación del Sistema de Cultivos (maíz-arroz)-frjol de costa: una alternativa para el sistema arroz-frjol practicado por los agricultores de Yocón, Honduras, Turrialba, Costa Rica, CATIE 1979, 135 p. 24 ref.).

CICLOLOGIA	ACTIVIDAD DE TRABAJO	INSTRUMENTOS X HA.			MEDIO AMBIENTE			PRODUCTO X HA.	CONDICIONES/ OBSERVACIONES Y REFERENCIAS
		Descripción	Dirección	Producto Outil	CA \$	HPT (2)	C°		
15-16	Siembra (maíz)	12000	(1)		18	11	23		Igual al agricultor
17-20	5 A - 4					193	27.5		
21	1 A - 1 (maíz)				35	194	26.3		Igual al agricultor
22	6	3.7000			4				
23-24	Sistema maíz y arroz	3.2 kg. Blue Bonnet 4.5 kg			32	203	26.9		Prácticamente 2 maíces 4 arroz siembra simultáneas
25-26	10 A - 6				15				Exp. Nos. 1-5 (anexo 5) No evaluado
27-28	9 - 10	Urea 140 kg			38	251	26.3		No practicada por agricultor
29-30	16-17	38000			38	157	25.8		1-1.5M Exp. No. 6 (anexo 5)

(1) 300 x día hombre; 2.1 x día buey; (2) milímetros por mes; (3) Q = cantidad

B. Los anexos desarrollan los conceptos incluidos en la primera parte, y presentan la evidencia de las evaluaciones económicas, experimentales o de otro tipo que se hayan realizado.

Los apéndices desarrollados por el grupo generalmente cubren los siguientes aspectos:

1. Descripción detallada de los agroecosistemas usuales en la región y comentarios sobre aspectos específicos tales como insectos, malezas, enfermedades, etc. Esta se denomina información de manejo agronómico y se refiere a una serie de prácticas, utilización de material en condiciones específicas, y extracción de materiales, todo en una secuencia determinada, durante el ciclo de producción. La forma lógica de presentar esta información es mediante un calendario de operaciones especificando fechas de labores, tipo y cantidades de insumos y su forma de aplicación específica, tipo y forma de labores culturales, o cosecha específicos.

Una manera de hacerlo es mediante una hoja o cartilla con cuatro columnas: a) fecha (de la operación); b) operación o labor a efectuar; c) insumos o materiales a aplicar y d) productos o subproductos que se obtendrán.

a) Fecha. La fecha en que se realiza la operación establece el estado del sistema en el tiempo. En algunos casos la fecha puede ser especificada como una fecha calendario, por ejemplo: segunda semana de junio.

Para otras labores o condiciones puede ser más conveniente establecerla en relación a la fecha de siembra del primer cultivo en el sistema, por ejemplo: durante la tercera semana después de la siembra. Incluso, para

otras labores, se puede expresar en términos del estado de crecimiento de los cultivos, (o de los animales) por ejemplo: al inicio de la floración del maíz. Las tres modalidades pueden combinarse en una misma cartilla. Cuando una fecha es crítica, o sea, que debe respetarse en lo posible, deberá especificarse con claridad. En otros casos, deben darse las fechas dentro de las cuales se puede hacer la labor con máximo beneficio. Hay que tener en cuenta que, mientras más flexible sea el manejo, aumentan las posibilidades de adaptación a la combinación de empresas que existen en la finca.

b) Labor u operación. La labor u operación es el evento del sistema que sucede en la fecha indicada. Aquí se debe describir, con el detalle mínimo necesario para la comunicación, la labor a ejecutar, la manera de efectuarla y, si es pertinente, explicar brevemente por qué se hace, por qué se hace así, y por qué en esta fecha. El mayor detalle o explicación estará determinado por la diferencia o novedad que esta labor pueda tener en el sistema respecto a las que el agricultor hace comúnmente. En el caso extremo de identidad con la práctica del agricultor, bastará nombrar la labor.

La novedad de la labor puede estar dada por el uso de algún implemento o equipo diferente al tradicional del agricultor. Esto debe especificarse en el "cómo se hace". Las ventajas del nuevo implemento también deberán explicarse brevemente. En algunos casos, la explicación sobre implementos nuevos podría darse en un apéndice, poniendo en relieve su posible uso en otras operaciones o sistemas de producción.

c) Insumos o materiales. En algunos casos, además del uso de mano de obra y equipo, la labor puede implicar la aplicación de insumos o materiales.

Al igual que en la descripción de la labor, mientras más desconocido para el agricultor sea el insumo sugerido, o sus cantidades, más explicación habrá de darse. De todas maneras, se debe especificar el tipo de insumo que se recomienda aplicar, o los tipos entre los cuales se puede escoger.

La recomendación de un insumo nuevo, o de una cantidad mayor o menor que la acostumbrada en el área, debe explicarse, pues el especificar las ventajas de la recomendación permite tomar una decisión más adecuada.

d) Cosecha. En la misma forma en que la labor puede implicar la aplicación de algún insumo o material, en otras ocasiones puede resultar en la extracción de algún material como producto o subproducto. Estos productos y subproductos son las salidas del sistema.

Los productos o subproductos del sistema pueden ser similares o diferentes a los que está acostumbrado a obtener el agricultor. En otros casos puede que la finalidad sea diferente, lo cual requiere una explicación. Por ejemplo, una recomendación puede ser cortar las hojas de maíz para alimentar animales. En algunas áreas, esto ya es practicado por los agricultores, y no es necesaria mucha explicación, pero sí lo será para agricultores de otras áreas. Otro sistema con maíz puede incluir la recomendación de cosecharlo en grano fresco, (elote) y esto debe justificarse en relación a condiciones de mercado, o posibilidad de introducir más temprano otro cultivo en el sistema.

En todos los casos en que es necesario un cuidado específico en términos de fechas, forma de hacer una labor, cantidades y tipos de insumos a aplicar, o productos a cosechar, esto debe explicarse claramente. O sea, que se debe llamar la atención sobre los aspectos críticos para el éxito del sistema.

2. Caracterización socio-económica de la región donde impera el agroecosistema analizado: incluye un comentario sobre las condiciones bajo las cuales la alternativa se comporta según lo evaluado.

3. Descripción geográfica de la región (microregión, área): en el mismo contexto que el punto anterior, con énfasis en suelo, clima y vegetación natural, y con los comentarios ecológicos pertinentes.

4. Análisis económico detallado: incluye el cálculo de una serie de índices tales como ingreso bruto, neto y familiar, y algunas relaciones, como ingreso total/costo total, retorno total/jornal y retorno a la inversión adicional. En el cálculo de estos índices se utiliza un criterio conservador. Adicionalmente, se hace un análisis del perfil de mano de obra durante el período de operación del sistema de cultivos (generalmente el año agrícola) que trata de aclarar el efecto de los cambios sugeridos en este recurso básico del pequeño agricultor.

5. Evidencia (experimental o por observación/validación): describe las operaciones y los resultados a partir de los cuales se ha escogido el cambio a realizar en el agroecosistema patrón.

6. Bibliografía: incluye citas de documentos sobre los diferentes temas tratados, con énfasis en la región en que se trabajó.

REFINAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Al comienzo de un programa, la conceptualización debiera proponerse llegar a un formato para las recomendaciones finales al sistema.

Una vez diseñado el formato pueden evaluarse las pruebas de investigación, principalmente por su posible contribución para llenar los espacios del mismo. Este tiene la ventaja de enfocar la investigación hacia un objetivo.

Las alternativas de la primera aproximación se refinan para llegar a alternativas de segunda aproximación en la fase de validación de la metodología. Las alternativas de segunda aproximación deben ponerse al día periódicamente para ajustarlas a la nueva tecnología. Este sería el caso de una variedad de cultivo recientemente puesta a disposición del público. En algunos casos, la nueva variedad es de ciclo más corto que la anterior, y en vista de esta característica debe modificarse el manejo del suelo. En otras partes del mundo, la disponibilidad de una variedad de ciclo corto ha hecho posible la intensificación del sistema de cultivo existente.

Los elementos básicos del documento sobre la alternativa son los cuadros N° 4.1. y 4.2. que describen el sistema empleado por el agricultor y el sistema propuesto; de estos dos, el correspondiente a la alternativa propuesta es el que está más sujeto a refinamientos. Los refinamientos podrían concentrarse en aquellas prácticas que requieren que el productor disponga de dinero en efectivo. En un enfoque de sistemas, este tipo de estudio podría realizarse en un campo experimental a través de experimentos que permitan averiguar qué componentes tienen interacción

significativa. Los componentes con interacción significativa deben estudiarse simultáneamente; aquellos que no interactúan pueden estudiarse en forma separada.

Algunos factores sobre los cuales es importante saber si interactúan o no, son: fertilizante y población de malezas, arreglo espacial y arreglo cronológico, y manejo del suelo y población de insectos en el suelo.

Otro punto de refinamiento podría ser la elaboración de varias (3 ó 4) alternativas de sistemas de cultivo para un área determinada y la inclusión de una guía que indique al agricultor cuál sistema es mejor, y bajo cuáles condiciones. La presentación de opciones al agricultor, demanda el desarrollo de algún tipo de criterio que el agricultor pueda usar solo o con ayuda del extensionista. De esta manera, el productor puede evaluar fácilmente su situación y decidir cuál sistema es mejor para él.

La elaboración de este tipo de alternativa requiere un enfoque de sistemas de finca, y depende, en alto grado, de la clasificación de ambientes que podría hacer el equipo investigador. Esta clasificación debe incluir tanto factores físicos como socio-económicos.

En general, puede decirse que las alternativas recomendadas deben evaluarse constantemente en terrenos del agricultor. La evaluación del desempeño de las alternativas es un proceso en dos etapas.

En la primera se determina la conveniencia agronómica de cada sistema o patrón para el lugar de prueba. La experiencia ha señalado que un cultivo agronómicamente bien adaptado debe reunir cuatro características: rendimientos estables, buena población de plantas bajo condiciones

altamente variables de humedad, buena resistencia a plagas, y carencia de efecto adverso sobre el cultivo siguiente. Aquellos sistemas con deficiencias agronómicas marcadas deben suprimirse para luego realizar trabajos sobre la tecnología de sus componentes, o descartarse.

En la segunda etapa, la alternativa se somete a un análisis económico. Esto significa evaluar las necesidades de mano de obra y de insumo de dinero efectivo para los patrones, respecto al recurso de insumos que el productor podría tener disponibles. Para este análisis cada productor participante tendría que llevar un registro completo de sus operaciones diarias en las áreas experimentales, utilizando formularios especialmente preparados para anotar los insumos de mano de obra y materiales.

La elección de un sistema de cultivo por parte del agricultor, se basa en diversos factores que interactúan. Los aspectos más importantes que el productor tiene en cuenta al seleccionar un sistema podrían agruparse en estos criterios económicos:

1. Utilidad promedio para la empresa agrícola: medida del ingreso neto que la familia obtiene del cultivo.
2. Utilidad promedio por mano de obra y administración.
3. Utilidad neta promedio por insumos en dinero efectivo.
4. Probabilidad de resultados negativos.

Se considera que las alternativas con más probabilidades de adopción por el agricultor son aquéllas que podrían aumentar apreciablemente las utilidades por cada uno de los tres recursos (tierra, mano de obra y capital) pero que no aumentarían significativamente la probabilidad de resultados negativos, en comparación con la tecnología existente.

Ventajas adicionales del proceso de preparación de alternativas. Si se usa el "patrón" del agricultor, se tiene un comparador que puede intervenir en las diferentes fases del proceso de desarrollo de las alternativas, especialmente en diseño de tratamientos, evaluación de alternativas, y difusión de las mismas.

Requiere que se tomen decisiones sobre cada actividad de manejo, su conveniencia y su calidad. Esto ayuda a los investigadores a identificar los vacíos de información y la calidad de ésta.

Desventajas del proceso de preparación de alternativas. Preparar las alternativas de un agroecosistema no quiere decir, necesariamente, que se entienda el funcionamiento de este. Entendiendo el funcionamiento, se puede predecir el efecto de los cambios que se introduzcan en el agroecosistema o en unos de sus sub-sistemas, también se pueden sugerir alternativas completamente nuevas, acordes con los recursos existentes. Esta capacidad de diseño puede ser uno de los objetivos del grupo que investiga en sistemas de cultivo.

El formato descrito es bastante rígido, las opciones que tiene el agricultor y las decisiones que toma son mucho más variables. Estas decisiones dependen de la relación entre el momento del año agrícola, el estado del medio ambiente y el estado del agroecosistema. En la actualidad se conoce poco sobre el efecto del cambio de una actividad en el desempeño del sistema.

Prueba extensiva de alternativas promisorias

El flujograma adjunto (Figura 4.2.) señala cinco fases mediante las cuales se ordena el proceso de producción y transferencia de tecnología adecuada a las necesidades del pequeño agricultor.

