

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
CATIE

Departamento de producción Vegetal

11 DISEÑO DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR SISTEMAS DE  
PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES 11

✓  
Raúl Moreno

Presentado en el curso "Investigación y Desarrollo de tecnología,  
para sistemas de producción de Cultivos". Turrialba, Costa Rica.  
Agosto 22 a Noviembre 25 de 1983.

Turrialba, Costa Rica

## DISEÑO DE OPCIONES TECNOLÓGICAS PARA MEJORAR SISTEMAS DE PRODUCCION DE CULTIVOS DE PEQUEÑOS AGRICULTORES

En diversos lugares del mundo, varios equipos técnicos están tratando de desarrollar tecnología adecuada para las condiciones en que trabajan los pequeños agricultores. Estos equipos ejecutan una parte considerable de su actividad en las mismas fincas, contando con la participación de los agricultores en todo, o en parte del proceso de desarrollo tecnológico.

Debido a la necesidad de ordenar racionalmente su accionar, estos equipos han elaborado con el tiempo una metodología de investigación en fincas que se ha publicado en diversas fuentes y que a lo menos comprende las siguientes fases:

- Caracterización de los sistemas de producción de cultivos más importantes y del ambiente en que operan.
- Diseño de mejores opciones tecnológicas de producción.
- Prueba de campo y evaluación de las opciones diseñadas.
- Pruebas extensivas de pre-producción de las mejores opciones y diseminación de la información.

En este documento se incluyen algunos comentarios que pueden ser útiles para aquellas personas interesadas en la fase de Diseño de la metodología de investigación en fincas.

Antes de intentar un análisis específico del procedimiento mismo de Diseño, es conveniente puntualizar que la metodología para investigar en fincas es un todo estrechamente conectado en sus partes y no un conjunto de segmentos que puedan ejecutarse en cualquier orden. Por ello, el éxito de cada paso metodológico, depende en gran parte de la ejecución correcta del paso anterior.

La investigación en las fincas, dada su naturaleza compleja, se realiza generalmente con equipos técnicos interdisciplinarios en los que se deben encontrar integrantes con especializaciones relevantes al tipo de problema que se desea resolver. Este equipo, debe participar en todas las fases metodológicas, aunque no necesariamente todos sus integrantes con igual intensidad en cada una

de ellas. Sin embargo, las relaciones de trabajo entre los integrantes deben reflejar las interacciones más frecuentes que se presentan dentro del tipo de finca o de unidad de producción para las que se desea desarrollar tecnología.

Debido a la gran cantidad de interacciones que se presenta comúnmente en la dinámica de una finca pequeña; la comprensión cabal de su estructura y funcionamiento es difícil de lograr completamente por cada uno de los miembros del equipo considerados como individualidades. Sin embargo, lo que se espera en forma ideal de cada integrante del equipo, es un nivel alto de comprensión de aquellos problemas directamente relacionados con su área de especialización. Se espera un nivel menor de entendimiento acerca del resto de las actividades de la finca, pero aún suficientes como para visualizarla como un todo.

A medida que la metodología para desarrollar mejores opciones de producción en fincas de agricultores se perfecciona, es frecuente que dentro del equipo técnico se establezca un cierto grado de especialización por fases metodológicas para llevar a cabo el procedimiento completo. Así, aquellas personas con especialización en ciencias sociales, dedican frecuentemente más esfuerzos a la caracterización de una situación de producción y a la evaluación de tecnología después de realizadas las pruebas de campo, mientras que aquellos profesionales especializados en campos de la biología, tienden a concentrarse en el diseño y en las pruebas de campo posteriores. Esta tendencia a la especialización dentro de la metodología, hay que examinarla cuidadosamente a medida que se realizan más trabajos de desarrollo tecnológico en fincas, pues existe la posibilidad de volver a repetir el fenómeno de la especialización cerrada, ahora ya no entre disciplinas del conocimiento o entre cultivos, como ocurre con la investigación agronómica tradicional, sino entre fases diferentes de la metodología.

En este taller metodológico y en varios otros se han presentado por separado, trabajos acerca de Análisis, Diseño, Pruebas de Campo, Evaluación y Validación o Pre-Producción. Esta separación puede ser una demostración ya clara, de cierto grado de especialización dentro de la metodología. Queda aún por determinar si esta tendencia se va a acentuar en el futuro y cuáles serían sus ventajas y desventajas.