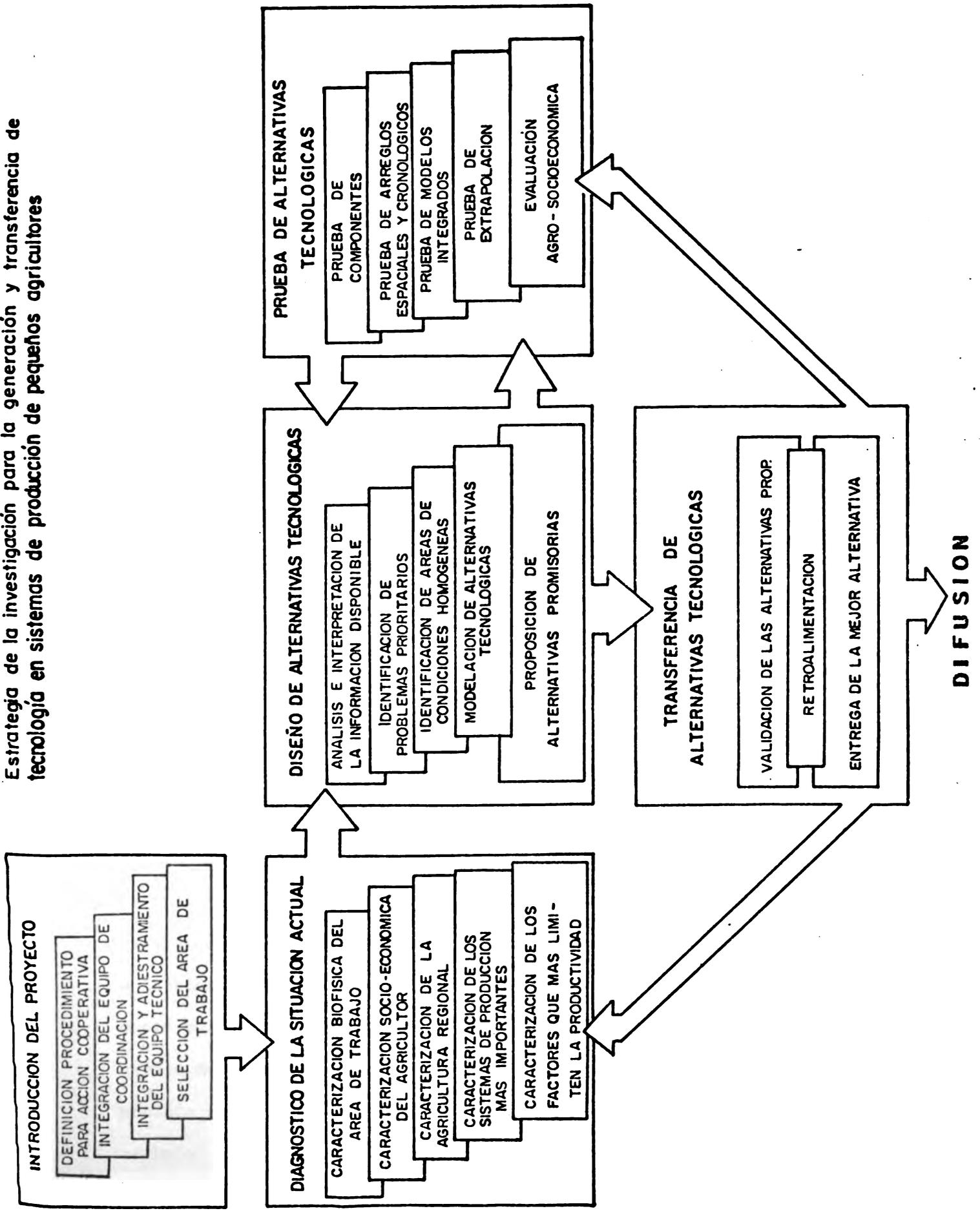
Por "transferencia" se entiende el proceso de transmisión de nuevos conocimientos entre el investigador, el agente de cambio y el agricultor, mediante intercambio de experiencias; y por "tecnología adecuada", aquellas alternativas tecnológicas con capacidad para producir mejoramiento substancial y sostenido en los sistemas actuales de producción.

Las alternativas promisorias que se proponen en la fase de diseño como resultado del análisis e interpretación de la información disponible generada en las fases de diagnóstico y prueba de tecnología, pasan a la fase de transferencia para propiciar su utilización. A tal efecto, en esta fase se contemplan dos actividades cuya ejecución está a cargo de un equipo integrado por investigadores, agentes de cambio y agricultores. Las actividades aludidas se refieren a la validación de las alternativas tecnológicas propuestas y a la retroalimentación requerida para mantener o descartar, parcial o totalmente, la vigencia de dichas alternativas. El resultado de estas actividades conduce a la entrega de la alternativa tecnológica debidamente validada.

VALIDACION DE LAS ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PROPUESTAS

La validación se considera como una prueba de campo a nivel extensivo, con la participación activa de agricultores de condición socio-

Estrategia de la investigación para la generación y transferencia de tecnología en sistemas de producción de pequeños agricultores



económica similar, en parcelas comprendidas en áreas cuya homogeneidad agro-ecológica haya sido definida como de extrapolabilidad confiable.

Los objetivos específicos perseguidos con esta actividad son:

- a) Evaluar el comportamiento agro-económico de la alternativa tecnológica propuesta, a nivel semicomercial, y bajo el manejo del agricultor en colaboración con el agente de cambio.
- b) Transferir el nuevo conocimiento a los agentes de cambio y a los agricultores de reconocido liderazgo en la región, mediante la técnica "aprender haciendo".
- c) Desarrollar la capacidad necesaria entre los agricultores participantes, para que colaboren después como monitores en la difusión de la tecnología mejorada.

Procedimiento

Para el logro de los objetivos señalados, la actividad de validación se desarrollará en las comunidades agrícolas mejor ubicadas, dentro del área de extrapolabilidad ya definida para la alternativa propuesta. En cada comunidad, donde existan grupos organizados de agricultores, se instalará una parcela de validación con agricultores que se identifiquen como líderes del grupo. Se sugieren parcelas de 0.5 a 1 ha, divididas en dos mitades para instalar la alternativa propuesta y la correspondiente a la tecnología del agricultor. Ambas parcelas serán manejadas exclusivamente por el agricultor bajo la dirección del agente de cambio. Cada agente de cambio atenderá 6 comunidades para que dentro de su tiempo disponible pueda dar atención a una parcela por día durante la semana de trabajo. Si las comunidades fueran muy grandes e hicieran necesario más

de un grupo organizado, se instalará una parcela por grupo. Los insumos requeridos serán suministrados por el Proyecto, y la tierra y la mano de obra por el agricultor; sin embargo, el Proyecto contará con un fondo que permita cubrir el pago de jornales en situaciones de emergencia.

Los agentes de cambio, que pueden ser los agentes de extensión y de crédito agrícola de la región, actuarán bajo la coordinación de uno de los miembros del grupo de investigación. Estos técnicos, unidos a los agricultores involucrados, formarán el equipo de validación, tal como se muestra en la Figura 4.3. Toda la actividad podrá ser considerada como un experimento de dos tratamientos (la alternativa y la tecnología del agricultor) y un número de repeticiones igual al de los grupos de agricultores involucrados.

Cronología de las actividades del equipo

A continuación se señalan, en orden cronológico, las principales actividades requeridas para desarrollar el proceso de validación.

- a) Reunión del grupo de investigación y los agentes de cambio de la región, para establecer las bases de la acción cooperativa (mes 5, año 1).
- b) Selección de las comunidades agrícolas donde habrá de desarrollarse la actividad de validación (mes 5, año 1).
- c) Identificación de los directivos de los clubes agrícolas correspondientes, para seleccionar al colaborador (mes 5, año 1).
- d) Motivación de los agentes de cambio y de los agricultores directivos de los clubes, mediante charlas informales y visitas a los campos experimentales (meses 6 y 10, año 1).

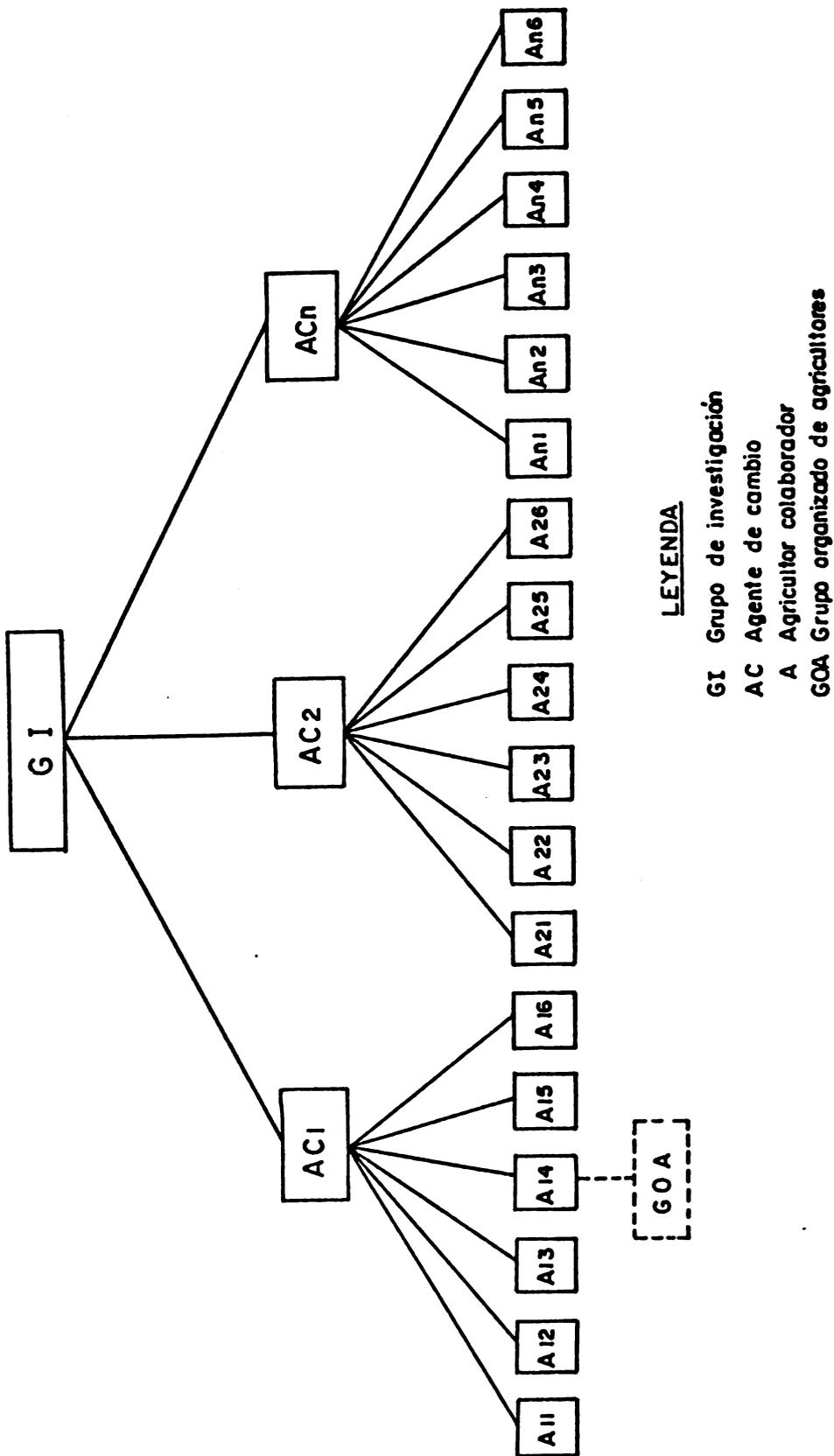


FIG. 4.3. Organigrama de la fase Transferencia de Tecnología

- e) Elaboración del programa de trabajo (mes 1, año 2).
- f) Integración del equipo de validación (mes 2, año 2).
- g) Seminario de uno ó dos días para presentar y discutir las características de la alternativa tecnológica propuesta (mes 2, año 2).
- h) Adiestramiento a los agentes de cambio y a los agricultores colaboradores, sobre la naturaleza y manejo de la alternativa tecnológica propuesta y sobre los procedimientos de recolección de los datos requeridos para la evaluación, mediante el uso de ayudas audiovisuales y demostraciones simuladas (mes 3, año 2).
- i) Localización y medición de los campos donde habrán de instalarse las parcelas de validación (mes 4, año 2).
- j) Muestreo y análisis de suelos para reconfirmar los requerimientos de fertilización (mes 4, año 2).
- k) Preparación y distribución de los materiales requeridos (mes 5, año 2).
- l) Instalación de las parcelas, con ayuda de algunos de los miembros del club que estuvieron interesados (mes 5, año 2).
- m) Visitas periódicas del grupo técnico (agente de camino, semanal; grupo investigación, quincenal) para la recolección de los datos de evaluación y para dar el apoyo logístico necesario (meses 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, y 12, año 2). Se requerirán datos sobre comportamiento agronómico (rendimiento) y sobre costos de producción.

RETROALIMENTACION

Con esta actividad, complementaria de la anterior, se completa el primer ciclo del sistema general, y se inicia el siguiente, como parte del proceso dinámico emprendido para la búsqueda gradual de las mejores

soluciones. Se considera que su ejecución permitirá sistematizar la recolección y el flujo de la información de campo requerida en las fases anteriores, para actualizar el conocimiento sobre la situación de la problemática, y mejorar los modelos de solución mediante los ajustes o cambios que se juzguen necesarios. Si esto último no fuera necesario, la alternativa quedaría automáticamente validada.

Los objetivos específicos perseguidos con esta actividad son los siguientes:

- a) Determinar el grado de aceptación de la alternativa tecnológica en proceso de validación.
- b) Identificar las causas que restrinjan el comportamiento esperado y el grado de aceptación de la alternativa tecnológica propuesta, y
- c) Confirmar o cuestionar la aplicabilidad inmediata de dicha alternativa.

Procedimientos

La actividad de retroalimentación se inicia en el inciso m) del procedimiento indicado en la actividad de validación.

La observación periódica de las parcelas y el trato continuado con los agricultores colaboradores, permitirá al agente de cambio recolectar la información requerida para el logro de los abjetivos que se persiguen.

Se procederá de la siguiente manera:

- a) Se correrán encuestas de opinión (2 por cosecha) entre los agricultores colaboradores, mediante formularios especiales (meses 6, 8, 10 y 12, año 2)
- b) Se enviará la información a la fase de diseño, vía fases de diagnóstico y de prueba de tecnología, para el análisis e interpretación

final de los resultados (meses 6, 8, 10 y 12, año 2). En cada envío el agente de cambio incluirá sus observaciones personales.

Las observaciones que se hagan deberán ayudar a:

- Evaluar las bondades agronómicas de la alternativa.
- Hacer una evaluación económica de esta.
- Detectar los cambios necesarios para una mejor compatibilidad con la finca en general.
- Anotar las ventajas y desventajas que el agricultor encuentre en el sistema alternativo, comparado con el suyo.
- Detectar necesidad de apoyo institucional para ayudar a la adopción.

ANEXO 1

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ALVIM, P. de T. Energía solar y producción agrícola. Agronomía (Perú) 29:115-123. 1962.
2. ANDREW, C. O. y HILDEBRAND, P. E. Planificación y ejecución de la investigación aplicada. Guatemala, 1977. 132 p.
3. BURGOS, C.F. Bosquejo sobre la metodología seguida por CATIE en la ejecución del proyecto de sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 29 p.
4. _____. Importancia de la investigación en fertilidad de suelos como componentes de los estudios en sistemas integrados de producción agrícola. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 7 + 7 p.
5. CORDERO, A. Principles of undercropping; effects of nitrogen fertilization and row arrangement on growth, nitrogen accumulation, and yield of corn and interplanted understory annuals. Thesis Ph. D. Raleigh, North Carolina State University, 1977. 158 p.
6. CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Descripción y evaluación del sistema de cultivos (maíz+arroz)- frijol de costa; una alternativa para el sistema arroz-frijol practicado por los agricultores de Yojoa, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 135 p.
7. _____. Descripción y evaluación del sistema de cultivos maíz/frijol de costa-maíz: una alternativa para el sistema maíz-maíz practicado por los agricultores de Yojoa, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 117 p.
8. _____. Descripción y evaluación del sistema de cultivos (maíz+ pipián) - (maíz + pipián): una alternativa para el sistema (maíz+ ayote)-(maíz+ayote) practicado por los agricultores de Yojoa, Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 114 p.
9. _____. Sorgo y frijol asociados en fajas alternas, una alternativa para el mejoramiento del sistema frijol en monocultivo practicado en Samulalí, Matagalpa, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 73 p.
10. _____. Descripción de una alternativa para el sistema de producción maíz asociado con sorgo practicado por agricultores del Municipio de Tejutla, Chalatenango, El Salvador. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 54 p.
11. _____. Descripción de una alternativa para el sistema maíz en primera y frijol en postrera, practicado por agricultores de la zona de Palmares de Pérez Zeledón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 169 p.

12. COCHRAN, W. G. y COX, G. M. Experimental designs. 2. ed. New York, Wiley, 1957. 611 p.
13. DILLON, J. L. The economics of system research. Agricultural Systems 1:5-22. 1976.
14. DOS SANTOS, M. A. Evaluación biológica de agrosistemas basados en el cultivo de la yuca (Manihot esculenta) y su rentabilidad económica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE, 1978. 172 p.
15. DUCKHAN, A.N. y MASEFIELD, G. B. Farming systems of the world. London, Chatto & Windus, 1971. 542 p.
16. GARRITY, D. P. et al. Evaluating alternative field crop patterns for upland rice areas. Los Baños, Philippines, IRRI, 1975. 47 p.
17. GOMEZ, K. A. On farm testing of cropping systems. In Symposium on Cropping Systems Research and Development for the Asian Rice Farmer. Los Baños, Philippines, IRRI, 1976. s.p.
18. HART, R. D. One farm system in Honduras: a case study in farm systems research. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 20 p.
19. HART, R. D. Agroecosistemas; conceptos básicos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 250 p. (Capítulo 13. pp. 188-200)
20. _____. An ecological systems conceptual framework for agricultural research and development. Turrialba, Costa Rica, CATIE 1979. 19 p.
21. HARWOOD, R. R. Physical aspects of cropping patterns design, introduction. In Symposium on Cropping Systems Research and Development for the Asian Rice Farmer. Los Baños, Philippines, IRRI, 1976. s.p.
22. HARWOOD, R.R. Toward the well-being of the small tropical farmer. New York, International Agricultural Development Service, 1975?. 66 p.
23. KASS, D. C. L. Polyculture cropping systems: review and analysis. New York, Cornell University. Cornell International Agriculture. Bulletin No. 32. 1978. 69 p.
24. LEACH, G. Energy and food production. London, IPC Sc. and Tech Press, 1976. 137 p.
25. LIBRERO, F. Two alternatives in evaluating cropping systems. Proceedings. s.l., IRRI, 1976. pp. 261-275.
26. MENEGAY, M. R., HUBBELL, J. N. y WILLIAM, R. D. Crop intensity index, a research method of measuring land use in multiple cropping. HortScience 13:8-12. 1978.

27. NAVARRO, L.A. Víctor Manuel Víquez, estudio de caso en Costa Rica; informe preliminar. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 77 p. .
28. NELLIAT, E. V. , BAVAPPA, K. V. y NAIR, P. K. Multi-storeyed, a new dimension in multiple cropping for coconut plantations. *Work Crops* 26:262-266. 1974.
29. NORMAN, D. W. y PALMER-JONES, R. W. Economic methodology for assessing cropping systems. *Proceedings*. s.l., IRRI, 1976. pp. 241-245.
30. PIMENTEL, D. et al. Food production and the energy crisis. *Science* 182:443-449. 1973.
31. RUTHENBERG, H. The development of crop research in the humid and semi-humid tropics. *Plant Research and Development* 6:7-27. 1977.
32. SANCHEZ, P. A. Soil management in multiple cropping systems. In Sánchez, P. A. Properties and management of soils in the tropics. New York, Wiley, 1976. pp. 478-532.
33. TRENBATH, B. R. Plant interactions in mixed crop communities. In American Society of Agronomy. Multiple Cropping. Madison, Wisconsin. ASA. Special Publication No. 27. 1976. 378 p.
34. WEITZ, R. From peasant to farmer: a revolutionary strategy for development. Columbia University Press, 1971. 292 p.
35. WHARTON, C. R. ed. Subsistence agriculture; Concepts and scope. In In Subsistence agriculture and economic development. Aldine, Chicago, 1969. 481 p.
36. ZANDSTRA, H. et al. Caqueza; experiencias en desarrollo rural. Ottawa, IDRC, 1979. 386 p.
37. ZANDSTRA, H. G. Cropping systems research at IRRI. In Cropping Systems Workshop, Naha Illuppallana, Sri Lanka, April 20-21, 1976. s.p.
38. _____, and PRICE, E.C. Research topics critical for the intensification of rice based cropping systems. Los Baños, Philippines, IRRI, 1977. s.p.
39. _____. Cropping systems research for the asian rice farmer. Los Baños, Philippines, IRRI, 1977? 29 p.

ANEXO 2

PUBLICACIONES DERIVADAS DEL PROYECTO SCPA

CATIE
CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
Programa de Cultivos Anuales

LISTA DE DOCUMENTOS SOBRE SISTEMAS DE CULTIVO
PREPARADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO CATIE/ROCAP
"SISTEMAS DE CULTIVO PARA PEQUEÑOS AGRICULTORES"

Turrialba, Costa Rica
Octubre, 1979

- (107)
JOHNSON, T.D. Limiting factor economic evaluation of cropping system. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 31 p.
- (113)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Primer informe anual, contrato AID 596-153-CATIE/ROCAP, sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, 1976. 30 p. (See also english version (167))
- (125)
BAZAN, R. Programa de investigación en sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 14 p.
- (163)
BAZAN, R. Fertilización con nitrógeno y manejo de leguminosas de grano en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. 26 p. 18 ref.
- (164)
BAZAN, R. Sistemas de producción agrícola y transferencia de tecnología al pequeño agricultor. In: Reunión Técnica Regional sobre Transferencia de Tecnología a los Productores Maracay, Ven., 1975. Informe. Maracay, Venezuela, IICA. Zona Andina, 1975. 24 p. 15 ref.
- (165)
BAZAN, R. Los paquetes tecnológicos, su preparación y utilización en la agricultura. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 8 p. 8 ref.
- (166)
BAZAN, R. et al. Estudio comparativo sobre la productividad de ecosistemas tropicales bajo diferentes sistemas de manejo. In: Reunión Técnica de Programación sobre Investigaciones Ecológicas para el Trópico Americano, Maracaibo, Ven., 1973. Informe. Maracaibo, Venezuela, Universidad del Zulia e IICA. Programa IICA-Trópicos, 1973. 17 p.
- (167)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Small farmer cropping systems for Central America; first annual report June 10, 1975 - June 30, 1976; contract No. AID 596-153 (CATIE-ROCAP). Turrialba, Costa Rica, 1976. 19 p. (Véase también versión en español (113))
- (168)
MATED, N. y MORENO, R. Estudio de siete sistemas de producción agrícola en Plataneros de Pérez Zeledón, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 23 p.
- (171)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Informe resumido de la encuesta preliminar en Costa Rica, Nicaragua y Honduras Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 23 p.
- (173)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Summaries of the magister scientiae theses done at CATIE on cropping systems. Turrialba, Costa Rica, 1977. 33 p.
- (174)
DESIR, S. y PINCHINAT, A.M. Producción agronómica y económica de maíz y frijol común asociados, según tipo y población de plantas. Turrialba 26(3):237-240. 1976. 8 ref.
- (175)
GARCIA M., J. y PINCHINAT, A.M. Producción asociada de maíz y soya a diferentes densidades de siembra. Turrialba 26(4):409-411. 1976. 6 ref.
- (176)
HART, R.D. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. I. The effect of interspecific competition on crop yield. Turrialba 25(3):294-301. 1975. 4 ref.
- (177)
HART, R.D. A bean, corn and manioc polyculture cropping system. II. A comparison between the yield and economic return from monoculture and polyculture cropping systems. Turrialba 25(4):377-384. 1975. 21 ref.
- (202)
ARAUJO, J.E. Desarrollo agrícola. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 4 p.
- (203)
SORIA V., J. Los sistemas de agricultura en el istmo centroamericano. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 21 p. 20 ref. [También en: Rev. Biol. Trop., 24 (Supl. 1): 57-68, 1976]

- (204)
SORIA V., J. Introducción a la agricultura de cultivos tropicales perennes. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 19 p. 18 ref.
- (205)
BRADFIEL, S. La posición social del campesino y sus consecuencias para el desarrollo agrícola en los países tropicales. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 10 p.
- (206)
VALVERDE, V.; ARROYAVE, G. y FLORES, M. Revisión de la contribución calórica y proteínica de las poblaciones de bajo nivel socio-económico en Centro América; existe un problema de proteínas. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica CATIE, 1975. 15 p. 39 ref.
- (207)
MORAN, M.J. Mercadeo agropecuario y sistemas de producción agrícola. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 36 p.
- (208)
VANDERMEER, J.H. Los potenciales de los agroecosistemas tropicales hacia un amalgamado de teoría y práctica. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 12 p. 48 ref.
- (209)
FORSYTHE, W. M. Las condiciones físicas del suelo y la producción. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 12 p. 38 ref.
- (211)
SANCHEZ, P.A. Aspectos agronómicos de los sistemas tradicionales de producción en el trópico americano. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 33 p. 147 ref.
- (212)
ECHANDI Z., R. Producción de semillas de calidad. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica CATIE, 1975. 17 p. 15 ref.
- (213)
LOS INSECTOS como organismos integrantes de un agro-ecosistema; características bio-ecológicas y económicas. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 29 p. 44 ref.
- (214)
WYMORE, A. W. Un bosquejo de los conceptos básicos de la ingeniería de sistemas. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 26 p. 81 ref.
- (215)
PAEZ, G. Delineamiento experimental de sistemas de producción agrícola. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 21 p. 10 ref.
- (216)
PINCHINAT, A.M. Estrategias para desarrollar estudios de campo sobre agrosistemas de producción en el trópico. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 6 p.
- (217)
MATEC, N. Objetivos, manejo y control de experimentos en sistemas de producción para pequeño agricultores. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 4 p.
- (218)
RAY, H. E. y MONTEROSO, J. L. Transferencia de tecnología. In: Curso Intensivo sobre Sistemas de Producción Agrícola para el Trópico, Turrialba, C.R., 1975. /Trabajos/ Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1975. 13 p.

- (221)
 JOHNSTON, T.D. El achote como una alternativa promisoría para incluir en sistemas del pequeño agricultor. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 63 p. 12 ref. (See also english version (329))
- (222)
 LARROS C., J.F. y MORENO M., R.A. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la papa en diferentes sistemas de cultivo. I. Mildiu polvoroso y roña. Turrialba 26(4):389-398. 1976. 22 ref.
- (223)
 LAS ENFERMEDADES de las plantas y los sistemas de cultivo. Actividades en Turrialba 3(4):3-4. 1975. (See also english version (444))
- (224)
 MORENO, R. Diseminación de *Acochyta phaseolorum* en variedades de frijol de costa bajo diferentes sistemas de cultivo. Turrialba 25(4):361-364. 1975. 4 ref.
- (226)
 NAVARRO, L.A. Víctor Manuel Víquez, estudio de caso en Costa Rica; informe preliminar. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 77 + 24 p.
- (227)
 NAVARRO, L. y MORENO, R. El enfoque multidisciplinario en la investigación agrícola con pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 8 p.
- (229)
 LINCHEINAT, A.M.; SORIA, J. and BAZAN, R. Multiple cropping in Tropical America. In: Symposium on Multiple Cropping, Knoxville, Tennessee, 1975. /Proceedings/ Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, 1976. pp. 51-61. 30 ref.
- (232)
 SELIERS, S. The relationship between land tenure and agricultural production in Tucurrique, C.R. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 11 p.
- (233)
 SISTEMAS DE producción agrícola probados en el CATIE, Turrialba. Aspectos agronómicos y económicos. In: Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Reunión Anual, 22., San José, Costa Rica, 1976. Memoria. San José, Costa Rica, MAG/IICA, 1976. 11 p. 2 ref.
- (234)
 SISTEMAS DE producción de cultivos alimenticios; resultados preliminares. Actividades en Turrialba 3(2):2-4. 1975. (See also english version (438))
- (235)
 SORIA, J. Farming systems under various ecological conditions of Latin America, and the improvement of traditional farming with specific preference to the small holders. In: Expert Consultation on Agricultural Research in Latin America, Panamá, 1975. /Supers/ Panamá, FAO, 1975. pp. 113-122. 20 ref.
- (236)
 SORIA, J. et al. Investigación sobre sistemas de producción agrícola para el pequeño agricultor del trópico. Turrialba (Costa Rica) 25(3):283-293. 1975. 14 ref.
- (238)
 VICTOR, A. y FORSYTHE, W. M. Drenaje superficial por diferentes tamaños de camellones hechos a mano en un cultivo de maíz y frijol asociados. Turrialba 26(4):357-364. 1976. 28 ref.
- (239)
 BAZAN, R. et al. Desarrollo de sistemas de producción agrícola, una necesidad para el Trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1974. 12 p.
- (259)
 FORSYTHE, W. M. Parcela demostrativa del control de erosión en un cultivo de maíz. In: Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Reunión Anual 22., San José, Costa Rica, 1976. Memoria. San José, Costa Rica, MAG/IICA, 1976. 4 p. 1 ref.
- (260)
 MORENO, R.A. Efecto de diferentes sistemas de cultivo sobre la severidad de la mancha angular del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) causada por *Isariopsis griseola* Sacc. Agron. Cost. 1(1):39-42. 1977. 17 ref.
- (329)
 JOHNSTON, T.D. Achote, a promising alternative for inclusion in small farming systems. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1976. 73 p. 12 ref. (Véase también versión en español (221))
- (438)
 FOOD CROP production systems; preliminary results. Activities at Turrialba 3(2):2-4. 1975.

(440)

AGRICULTURAL PRODUCTION systems tested at CATIE, Turrialba; agronomic and economic aspects /Summary/. Activities at Turrialba (Costa Rica) 4(3):3-5. 1976.
(Véase también versión en español (441))

(441)

SISTEMAS DE producción agrícola probados en el CATIE, Turrialba; aspectos agronómicos y económicos /Resumen/. Actividades en Turrialba (Costa Rica) 4(3):3-5. 1976.
(See also english version (440))

(444)

PLANT DISEASES and cropping systems. Activities at Turrialba 3(4):3-4. 1975. (Véase también versión en español (223))

(445)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. CATIE-ROCAP project on small farm cropping systems. Turrialba, Costa Rica, 1975. 11 p.

(450)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Aspectos administrativos del proyecto de sistemas de producción agrícola para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 40 p.

(479)

HOLLE, M. Las hortalizas en sistemas de producción para condiciones del pequeño agricultor; informe final de consultoría. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 50 p. 18 ref.

(659)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. A farming System Research Approach for Small Farms of Central America. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1977. 34 p.

(1079)

WYMORE, W. Sistemas para un pequeño agricultor. Turrialba, Costa Rica. CATIE. n.d. 14 p.