### La fase de Diseño en la metodología para desarrollar tecnología en fincas.

A grandes rasgos, ya se mencionaron las etapas metodológicas para desarrollar mejor tecnología en fincas de agricultores.

La etapa de caracterización del sistema y su ambiente; las pruebas de campo y su posterior evaluación y particularmente las pruebas de pre-producción, poseen un fuerte componente de actividad física y análisis. Ellas ocupan gran parte de los recursos y de la capacidad de manejo del equipo técnico. Este conjunto de actividad física, constituye frecuentemente la sección más visible en el proceso de desarrollo de tecnología.

Entre la etapa de caracterización y la etapa de ensayos de campo, ocurre el proceso de Diseño que nos preocupa, que es más bien de naturaleza intelectual antes que física y en el que predominan fundamentalmente razonamientos de tipo más bien sintético.

Es en esta fase de Diseño en donde se establece la orientación general de la investigación de campo que se va a realizar con el propósito de disponer de mejores opciones tecnológicas para producir. Se especifican los caracteres del sistema mejorado de producción que se desea operar y por lo tanto se establece la naturaleza de los experimentos a realizar con el fin de obtener la información técnica necesaria que no está disponible. También en esta fase se establece en general el número de ensayos necesarios, su distribución espacial, su secuencia temporal y la responsabilidad de cada integrante del equipo frente a cada ensayo.

El producto primario de esta etapa de Diseño, es un sistema de producción teórico, que puede representarse por medio de un modelo, y que al operar en la realidad produciría mayor cantidad o mejor calidad de los productos deseados por el agricultor, pero que aún debe someterse a una etapa siguiente de comprobación en el campo, la cual indicará si verdaderamente se trata de algo mejor que lo existente.

Este sistema de producción teórico es el resultado de la capacidad de entendimiento que ha logrado el equipo técnico acerca de las circunstancias ambientales en las cuales se desarrolla la producción; de la capacidad de selección y análisis que tiene el equipo del conjunto de conocimientos tecnológicos existentes a nivel local y a nivel general y por último de la apreciación que el equipo tiene acerca de la capacidad de manejo del agricultor.

Este modelo de un mejor sistema de producción, se refiere al conjunto de actividades que se realizan desde el comienzo de la estación de crecimiento de las plantas. Comprende entonces actividades tales como preparación del terreno, siembra, deshierbas, control de parásitos, labores culturales, etc., hasta cosecha del producto e incluso prácticas de post-cosecha. En cada una de estas e-

tapas, el modelo especifica si se mantiene lo que ya realiza el agricultor o se incluyen innovaciones tecnológicas que supuestamente van a mejorar el sistema.

¶ Aparte de la estructuración de este modelo de producción, se considera también como componentes dentro de la etapa de Diseño, al conjunto de decisiones que se toman con el propósito de establecer el número de experimentos, su distribución en el tiempo, dispersión en el espacio y responsabilidad de cada integrante del equipo con relación a cada uno de los experimentos. Este aspecto del Diseño, no es sino la coordinación general que debe existir entre la capacidad de ejecución del equipo de investigación y el número de actividades que se deben realizar en este período dado de tiempo. Este último grupo de componentes comprendidos en la actividad de Diseño, se denomina a veces Diseño de la investigación y es más bien una actividad de tipo estratégico, por medio de la cual se trata de conseguir el máximo de información a partir de los recursos disponibles.

Es decir entonces, que por una parte existe un proceso de ensamble en el que participan componentes tecnológicos ya existentes y otros nuevos para integrar un mejor sistema de producción de cultivos, lo que constituye el Diseño de Opciones Tecnológicas y por otra parte, existe un conjunto de decisiones tomadas con criterios estratégicos y que se denomina Diseño de la Investigación. Estas dos actividades constituyen la etapa llamada Diseño dentro de la metodología de Investigación en fincas.

#### Elementos para el Diseño de mejores opciones tecnológicas.

Para diseñar un sistema de producción de cultivos que se ajuste a las condiciones físico-biológicas del lugar y a las condiciones socio-económicas de los agricultores, es necesario conocer al menos tres elementos:

- a- El sistema de producción imperante y su ambiente.
- b- Los deseos y aspiraciones de los agricultores.
- c- Un acervo tecnológico relevante.