(1199)

BLACK, T. and BLACK, S. Interplanting helps increase Central America food supply. Organic Gardening and Farming 24(7):132-134, 136. 1977.

(1200)

SELLERS, S. Tipos de agricultores en Tucurrique, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 17 p.

(1201)

HOLLE, M. Las hortalizas en la alimentación de Centroamérica en base a la evaluación nutricional de la población realizada por INCAP. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 20 p. 9 ref.

(1202)

BURGOS, C.F. Importancia de la investigación en fertilidad de suelos como componente de los estudios en sistemas integrados de producción agrícola. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1977. 9 p.

(1203)

WEED MANAGEMENT project. Activities at Turrialba. (Costa Rica) 5(1-2):7-10. 1977.

(También en español n° 1204)

(1204)

PROYECTO DE manejo de malezas. Actividades en Turrialba. (Costa Rica) 5(1-2):7-10. 1977.

(Also in english N° 1203)

(1205)

WYMORE, A.W. Sobre el diseño de un sistema para manejar datos experimentales. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1975. 17 p.

(1208)

BURGOS, C.F. Bosquejo sobre la metodología seguida por CATIE en la ejecución del Proyecto de Sistemas de Cultivos para Pequeños Agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 29 n.

(1215)

BURGOS, C.F. Descripción de los sistemas de cultivo y algunas características de los agricultores de Guápiles, Pococí, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 25 p.

- (1235)
OSORO, P. Consideraciones sobre técnicas experimentales en la investigación de sistemas de producción de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 35 p.
- (1247)
NAVARRO, L.A. Dealing with risk and uncertainty in crop production, a lesson from small farmers. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 29 p.
- (1248)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA. Resúmenes de tesis sobre sistemas de cultivo presentadas en el CATIE para optar al título de Magister Scientiae. 1974-1977. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 47 p.
- (1298)
BURGOS, C.F. Plan de trabajo para la Zona Atlántica. Distritos de Guácimo y Cariari. Versión preliminar. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 12 p.
- (1468)
LARIOS, JF. y MORENO, R.A. Epidemiología de algunas enfermedades foliares de la yuca en diferentes sistemas de cultivo. II. Roya y muerte descendente. Turrialba, 27(2):151-156. 1977.
- (1634)
ENRIQUEZ, G.A. Sampling for plant analysis of common bean, *Phaseolus vulgaris* L. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 12p. 23ref
- (1638)
ENRIQUEZ, G.A. Mejoramiento genético sobre otros factores limitantes de la producción de frijol *Phaseolus vulgaris*, diferentes de enfermedades e insectos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 50p. 66ref.
- (1654)
SISTEMAS DE cultivo para pequeños agricultores. actividades durante el año 1976-1977. Actividades en Turrialba (Costa Rica) 5(3):6-7. 1977.
 (Also in english, N° 1655)
- (1217)
HOLLE, M. v SAUNDERS, J. Descripción de los sistemas de cultivo y algunas características de los agricultores de San Isidro del General, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 18 p.
- (1218)
MORENO, R.A. Fundamentos del programa de sistemas de producción de cultivos para pequeños agricultores del CATIE. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 11 p.
- (1220)
NAVARRO, L.A. Requerimientos de los agricultores involucrados en el Proyecto de Sistemas de Cultivos del CATIE, hacia sus variedades de cultivo. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 23 p.
- (1228)
HOLLE, M. El análisis de los factores físico-biológicos utilizando información secundaria. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 12 p.
- (1229)
HOLLE, M. Factores agronómicos controlables Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1977. 6 p
- (1231)
JIMENEZ-SAA, H. Disponibilidad de los documentos agrícolas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1977. 12 p.
- (1232)
MORENO, R.A. Sistemas y enfoque de sistemas. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1977. 33 p.
- (1234)
NAVARRO, L.A. Evaluación socio-económica de las tecnologías en estudio. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 1977. 9 p.

(1655)

SMALL FARM cropping systems. general summary of activities during 1976 - 1977. Activities at Turrialba (Costa Rica) 5(3):6-7. 1977.

(También en español, N° 1654)

(1668)

HART, R. El concepto de Sistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 5 p.

(1669)

HART, R. Breve resumen de los principios y conceptos de ecología aplicable al estudio de sistemas agrícolas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 9 p.

(1670)

HART, R. Análisis de Sistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 5 p.

(1671)

HART, R. El agro-ecosistema como unidad de investigación. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 9 p.

(1672)

ANDRADE, M.E. El sistema de finca, la parte socio-económica en el análisis del ambiente. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 21 p. 17 ref.

(1673)

BURGOS, C.F. Investigación de sistemas de producción en cultivos anuales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 14 + 12 p.

(1674)

JIMENEZ-SAA, H. Los investigadores agrícolas latinoamericanos no divulgan la información que generan; breve análisis de la situación. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 17 p. 1 ref.

(1675)

ARZE, J. Los factores climáticos en el proceso de producción agrícola. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 24 p.

(1676)

NAVARRO, L. A. El enfoque de sistemas y herramientas específicas para el reconocimiento de los sistemas de cultivo, el agricultor y su ambiente total. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 47 p. 15 ref.

(1677)

NAVARRO, L. A. Reconocimiento de los sistemas de finca en las áreas de requebros agrícolas en Costa Rica, Nicaragua y Honduras. (Informe parcial). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 15 p.

(Also in english N° 1744)

(1736)

ENRIQUETA, G. A. Inheritance of maturity in basic grains and other tropical crops. A review. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 30 p.

(1737)

SAUNDERS, J. L. Cassava production and vegetative growth related to control duration of shoot flies and fruit flies. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 11 p.

(1738)

KING, A. B. S. Provisional list of insect and mite pests of food crops in Central America. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 9 p.

(1744)

NAVARRO, L. A. An understanding of the farming systems in the areas of operation of the small farmer cropping systems project, CATIE, 1977. (A partial report). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 15 p.

(También en español N°1677)

(1754)

KING, A.B.S. The pests of Sweet Potato (*Inomoea batatas*) at Turrialba, Costa Rica, with special reference to *Polygrammodes elovata* F. (Lep., Pyralidae) and its effect on yield. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 22 p.

(1755)

SAUNDERS, J.L. El uso de plaguicidas por agricultores de recursos limitados en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 7 p.

(1921)

LA DINAMICA de población de plagas de insectos en sistemas de cultivos mixtos. Actividades en Turrialba (Costa Rica) 5(4):5-7. 1977. (See also english versión N°1922).

- (1922)
POPULATION DYNAMICS of insect pests in mixed cropping system. Activities at Turrialba (Costa Rica) 5(4):5-7. 1977. (Véase también versión en español número 1941).
- (3447)
MORENO, R. Investigación en sistemas de cultivo en Centroamérica. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 1, pp. E1/1-5.
- (3454)
TIRADO S., H. Y ENRIQUEZ., G.A. Análisis económico preliminar de dos sistemas de producción cultivados bajo dos métodos de labranza y dos niveles de tecnología. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 1, pp. L2/1-8.
- (3471)
HOLLE, M. et al. Prueba de 6 arreglos cronológicos de maíz (CV. tuxpeño y local), frijol (*Phaseolus vulgaris* cvs. Turrialba 4 CATIE 1) y caupí (*Vigna unguiculata*) CV. CENTA 105) en el Cantón de Pérez Zeledón, Región Páccifico Sur, Costa Rica. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 1, pp. L19/1-24.
- (3472)
ENRIQUEZ, G.A. Frijol alado *Psophocarpus tetragonolobus*, una leguminosa de alto valor nutritivo, para pequeños productores de los trópicos americanos. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 1, pp. L20/1-17.
- (3476)
MORA., L.E. y MORENO., R.A. Incidencia y severidad de la roya del frijol (*Uromyces phaseoli*) en monocultivo y asociado con maíz. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 1, pp. L24/1-2.
- (3538)
SHENK, M., JOHNSTON., T.D. y LOCATELLI., E. Evaluaciones económicas de sistemas de producción para pequeños productores: el caso de retribución a los factores limitantes. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 3. pp. M51/1.
- (3569)
JIMENEZ-SAA., H. y RUIZ., S.E. Análisis de la información publicada por el PCCMCA. In Reunión Anual del PCCMCA, 24a., San Salvador, 1978. Memoria, San Salvador, CENTA, 1978. v. 3. pp. H13/1-13.
- (3704)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Cropping system research in semi-arid regions of Central America. A proposal submitted to the International Development Research Center by CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1978. 43 p.
- (3705)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Annual report 1977-1978. Small farmers cropping systems research project in Central America. Contract N° AID 596-153 (CATIE - ROCAP). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 86 p.
- (3709)
DON VICTOR: A small farmer in Costa Rica. Activities at Turrialba. (Costa Rica) 6(1):3-8, 1978.
(También en español N° 3710)
- (3710)
DON VICTOR: Un pequeño agricultor en Costa Rica. Actividades en Turrialba. (Costa Rica) 6(1):3-8, 1978.
(Also in english N° 3709)
- (3738)
NAVARRO, L.A. Una metodología general de investigación agrícola basada en el enfoque de sistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 24 p.
- (3739)
NAVARRO, L.A. El problema general de la agricultura y la investigación agrícola basada en el enfoque de sistemas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 25 p.
- (3744)
BEJARANO, W. Descripción geográfica del corregimiento del Cuzán Chiriquí Panamá; zona seleccionada para el proyecto de investigación en sistemas de cultivos para pequeños agricultores. IDIAP-CATIE. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 1978. 66 p.

(3744)
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION
Y ENSEÑANZA. Small farmer cropping
systems for Central America; second
annual report, July 1976-June 1977.
Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978.
51 p.

(3755)
HART, R. El ordenamiento y las variaciones de in-
formación agropecuaria en sistemas agroclimá-
tico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977.
29 p.

(3782)
BURGOS, C.F. Sistemas integrados de cul-
tivos alimenticios como medio para
proveer una dieta adecuada. Turrialba,
Costa Rica. CATIE, 1978. 37 p.

(3784)
DÍAZ-ROMERO, R. Características químicas de suelos
de sitios experimentales del proyecto de
sistemas de producción para pequeños agricul-
tores en Guácimo y Cariari provincia de Limón,
Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE,
1978. 10 p.

(3798)
MENESES, R. Descripción general del procedimiento
de trabajo seguido en Guápiles, Pococí, Costa
Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978.
8 p.

(3796)
HOLLE, M. Análisis de los requisitos del
proceso de producción de brassicas
con énfasis en repollo (*Brassica
oleracea* var. capitata). Turrialba,
Costa Rica, CATIE, 1978. 23 p.

(3811)
HART, R.D. Methodologies to produce
agroecosystem management plans for
small farmers in tropical environments.
Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978.
15 p.

(3861)
MORENO, R.A. and HART, R.D. Intercropping
with cassava in Central America.
Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978.
22 p.

(3866)
ARZE BORDA, J. Flujoograma para la gene-
ración y uso de tecnología agrope-
cuaria como un marco conceptual de
referencia. Turrialba, Costa Rica,
CATIE, 1978. 13 p.

(3963)
JIMENEZ-SAA, H. Investigación y documentación
agrícola en América Latina. Desarrollo Rural
en las Américas (Costa Rica) 6(3):208-225.
1976.

(4058)
HART, R.D. Un marco conceptual para la investi-
gación con sistemas agrícolas. Turrialba,
Costa Rica, CATIE, 1979. 22 p.

(4061)
HART, R.D. An ecological systems conceptual
framework for agricultural research and
development. Turrialba, Costa Rica, CATIE,
1979. 20 p.

(4135)
BAZAN, R. Proyecto de sistemas de produc-
ción para pequeños agricultores:
caracterización de los suelos de los
sitios experimentales. Turrialba,
Costa Rica, CATIE 1978. 26 p.

(4136)
WALKER, J.L. y BEJARANO, W. Uso práctico
de los modelos discontinuos para in-
terpretación rápida de la respuesta
de cultivos a la aplicación de ferti-
lizantes. Turrialba, Costa Rica, CATIE,
1978. 89 p.

También en Reunión Anual del PCCMCA,
24^a, San Salvador, 1978. Memoria, San
Salvador, CENTA, 1978. v. 3. Resumen.

(4140)
BAZAN, R. Reseña del trabajo sobre suelos
análogos en América Central. Turrialba,
Costa Rica, CATIE, 1978. 28 p.

(4141)
MARIN C., E. Metodología utilizada en el
aspecto bioclimático. Turrialba, Costa
Rica, CATIE, 1978. 16 + 7 p.

(4142)
RICO NAVES, M.A. Metodología utilizada en el
aspecto de suelos. Turrialba, Costa
Rica, CATIE, 1978. 13 p.

- (4144)
RICO NAVES, M.A. Resultados obtenidos de la computación de las variables consideradas para comparar los suelos de El Salvador. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 6 p.
- (4145)
BAZAN, R. Analogías de suelos en Honduras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 6 p.
- (4146)
DENYS, R. Los suelos agrícolas de El Salvador de 0 a 500 metros sobre el nivel del mar. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 12 p.
- (4147)
BAZAN, R. II reunion regional sobre fertilidad y análogos de suelos San Salvador, El Salvador, marzo 13-18, 1978. Informe final. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 7 + 4 p.
- (4150)
DUISBERG, P.C. and NEWTON, H.P. Soil science in Costa Rica classification, fertility and conservation. Turrialba Costa Rica, CATIE, 1978. 20 p.
- (4151)
NEWTON, H.P. and DUISBERG, P.C. Soil science in El Salvador classification, fertility and conservation. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 35 p.
- (4152)
NEWTON, H.P. and DUISBERG, P.C. Soil science in Guatemala classification, fertility and conservation. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 37 p.
- (4153)
NEWTON, H.P. and DUISBERG, P.C. Soil science in Honduras classification, fertility and conservation. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 27 p. + 11 mapas.
- (4154)
NEWTON, H.P. and DUISBERG, P.C. Soil science in Nicaragua classification, fertility and conservation. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 30 + 12 p.
- (4155)
NEWTON, H.P. and DUISBERG, P.C. Soil science in Panamá classification, fertility and conservation. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 15 + 9 p.
- (4160)
NEWTON, H.P. y BEJARANO, W. Método tentativo para identificar suelos con manejo semejante y un sistema para extrapolar prácticas de manejo de suelos semejantes de una área a otra. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1977. 24 p.
- (4178)
ZAFFARONI, E. et al. Análisis económico de sistemas de producción agrícola con énfasis en alternativas de laboreo y no laboreo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 21 p.
- (4271)
EL USO racional del frijol alado en los sistemas de cultivos, para mejorar la nutrición de pequeños productores de los trópicos húmedos. Actividades en Turrialba (Costa Rica) 6(3):3-6. 1978.
(Also in english N° 4272)
- (4272)
THE RATIONAL use of winged bean in cropping systems, to improve the nutrition of the small farmers in the humid tropics. Activities at Turrialba (Costa Rica) 6(3):3-6. 1978.
(También en español N° 4271)
- (4274)
HOLLE, M. Datos del clima en las áreas de trabajo del proyecto de investigaciones en sistemas de cultivo para pequeños agricultores: 1. Costa Rica; 2. Nicaragua; 3. Honduras; 4. El Salvador; 5. Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1978. 99 p. (p. irr).
- (5022)
ZAFFARONI, E. et al. Influencia del no laboreo en la producción de maíz y frijol, en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 21 p.

(5113)

MORENO, R.A. and HART, R.D. Cassava intercropping in Central America. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 23 p.

(5116)

MORENO, R.A. Crop protection implication of cassava intercropping. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 38 p.

(5122)

BEJARANO, W. y BAZAN, R. Suelos anólogos en Centroamérica: un mecanismo para extrapolar resultados experimentales. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 22 p.

(5130)

NAVARRO, L.A. Generación, evaluación, validación y difusión de tecnologías agrícolas mejoradas y apropiadas para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 31 p.

(5351)

HART, R.D. One farm system in Honduras: A case study in farm systems research. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 20 p.

(5404)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Small farmer cropping systems for Central America final report June 1975-march 1979; contract No. AID 596-153 (CATIE/ROCAP) Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 101 p.

(5405)

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. Sistemas de cultivos para pequeños agricultores de Centro América; informe final junio 1975-marzo 1979; contrato No. AID 596-153 (CATIE/ROCAP). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 106 p.

(5406)

BURITY, H.A. Efecto en el suelo y en los rendimientos de los sistemas yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.) de cinco manejos previos a la siembra en Turrialba, Costa Rica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 21 p.

(5407)

BURITY, H.A. Efecto de la preparación del suelo sobre los rendimientos de los sistemas yuca (Manihot esculenta Crantz) y yuca asociada con frijol (Phaseolus vulgaris L.). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 27 p.

(5408)

BURITY, H.A. Evaluación económica del manejo de la vegetación previo a la siembra con énfasis en el cultivo de yuca (Manihot esculenta Crantz). Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 28 p.

(5409)

PALENCIA, A. Prueba extensiva de alternativas promisorias. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 8 p.

(5410)

BEJARANO, W. Uso de información secundaria en la caracterización del suelo y del clima en áreas seleccionadas. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 12 p.

(5411)

NAVARRO, L. Selección y caracterización de áreas como guía a la investigación agrícola aplicada. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 47 p.

(5412)

HOLLE, M. Un resultado de la investigación mediante el enfoque de sistemas: preparación de alternativas tecnológicas al sistema del agricultor. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 10 p.

(5413)

MORENO, R. Algunos criterios para evaluar sistemas de producción de cultivos de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 33 p.

(5414)

BURGOS, C. Mecánica para la prueba de sistemas de cultivo en diferentes lugares. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 31 p.

(5415)

SHENK, M. Procedimiento para la aplicación de plaguicidas en sistemas de cultivo para pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 11 p.

(5416)

SAUNDERS, J.L. y SHENK, M. Relación entre el tipo de labranza y la incidencia de plagas en los sistemas de producción de cultivos de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 7 p.

(5417)

SAUNDERS, J.L. Algunas prácticas comunes para combatir insectos en sistemas de producción de cultivos de pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 7 p.

(5418)

MORENO, R. El agroecosistema de la yuca. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 32 p.

(5419)

MORENO, R. Algunos sistemas de producción de cultivos anuales de pequeños agricultores en el Istmo Centroamericano. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 37 p.

(5420)

MORENO, R. Algunos estudios epidemiológicos de enfermedades en sistemas mixtos de producción de cultivos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 37 p.

(5421)

HART, R. El papel de modelos en la investigación y desarrollo agrícola. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 10 p.

(5422)

HART, R. Agroecosistemas del trópico. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 7 p.

(5423)

KING, A.B.S. Manejo de plagas en cultivos hortícolas, con consideración especial de la producción de tomate en zonas no tomateras. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 13 p.

(5424)

NAVARRO, L. Restricciones socio-económicas reflejadas en los sistemas de cultivo practicados por pequeños agricultores. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 18 p.

(5425)

OÑORO, P. Experimentación en sistemas de cultivos. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 31 p.

(5426)

JIMENEZ-SAA, H. Documentación de la literatura sobre entomología económica. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1979. 11 p.

INDICE DE AUTORES

- ALVIM, P. DE T. 166
 ANDRADE, M.E. 1672
 ARAUJO, J.E. 202
 ARROYAVE, G. 206
 ARZE BORDA, J. 1675,3866
- BAZAN, R. 125,163,164,165,166,229
 239,4135,4140,4145,4147,5122
 BENJARAMO, W. 3744,4136,5122,5410
 BLACK, S. 1199
 BLACK, T. 1199
 BRADFIELD, S. 205
 BURGOS, C.F. 1202,1208,1215,1298,
 1673,3782,5414
 BURITY, H.A. 5406,5407,5408
- CATIE 113,167,171,173,445,450,659,
 1248,3704,3705,3748,5404,5405
- DENYS, R. 4146
 DESIR, S. 174
 DIAZ-ROMEU, R. 3784
 DUISBERG, P.C. 4150,4151,4152,4153,
 4154,4155,4160
- ECHANDI Z., R. 212
 ENRIQUEZ, G.A. 1634,1638,1736,3454
 3472
- FARGAS, J. 236
 FLORES, M. 206
 FORSYTHE, W.M. 209,236,238,259
- GARCIA M., J. 175
- HART, R.D. 176,177,1668,1669,1670,
 1671,3755,3811,3861,4055,4061,
 5113,5351,5421,5422
 HOLLE, M. 479,1201,1217,1228,1229,
 3471,3796,4274,5412
- JIMENEZ-SAA, H. 1231,1674,3569,3963,5426
 JOHNSTON, T.D. 107,221,329,3538
- KING, A.B.S. 1738,1754,5423
- LARIOS C., J.F. 222,1468
 LOCATELLI, E. 3538
 MARIN, E. 4141
 MATEO, N. 168,217,236,239
 MENESES, R. 3788
- MONTERROSO, J.L. 218
 MOREA, L.E. 3476
 MORAN, M.A. 207
 MORENO M., R.A. 160,222,224,227,236,240,
 1213,1232,1468,2447,2476,3981,4115
 5416,5413,5418,5419,5420
- NAVARRO, L.A. 226,227,229,1234,1147,
 1676,3677,1744,3738,3739,4150,4151,5417
 NEWTON, H.P. 4150,4151,4152,4153,4154,
 4155,4160
- ONORO, P. 1235,1425
- PAEZ, G. 166,215,236,239
 PALENCIA-ORTIZ, A. 5409
 PINCHINAT, A.M. 174,175,216,229,236,239
- RAY, H.E. 218
 RICO NAVES, M.A. 4142,4144
 RUIZ, S.E. 3569
- SANCHEZ, P.A. 211
 SAUNDERS, J.L. 1217,1737,1755,5416,5417
 SELLERS, S. 232,1200
 SHENK, M. 3538,5415,5416
 SORIA V., J. 166,203,204,229,235,236,
 239
- TIRADO S., H. 3454
- VALVERDE, V. 206
 VANDERMEER, J.H. 208
 VICTOR, A. 238
- WALKER, L.J. 4136
 WYMORE, A.W. 214,1205,1079
- ZAFFARONI, E. 4178,5022

INDICE DE MATERIAS

ACHIOTE 221,329	EL SALVADOR
AGROECOSISTEMAS 208,1671,3811, 5418,5422	clima 4274
AREAS	suelos 4144,4146,4151
selección 5411	ECOLOGIA 1669
caracterización 3744,5411	ECONOMIA 107,174,177,1234,5424
ARREGLO DE CULTIVOS	ENCUESTA PRELIMINAR 171
cronológico 3471	EROSION 259
CAMOTE 1754	ESTUDIO DE CASO 226,3709,3710,5351
CAUPI 224,3471	EXPERIMENTO CENTRAL 233,234,236,239,438 440,441
CLIMATOLOGIA 1228,1675,4274,5410	EXTRAPOLACION 4160,5122
COMERCIALIZACION 207	FACTORES AGRONOMICOS
COMPETENCIA	control 1229
de cultivos 176	FERTILIZACION 163,4136
COSTA RICA	FITOMEJORAMIENTO 1638,1736
encuesta 171	FITOPATOLOGIA 222-224,260,444,3476,5420
estudio de caso 226,3709,3710	FRIJOL 260,1638,5022
Guápiles 1215,1298	/mafz 174
Pérez Zeledón 168,3471	/mafz/caupf 3471
San Isidro 1217	/mafz/yuca 176,177
sistemas agrícolas 1677	FRIJOL ALADO 3472,4271,4272
suelos 4150	GUATEMALA
Tucurrique 232,1200	clima 4274
CULTIVOS PERENNES 204	suelos 4152
CURSO SISTEMAS (1975) 202-218	HONDURAS
DENSIDAD DE SIEMBRA 174-175	clima 4274
DESARROLLO AGRICOLA 202,205	encuesta 171
DESCRIPCION DE AREAS 3744	estudio de caso 5351
DISEÑO EXPERIMENTAL 166,168,215, 1205,1235,5425	sistemas agrícolas 1677
DOCUMENTACION AGRICOLA 1231,1674, 3569,3963,5426	suelos 4145,4153
DRENAJE 238	HORTICULTURA 479,1201,3796,5423
	INFORME ANUAL 113,167,3705,3748

INFORME FINAL 5404,5405

INGLES (documentos escritos en...)

107,167,173,176,177,229,232,235
329,438,440,444,445,659,1199,
1203,1247,1634,1655,1736,1737,
1738,1744,1754,1922,3704,3705,
3709,3748,3811,3861,4061,4150-
4155,4272,5113,5116,5351,5404
achiote 329
agroecosystems 3811,4061
beans 176,177,1634
case studies,small farms 3707,5351
cassava 176,177,1737,3861,5113,5116
cropping systems 107,167,173,176,
177,229,438,440,445,659,1199,1655,
3704,3705,3748,5113,5116,5404
economics 107,176
farming systems 235,659,1744
insect pests 1737,1738,1754,1922
land tenure 323
nutrition, human 4272
plant breeding 1736
plant pathology 444,5116
risk uncertainty 1247
semi-arid regions 3704
soil science 4150-4155
sweet potato 1754
thesis summaries 173
weeds 1203
winged bean 4272

INVESTIGACION

marco conceptual 4055,4061
metodología 216,217,227,1208,1235,
3447,3738,4141,4142,5425
modelos 5421
regiones semi-áridas 3704

LABOREO 5406-5408,5416

no laboreo 4178,5022

MAIZ 5022

/frijol 174,238,3476
/frijol/caupf 3471
/frijol/yuca 176,177
/soya 175

MALEZAS 1203,1204,3454,3538

MODELO

discontinuo 4136
matemático 5421

NICARAGUA

clima 4274
encuesta 171
sistemas agrícolas 1677
suelo 4154

NUTRICION HUMANA 206,1199,1201,3472,
3782,4271,4272

PANAMA

Caizán 3744
suelos 4155

PAQUETES TECNOLOGICOS 165,5412

PCCMCA (trabajados presentados)

arreglo cronológico 3471
erosión 259
exp. central 233
factores limitantes 3538
frijol alado 3472
información 3569
laboreo 3454,3539
roya del frijol 3476
sistema de cultivo 3447

PLAGAS

agroecosistemas 213
camote 1754
combate 5417
cultivos alimenticios 1738
en hortalizas 5423
población 1921,1922
uso plaguicidas 1755,5415
y laboreo 5416
yuca 1737

PROYECTO IDRC 3704

PROYECTO SCPA

actividades (1977)1654,1655
administración 450
generalidades 125,445
fundamentos 1218
informe anual 113,167,3705,3748
informe final 5404,5405
metodología 1208

REUNION SUELOS (El Salv

informe final 4147

RIESGO E INCERTIDUMBRE

SEMILLAS 212,1220

SISTEMAS 214,1079,1232,1668,1670,
1676,3739

SISTEMAS AGRICOLAS 164,203,211,233,235
441,659,1669,1672,1677,1744,4055,
4061,5351,5413

SISTEMAS DE CULTIVO 107,113,167,168,
173-177,222-224,229,238,260,438,
445,1079,1199,1215,1217,1220,
1248,1468,1654,1655,1673,1676,
1921,1922,3447,3471,3476,3704,
3748,3782,3861,5113,5116,5404-
5407,5413-5417,5419,5420,5424

SISTEMAS JERARQUICOS 3755

SOCIOLOGIA RURAL 205,206,232,1200,
1234,1672,5424

SOYA/MAIZ 175

SUELOS

características 3784,3788
caracterización 4135,5410
Costa Rica 4150

El Salvador 4144,4146,4151
erosión 259

Guatemala 4152

Honduras 4145,4153

investigación 1202

metodología 4142,4160

Nicaragua 4154

Panamá 4155

reunión El Salvador 4147

y producción 209

SUELOS ANALOGOS 4140,5122

TECNOLOGIA AGRICOLA MEJORADA 5130,5409

TENENCIA DE LA TIERRA 232

TESIS, RESUMENES 173,1248

TRANSFERENCIA TECNOLOGICA 125,164,165,
218,1674,3866,3963,5130

VARIEDADES 1220

YUCA 222,1468,1737,3861,5113,5116,
5406-5408,5418

/frijol 5406,5407

/frijol/maíz 176,177

FITO 943/79

6 de noviembre 1979

ANEXO 3

MARCO CONCEPTUAL PARA LA INVESTIGACION CON SISTEMAS AGRICOLAS

MARCO CONCEPTUAL PARA LA INVESTIGACION
CON SISTEMAS AGRICOLAS

Robert D. Hart

Trabajo presentado en la X Reunión de la Asociación Latinoamericana de Ciencias Agrícolas, Acapulco, México, 22-28 de abril de 1979.

Turrialba, Costa Rica
1979

MARCO CONCEPTUAL PARA LA INVESTIGACION

CON SISTEMAS PORCULOSAS

Es asombroso la complejidad de los procesos físicos, bióticos, y socio-económicos que forman lo que es llamado simplemente "la agricultura". Agricultura incluye fenómenos tan diferentes como los procesos fisiológicos dentro de una planta y el mercado mundial de un producto agrícola; por lo tanto no debe sorprender que la investigación agrícola tradicionalmente haya dividido éstos fenómenos en unidades y procesos suficientemente pequeños para entenderlos. Tal vez el cultivo individual y la cadena económica que va desde la parcela al mercado y de éste al consumidor han sido, respectivamente, la unidad y el proceso más estudiado.

La investigación agrícola ha tenido un impacto muy grande sobre la agricultura en zonas templadas y la agricultura en las fincas grandes en zonas tropicales. Estos dos tipos de producción agrícola tienen en común una baja complejidad y una alta disponibilidad de recursos económicos. Tienen pocos diferentes rubros de producción dentro de una finca. Las fincas incluyen pocas especies de cultivos y generalmente los cultivos están sembrados en monocultivo. Como hay relativamente poca interacción entre los diferentes cultivos sembrados y poca interacción entre los procesos económicos dentro de la finca, éstos dos tipos de agricultura han podido adoptar directamente las recomendaciones generados por la investigación agrícola a nivel de cultivo.

La necesidad de hacer investigación con unidades más grandes que el cultivo individual para integrar a la investigación hecha con unidades más

pequeñas y tener un impacto sobre la agricultura tropical practicada por los agricultores pequeños es muy difícil. Muchos programas de investigación han empezado este tipo de investigación. Las unidades escogidas para investigar son la variedad o conjunto de cultivos que interactúan en el tiempo (tal como en el espacio (cultivos intercalados, etc.) y unidades aún más grandes como la finca total o una región. Al hacer investigación con estas unidades se espera producir recomendaciones que tomen en cuenta la complejidad de este tipo de agricultura. Ejemplos de programas de investigación que han tomado este enfoque son el Programa de Sistemas de Cultivos del ICR en Filipinas (Harwood y Erioc, 1976) y la investigación de las CASAL en Centro América (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 1978).

Al empezar este tipo de investigación, el primer paso es la conceptualización de los fenómenos que se espera estudiar. Como se estudian diferentes unidades y procesos tradicionalmente asociados con diferentes disciplinas, casi siempre es necesario formar un equipo de investigación multi-disciplinario. Las disciplinas representadas en el equipo tienen sus propios conceptos y, por lo tanto, el paso de conceptualización e identificación de los fenómenos bajo estudio puede ser difícil. Por lo tanto se necesita un marco conceptual que abarque todos los fenómenos de la unidad de investigación. Un marco conceptual no es solamente un conjunto de definiciones aceptados por los miembros del equipo multi-disciplinario, sino que debe funcionar como herramientas para integrar el equipo y hacerlo funcionar como tal.

El objetivo principal de este documento es presentar un marco conceptual

basado en el concepto de sistemas agrícolas que pudiera servir de guía a un equipo multi-disciplinario en la investigación con unidades agrícolas más grandes que un cultivo individual. Después de resumir los conceptos usados para generar el marco conceptual, se presenta las implicaciones prácticas de usar el marco como guía en la investigación agrícola.

EL CONCEPTO DE SISTEMAS

El concepto de sistemas es usado como herramienta de trabajo en el manejo de instituciones, en ingeniería y en todas las ciencias.

En biología el concepto fue introducido por Smuts en 1926 (Becht, 1974) y ha tenido mucha influencia, especialmente sobre la ciencias de Ecología. En 1935 Tansley introdujo la palabra "ecosistema" (Evans, 1956). El concepto de ecosistema ha sido desarrollado por muchos otros, entre ellos Lindeman (1942) y Odum (1957). La teoría general de sistemas de Von Bertalanffy (1968) introducida en 1930, representa un intento de definir los conceptos asociados con el enfoque de sistemas que son independientes de las disciplinas específicas. En los últimos diez años el concepto de sistemas ha sido introducido a las ciencias agrícolas; ejemplos son los enfoques de Rutenberg (1971), Spedding (1975) y Arnold y Bennett (1975).

Un sistema es un arreglo de componentes físicos, o un conjunto o colección de cosas, unidas o relacionadas de tal manera que forman y actúan como una unidad, una entidad o un todo (Becht, 1974). Todo sistema tiene estructura (arreglo de componentes) y función (objetivos que entran y salen). El

objetivo principal de cualquier análisis de un sistema es definir la relación entre la estructura y la función del sistema. El sistema interactúa con el ambiente, procesando entradas y produciendo salidas. Al modificar la estructura del sistema, esta función puede cambiar. Si se conoce esta relación entre estructura y función, se puede diseñar mejores sistemas (por ejemplo, más eficientes) o mejorar sistemas existentes.

Una salida de un sistema puede ser una entrada a otro, formando cadenas de sistemas, o dos sistemas pueden competir por la misma entrada. Este grupo de sistemas pueden interactuar para formar un sistema grande en el cual los sistemas que interactúan son subsistemas. Desde el punto de vista del sistema grande, estos subsistemas son componentes. En esta forma, un sistema puede tener subsistemas que tienen subsistemas, etc., para formar una jerarquía de sistemas. Jerarquía se define como el tipo de interacción que ocurre entre un sistema y un subsistema.

Un ejemplo de una jerarquía de sistemas es la jerarquía de los niveles de organización en Biología: células, tejidos, órganos, organismos, poblaciones, comunidades y ecosistemas. Las células son subsistemas de tejidos, tejidos son subsistemas de órganos, organismos son subsistemas de poblaciones etc.

SISTEMAS AGRICOLAS

Si un sistema es un arreglo de componentes que interactúan, un sistema agrícola puede ser definido como un sistema con, por lo menos, un componente

agrícola, es decir un organismo que se maneja con un fin utilitario para el hombre. Sistemas agrícolas ocurren desde un nivel mundial con flujos de mercancía agrícola entre países, hasta el nivel de una planta o un animal y los procesos fisiológicos dentro de estos organismos.

Sistemas Agrícolas Jerárquicos

La Figura 1 es un resumen gráfico de una Jerarquía de sistemas agrícolas dentro de una región. Este conjunto de sistemas agrícolas puede servir como marco conceptual para la investigación agrícola dentro de una región.

Una región es un sistema agrícola con diferentes subsistemas. Dependiendo de las circunstancias, cualquiera de estos subsistemas puede ser de mayor interés. Por ejemplo, el subsistema de crédito agrícola puede ser conceptualizado como un sistema y puede ser estudiado para identificar los subsistemas que forman esta unidad. En la Figura 1 se ha supuesto que el subsistema de las fincas de la región tienen prioridad como unidades de estudio.

Una finca también es un sistema. Una finca puede ser conceptualizado como un subsistema socio-económico, ya incluye todos los procesos relacionados con la casa y las decisiones del agricultor, uno o más subsistemas que pueden ser definidos como agroecosistemas.

Agroecosistemas son análogos a la unidad definida como "ecosistema" en ecología. Por lo tanto, un agroecosistema es un conjunto de poblaciones de

región, finca y agroecosistema que puede ser un sistema de cultivos, animales domésticos o de caza, o un sistema que pueden ser separados de las otras poblaciones y definidos como subsistemas de cultivos o de animales. Los sistemas de cultivos y los sistemas de animales **son** arreglos de poblaciones de cultivos o animales que interactúan y **funcionan** como una unidad.

La investigación agrícola no tiene que abarcar toda esta jerarquía de sistemas, desde el nivel de región hasta el nivel de cultivo o animal, pero en general, es necesario estudiar por lo menos tres niveles de sistemas a la vez. Un nivel es la unidad de prioridad. Para definir las entradas de esta unidad o sea el ambiente donde funciona la unidad, es necesario estudiar el nivel en el cual la unidad funciona como un subsistema. Para describir y entender el sistema de prioridad, es necesario estudiar los subsistemas que funcionan dentro de la unidad de prioridad. Por ejemplo, si un grupo de técnicos están interesados en el sistema de cultivos como unidad de prioridad, tienen que estudiar: 1) el nivel de agroecosistema, 2) el nivel de el sistema de cultivos y 3) el nivel de un cultivo individual.

Toda región, finca, agroecosistema y sistema de cultivos y sistema de animales es diferente, sin embargo, es posible describir algunos modelos cualitativos que pueden servir como marcos conceptuales para estudiar e investigar estos sistemas.

Las figuras 2-6 son diagramas (modelos) de cinco sistemas. En todos los diagramas cada sistema es conceptualizado como un conjunto de subsistemas dentro de un cuadro que define los límites del sistema. Los cuadros a lo

sistemas están dibujados como círculos que son las fuentes de flujos (líneas con flechas) que entran al sistema. Los diagramas, también incluyen los flujos entre los sistemas y las salidas de los sistemas.

Una Región

La Figura 2 describe una región geográfica como un sistema. Dinero, materiales, energía e información entran y salen de la región y fluyen entre los subsistemas de la región. En este modelo, se ha dividido la región entre sistemas no agrícolas (zonas urbanas, fábricas, bosque, etc.); centros de mercado, de crédito y de información, y sistemas de fincas de diferentes tipos.

En el estudio de una región real sería necesario dividir los diferentes tipos y centros y clasificar los tipos de fincas según los objetivos del estudio. También sería necesario precisar los tipos de flujos, usando características basadas en la realidad de la región. Por ejemplo, los materiales pueden ser divididos en productos no agrícolas, insumos agrícolas, granos básicos, carne, leche, etc. La energía puede ser dividida en energía humana (gente que entra y sale para trabajar) energía animal, petróleo, etc. El grado de precisión necesario para cuantificar estos flujos para hacer un modelo cuantitativo dependería del propósito del estudio.

Una Fincas

La Figura 3 describe una finca como un sistema. En el diagrama se considera a una finca como un sistema con entradas y salidas de dinero, materiales,

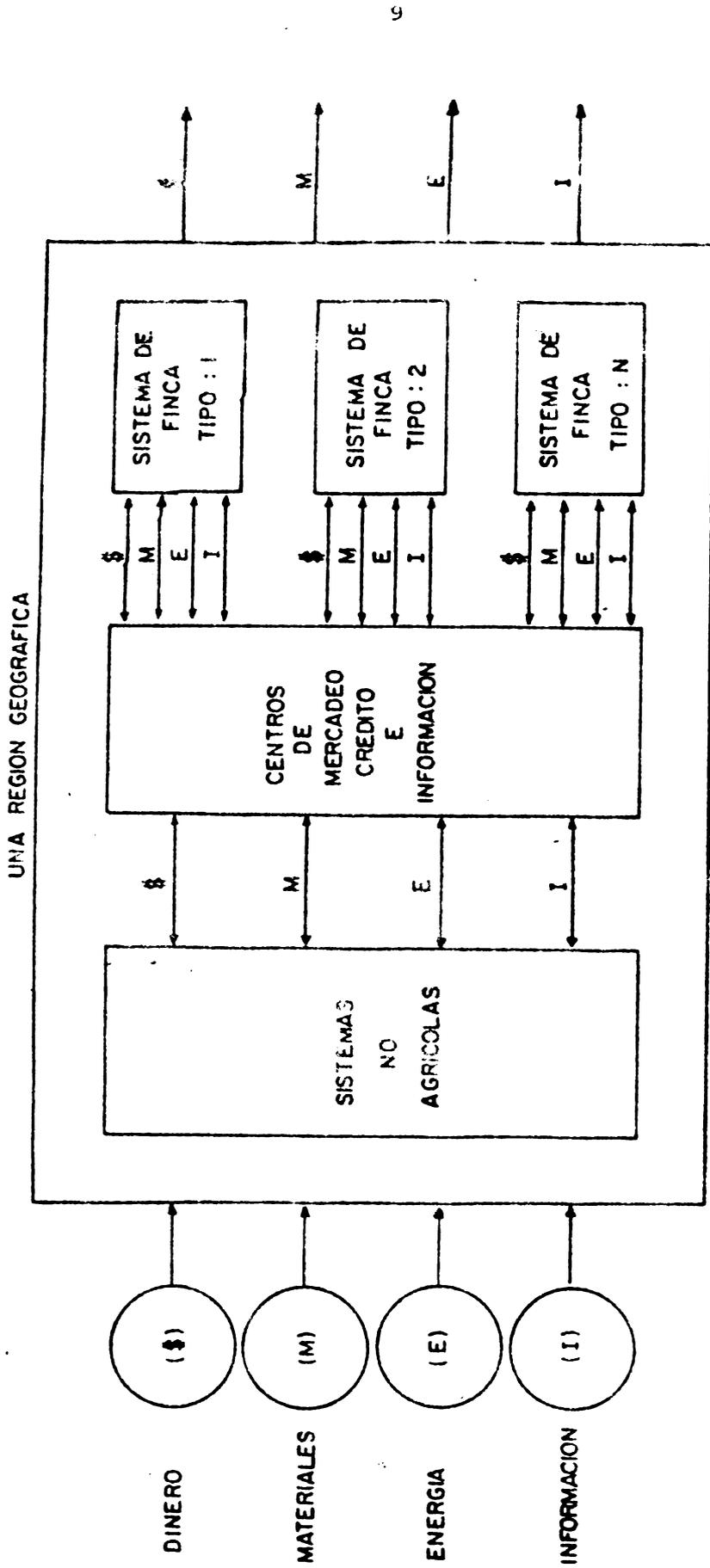


Figura 2. Una región geográfica como un sistema con entradas, salidas y flujos entre subsistemas de dinero, materiales, energía e información.

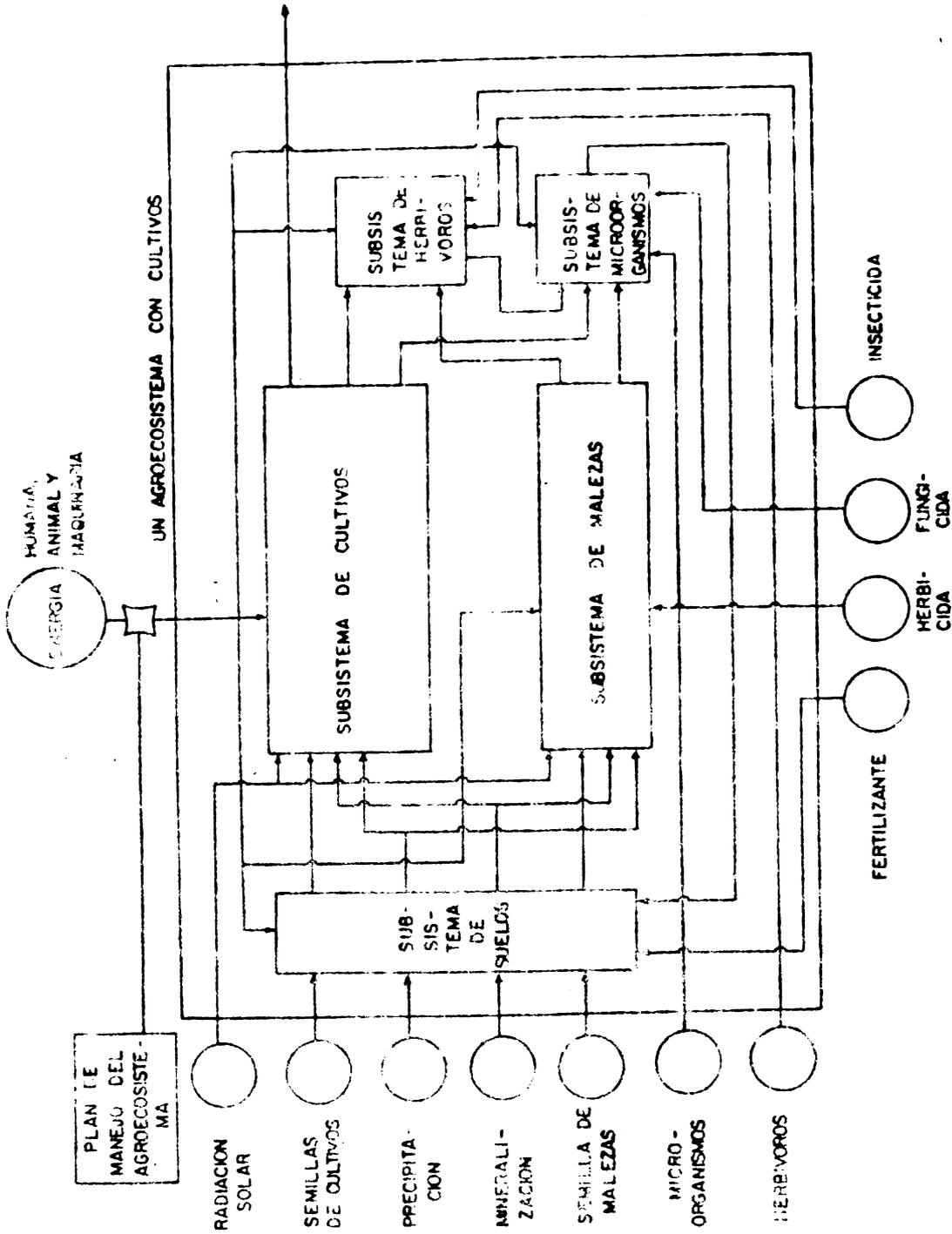


Figura 4. Un agroecosistema con subsistemas de cultivos, suelos, malezas, herbívoros y micro-organismos.

energía e información. El sistema tiene un subsistema socio-económico que incluye la casa y todo lo relacionado con flujos que entran y salen de la finca. Las líneas punteadas indican el flujo de dinero. En el modelo se ha supuesto que para cada flujo de materiales y energía que entra a la finca, hay un flujo de dinero que sale. La relación entre estos dos flujos, que van en direcciones opuestas, es el precio del material o energía (por ejemplo un quintal de fertilizante/100 pesos). Al vender materiales o energía (salida de la finca), el agricultor recibe dinero (entrada de la finca). Para simplificar, en este diagrama no se ha puesto un precio a la información que entra a la finca.

Dentro de la finca hay flujos de materiales y energía que entran y salen del subsistema socio-económico y los agroecosistemas de la finca. En el diagrama también se ha incluido un flujo de información entre subsistemas porque el agricultor, al ir de su casa a un agroecosistema, lleva con él (aunque no esté escrito) un plan de manejo para cada agroecosistema. En muchos casos hay interacción directa entre dos o más agroecosistemas de la finca. Por ejemplo, los subproductos de un agroecosistema con cultivos pueden ser una entrada a un agroecosistema con animales.

Un Agroecosistema

Las Figuras 4 y 5 describen respectivamente, un agroecosistema con un subsistema de cultivos y un agroecosistema con un subsistema de animales

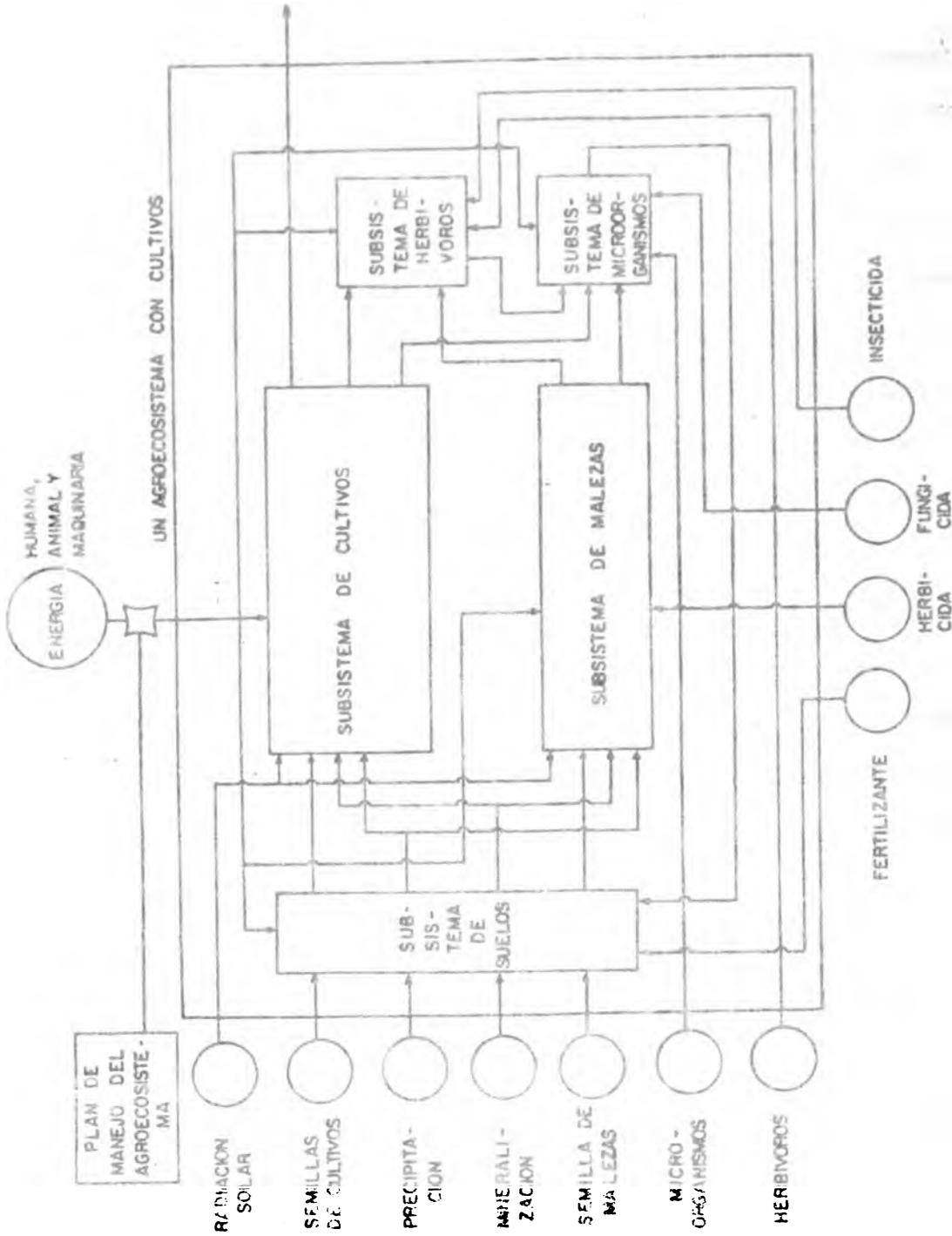


Figura 4. Un agroecosistema con subsistemas de cultivos, suelos, malezas, herbívoros y micro-organismos.

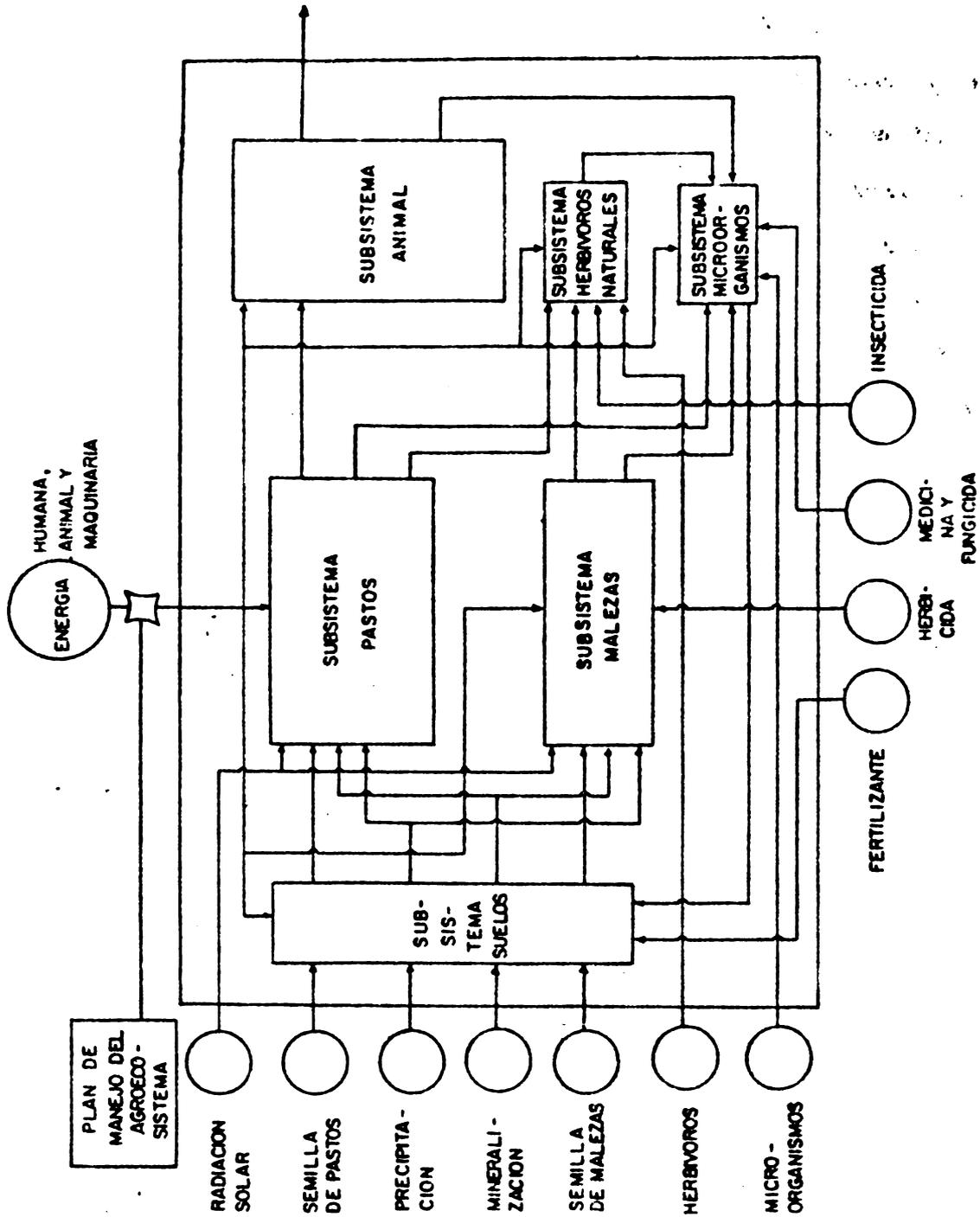


Figura 5. Un agroecosistema con subsistemas de pastos, animales, suelos, malezas, herbívoros naturales y micro-organismos.

Desde el punto de vista ecológico no hay mucha diferencia entre los dos sistemas. Ambos tienen subsistemas de suelos, plantas (cultivos, juncos, malezas), herbívoros y micro-organismos. En estos modelos las entradas físicas y bióticas como radiación solar, precipitación, semillas, etc. entran al lado izquierdo del diagrama. Las entradas de productos químicos entran por la parte baja. La energía humana, animal o de maquinaria entran por arriba. Estos últimos flujos entran con base a un plan de manejo.

Es importante observar que, aunque al agricultor le interesa más el desempeño del subsistema de cultivos o el subsistema de animales, él aplica un plan de manejo a nivel de agroecosistema. Sus actividades dirigidas al subsistema suelo (arar, etc.) tienen la meta de incrementar directamente el flujo de nutrientes o de agua a los cultivos o los pastos, disminuyendo indirectamente el crecimiento de malezas. El control de malezas a mano o con productos químicos también tiene la meta de disminuir esta competencia. El manejo de insectos o de enfermedades con enfermedades de los cultivos, pastos o animales con productos químicos, se hace con el propósito de disminuir el flujo de biomasa canalizada a estos subsistemas y así tener más de estos productos para el agricultor.

Sistemas de Cultivos y Sistemas de Animales

La Figura 6 describe un sistema de cultivos y un sistema de animales. Ambos sistemas están al mismo nivel jerárquico (subsistemas de agroecosistemas) y tienen mucho en común. Como cualquier otro sistema tienen características asociadas con el arreglo de los componentes. Un sistema de cultivos es un arreglo espacial y cronológico de poblaciones de cultivos, con

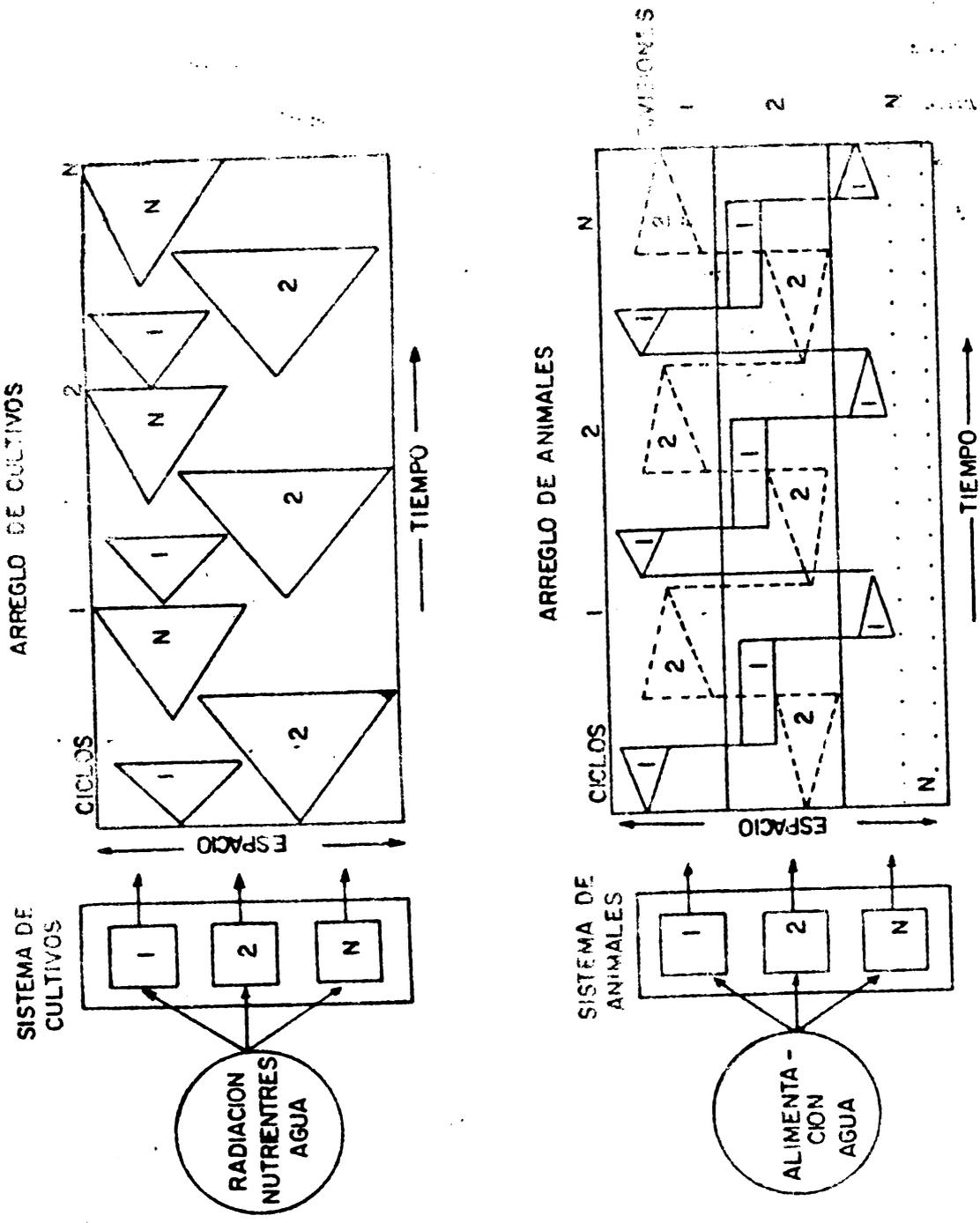


Figura 6. Ejemplos de arreglos espaciales y cronológicos que pudieran caracterizar un sistema de cultivos y un sistema de animales, respectivamente.

entradas de radiación solar, agua y nutrientes y salidas de biomasa con valor agronómico. Un sistema de animales es un arreglo espacial y cronológico de poblaciones animales con entradas de alimentación animal y agua, y salidas de carne o productos pecuarios como leche, huevos, etc.

El arreglo espacial y cronológico de un sistema de cultivos o sistema de animales es una característica estructural del sistema. Al cambiar el arreglo del sistema, por ejemplo, sembrar los cultivos a diferentes distancias entre surcos (arreglo espacial) o cambiar la fecha de siembra relativa de los cultivos (arreglo cronológico), se afecta el nivel de competencia para radiación, agua y nutrientes. Este cambio en la estructura del sistema afecta la función (por ejemplo, rendimiento) del sistema.

INVESTIGACION CON SISTEMAS AGRICOLAS

Como un sistema es un conjunto de componentes, en muchos casos se ha dividido la investigación agrícola entre investigación con sistemas e investigación con componentes. Pero vale la pena notar que esta división es arbitraria, depende completamente del punto de vista del investigador. Lo que es un sistema para un investigador puede ser un componente (subsistema) para otro. Por ejemplo, un investigador que trabaja con un sistema de cultivos, está trabajando con un componente de un agroecosistema. Esta conexión jerárquica entre diferentes unidades es una característica del mundo real y también del marco conceptual (ver Figura 1).

El marco conceptual integra a los investigadores de un equipo multidisciplinario porque la información generada por un técnico tiene utilidad para el otro. Todos los sistemas están conectados o directa o indirectamente. Un estudio de un sistema pudiera estar relacionado con otro por medio de la interacción al mismo nivel jerárquico, por ejemplo suelos y cultivos, cultivos e insectos, una finca y el mercado, etc.; o por medio de interacción jerárquica, por ejemplo región y finca, finca y agroecosistema, agroecosistema y malezas, etc.

El marco conceptual de sistemas agrícolas jerárquicos puede ser usado simplemente como herramientas de planificación de investigación sin la necesidad de modificar el tipo de investigación tradicional. Por ejemplo, si un agrónomo está interesado en las fechas cuando se puede sembrar arroz y un especialista en el manejo de suelo está interesado en el balance hídrico de un suelo, el marco conceptual pudiera ayudar a mostrar a los dos técnicos que ellos tienen un interés común y por lo tanto pudieran planificar sus experimentos juntos sin necesariamente trabajar en el mismo agroecosistema.

El marco conceptual es aún más útil para un equipo que hace investigación con sistemas agrícolas. Hay dos tipos de enfoques generales para la investigación con sistemas. El primer tipo pone énfasis a la generación de posibles modificaciones a un sistema y poco énfasis al entendimiento de cómo funciona el sistema. Este enfoque es denominado "caja negra" porque no se describe los detalles de los subsistemas y flujos internos del sistema.

De modo de evaluar algunas modificaciones a un sistema o evaluar diferentes sistemas, se escoge la modificación o sistema que funciona mejor, y esta modificación o sistema nuevo es transferida directamente al agricultor sin investigar exactamente, "porque" funciona mejor.

El segundo tipo de investigación es denominado un enfoque "caja blanca". Bajo este enfoque se realiza algunos experimentos con el objetivo principal de analizar el sistema. Al entender como funciona el sistema, el investigador puede elaborar un modelo que incluya las interacciones internas del sistema y usar el modelo como guía para diseñar nuevos sistemas o generar alternativas a sistemas existentes. Las recomendaciones generadas tomando un enfoque "caja negra" tienen valor únicamente para la localidad donde fueron generados. Los resultados de un enfoque "caja blanca" son más extrapolables a otros ambientes.

Las herramientas y el nivel matemático usando en la investigación con sistemas agrícolas depende del nivel de precisión requerido. Pudiera resultar de poca utilidad usar herramientas complicadas como computadoras y simular modelos matemáticos si no existen descripciones cualitativas de los sistemas ni datos para cuantificar los modelos cualitativos.

El análisis de cualquier sistema siempre empieza con la identificación y la descripción del sistema que interesa estudiar. Un diagrama detallado puede servir como modelo preliminar. El próximo paso en el análisis de un sistema es la validación del modelo preliminar. Validación es la comparación de un modelo con la realidad; esta comparación se hace averiguando si el desempeño del modelo para el uso que se espera dar es suficientemente similar al

al sistema real. Si se espera usar el modelo para predecir el desempeño del sistema real en el futuro, el modelo necesariamente tiene que ser matemáticamente sofisticado. Si se espera usar el modelo simplemente como una guía en la escogencia de modificaciones al sistema con mayor potencial, el modelo no tiene que ser matemáticamente sofisticado para tener utilidad.

En la mayoría de los casos, la investigación con sistemas agrícolas requiere que el investigador salga del campo experimental y trabaje con los sistemas reales. El análisis de una región como un sistema, en muchos casos, requiere hacer encuestas, censos y estudios de suelo y clima. Para hacer estudios de sistemas de fincas, es necesario hacer algún tipo de registro dinámico (colección de información en diferentes épocas del año) o estudios detallados de fincas representativas.

La investigación con agroecosistemas, casi por definición, tiene que ser hecha en fincas de agricultores. Es casi imposible duplicar en un campo experimental los suelos, malezas, insectos y micro-organismos del agroecosistema encontrado en una finca. Al hacer investigación con esta unidad, se puede evaluar el efecto de modificar las entradas (nivel de insumos, factor ambiental, etc) y el efecto de modificar uno o más de los subsistemas del agroecosistema. Para identificar posibles alternativas a estos sistemas, se puede, en algunos casos, sacar estos sistemas del agroecosistema donde están funcionando y estudiarlos dentro de un campo experimental. Por ejemplo, con un sistema de cultivos se puede evaluar la posibilidad de cambiar los componentes del sistema (por ejemplo, substituyendo un cultivo por otro o añadiendo otro cultivo), cambiar el arreglo espacial de los componentes (por ejemplo, cambiando las distancias de siembra), o cambiar el arreglo cronológico de los

componentes (por ejemplo, cambiando la fecha de siembra de uno de los cultivos). Al encontrar una modificación o combinación de modificaciones del sistema de cultivos con potencial, es necesario regresar a la finca y evaluarlos dentro del agroecosistema del agricultor. Muchas de las modificaciones en la estructura de un sistema requieren un incremento en las entradas al sistema para funcionar (por ejemplo, un incremento en la población de cultivos puede requerir un incremento en el fertilizante aplicado). Si se evalúan las modificaciones con potencial dentro del agroecosistema del agricultor, el investigador siempre tiene un marco de referencia para asegurar que las recomendaciones generadas no van a estar fuera del alcance del agricultor.

Es muy difícil mejorar un sistema cambiando solamente el arreglo de los componentes. Para encontrar un mejor arreglo espacial y cronológico de cultivos que los agricultores han evolucionado durante un tiempo largo, casi siempre es necesario cambiar también o los componentes (por ejemplo, una nueva variedad o especie) o el nivel de entradas (insumos, etc.) o ambos. Sería muy difícil mejorar un sistema de finca modificando solamente el arreglo de los agroecosistemas, sin considerar también la posibilidad de modificar los agroecosistemas o las entradas a la finca (por ejemplo, proporcionar crédito). Por esta razón la investigación con sistemas agrícolas no requiere el abandono de la investigación tradicional; al contrario, sin ésta información es imposible mejorar los sistemas agrícolas.

En conclusión, debe ser obvio que el enfoque de sistemas no da una solución instantánea a los problemas del agricultor pero sí en zonas tradicionales.

En la mayoría de los casos, los sistemas agrícolas que están manejando los agricultores, son más complejos que los documentos disponibles para analizarlos. Lo que es cierto es que los agricultores están tomando decisiones de manejo con unidades más grandes y más complejas que las unidades tradicionalmente estudiadas por los investigadores agrícolas y, si se espera tener algún impacto sobre este tipo de agricultura, será necesario elaborar marcos conceptuales suficientemente grandes para incluir estas unidades. El marco conceptual resultado en este documento, tal vez puede servir como una base para el desarrollo de, no solamente mejores marcos conceptuales, sino también mejor investigación con sistemas agrícolas.

AGRADECIMIENTO

El marco conceptual presentado en este documento, fue desarrollado en conjunto con el equipo multi-disciplinario del Programa de Cultivos Anuales del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba, Costa Rica. Se reconoce las contribuciones de Humberto Jiménez y Miguel Holle en la revisión del documento.

LITERATURA CITADA

1. **ARNOLD, G. W. y D. BENNET.** 1975. The problem of finding an optimum solution. G. E. Dalton. The study of Agricultural Systems. 129-174. Applied Science. London.
2. **BECHT, G.** 1974. Systems theory, the key to holism and reductionism. Bioscience 24(10):576 - 596.
3. **CENTRO AGRONOMOICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA.** 1978. Annual Report, 1977 - 1978, Small Farmer Cropping Systems Research Project in Central America. Turrialba, Costa Rica.
4. **EVANS, P. C.** 1956. Ecosystems as the basic unit in Ecology. Science 123:1127 - 1128.
5. **HARWOOD, R. R. y B. C. PRICE.** 1976. Multiple Cropping in Tropical Asia. Multiple Cropping ASA special publication No. 27. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin.
6. **LINDEMAN, R. L.** 1942. The trophic - dynamic aspect of Ecology. Ecology 23:399 - 418.
7. **ODUM, H. T.** 1957. Trophic structure and productivities of silver springs, Florida. Ecological monographs 27:55 - 112.
8. **SPEDDING, C. R. W.** 1975. The biology of Agricultural Systems. Academic Press. London.
9. **RUTHENBERG, H.** 1971. Farming systems in the tropics. Oxford University. London.
10. **VON BERTALANFFY, L.** 1968. General Systems Theory. George Braziller Inc. New York.

FITO 947-79
Nov. 1979

ANEXO 4

GLOSARIO

GLOSARIO

Agroecosistemas: es la resultante de la interacción entre una comunidad biótica, que incluye a lo menos un población de calor agrícola, y el ambiente físico. Sus entradas son materiales y energía, su salida es biomasa de valor agrícola.

Area (de trabajo): extensión, dentro de una región ecológica determinada, relativamente homogénea desde el punto de vista bioclimático en la cual hay concentraciones o comunidades de pequeños agricultores, cuyos límites pueden definirse con aceptable precisión.

Arreglo cronológico de cultivos: la distribución de dos o más cultivos en el tiempo. Se reconocen los tipos de arreglos cronológicos como: interacción indirecta, en relevo, cosecha escalonada, siembra escalonada, cosecha y siembra escalonada, encajado.

Arreglo de cultivos: característica estructural de un sistema de cultivos que describe la distribución de las plantas en el espacio y en el tiempo con límites espaciales por la existencia de la interacción y los límites cronológicos escogidos por la repetición de un cultivo solo, una asociación o una secuencia de éstos.

Arreglo espacial de cultivos: la distribución de un cultivo o los cultivos de una asociación de cultivos en el espacio. Se reconocen los tipos de arreglos espaciales de dos cultivos tales como: bordes, franjas, intercalado entre o sobre hileras, "casado" o voleo.

Asociación de cultivos: un sistema de cultivos que incluye dos o más especies de cultivos sembrados de modo que exista interacción en el espacio.

Ecosistema: es el conjunto de individuos (comunidad biótica) que interactúan con el medio físico de tal forma que entre diferentes niveles tróficos circula energía y materiales (Odum, 1972).

Sistema: es una disposición espacial de componentes físicos o un conjunto de entidades relacionadas entre sí de tal modo que entre todas constituyen y/o actúan como una unidad (Beckt, 1974).

Sistema de animales: un subsistema de un agroecosistema formado por componentes que son poblaciones de uno o más especies de animales de valor agrícola que interactúan en el tiempo y en el espacio con otros subsistemas de un agroecosistema.

Sistema de cultivos: es un subsistema de un agroecosistema formado por componentes que son poblaciones de una o más especies de valor agrícola y que interactúan en el tiempo y en el espacio o un arreglo cronológico y espacial de cultivos que funcionan como una unidad con entradas de nutrientes, agua, energía y con salida de biomasa con valor agrícola.

Sistema de cultivos mono-cultural: un sistema de cultivos con sólo una especie de cultivos sembrado sólo una vez durante un período fijado arbitrariamente, que no interactúa con otro cultivo en tiempo o en el espacio.

Sistema de cultivos policultural: un sistema de cultivos que incluye dos o más siembras de cultivos sin restricción en el número de especies durante un período prefijado arbitrariamente.

Sistema de finca: es el conjunto de componentes físicos, bióticos y socioeconómicos enmarcados dentro de los límites de una unidad de producción que son manejados por un individuo(s) con el propósito de transformar re cursos en productos.

Sistema de producción de cultivos: es el conjunto de actividades que se rea lizan y materiales que se usan (manejo) para que un cultivar o un conjunto de ellos (arreglo de cultivos) convierta los recursos de un ambiente en productos para satisfacer una necesidad.

Sistema regional: es el conjunto de componentes físicos, bióticos y socioeconómicos enmarcados dentro de los límites de una región geográfica dada y que interactúan entre sí de tal forma que constituyen una unidad.