#### a. El sistema de producción imperante:

Cualquiera sea la orientación filosófica del equipo de investigación, ya sea que se intente una evolución acelerada hacia el progreso técnico o un cambio radical en las formas de producir existentes, el conocimiento acerca de la estructura, funcionamiento e intensidad de operación del sistema de producción:

imperante en una región, siempre constituye la base sobre la cual se construye el nuevo sistema. Esta aseveración se basa en varios criterios que son temas interesantes de discusión. Estos criterios son:

- a.1. Existe cierta racionalidad de tipo positivo por parte del agricultor, para haber seleccionado el sistema de producción que practica y operarlo en la forma como lo hace. Es decir, el hombre tiende naturalmente a ejecutar sus operaciones en la mejor forma posible.
- a.2. La selección de los cultivos; su arreglo en el espacio y en el tiempo y el manejo de ellos, refleja la percepción que tiene el agricultor del medio en que opera y es el resultado final de un largo proceso de ajuste y reajuste que ha tomado generalmente varios años.
- a.3. El sistema de producción seleccionado no es estático, sino que año tras año sufre modificaciones de tipo evolutivo o involutivo que lo hacen responder en forma más eficiente -según el agricultor- a las variaciones del ambiente.

Los conocimientos acerca del sistema imperante y su ambiente, se los gran en la fase metodológica de caracterización, pero son generalmente las necesidades del Diseño y rediseño lo que puede obligar a reorientar esta caracterización o a intensificarla en aspectos específicos.

Considerando que la caracterización se ha cubierto en otros capítulos, en este artículo solo se mencionarán algunos factores críticos de ella que afectan en forma notoria al Diseño.

- a.4. A nivel de fincas pequeñas y en regiones agrícolas de temporal, el conocimiento de las relaciones ambiente-sistema es más importante que en ninguna otra situación! Especialmente crítico es el conocimiento de la dependencia del sistema de producción de cultivos de los factores inmodificables del clima (precipitación pluvial, temperatura, topografía, etc). En este último sentido, el análisis de la marcha del tiempo dentro de la estación de cultivos y su coordinación con el ritmo de crecimiento de las plantas, es vital como base para el futuro diseño de mejores formas de producir. A esta estrecha relación entre los pulsos del ambiente, el crecimiento de las plantas y el almacenamiento de energía en los productos obtenidos, debe agregarse la obligada ocupación de la mano de obra en ciertos períodos de la estación de cultivos que están determinados por el clima antes que por los

deseos o conveniencias del agricultor.

a.5. El conocimiento acerca de las interacciones físico-biológicas entre los subsistemas que se desarrollan dentro de la finca, es un aspecto que siempre debe conocerse en detalles, pues ahí residen con frecuencia una serie de situaciones productivas, para las cuales no existen corrientemente recomendaciones técnicas específicas. Este es el caso de las interacciones entre producción de cultivos y producción de animales o el caso de interacciones entre producción de plantas perennes y producción de cultivos anuales. Frecuentemente estas áreas interdisciplinarias son mejor conocidas por los agricultores que por los técnicos.

También entre los caracteres socio-económicos, la interacción entre los sub-sistemas de la finca debe entenderse completamente, especialmente en lo que se refiere a distribución de la mano de obra en el tiempo entre los sub-sistemas de la finca. Especial atención merecen aquellas actividades desarrolladas por el agricultor, dentro o fuera de la finca, que analizadas desde el punto de vista económico puro, parecen no rentables, pero que el agricultor ejecuta a cambio de una serie de beneficios intangibles que le aportan mayor seguridad, prestigio, disminuyen en dependencia del exterior, placer o tradición familiar poco explicables.

a.6. Desde el punto de vista del Diseño, es importante conocer los caracteres socio-económicos de la región, principalmente aquellos que aportan alguna perspectiva hacia el conocimiento del futuro de ella en términos de su capacidad para consumir productos y/o de producirlos para intercambiar con otras regiones. En este aspecto es conveniente conocer los planes del gobierno para nuevos caminos, agroindustrias, centros de acopio y otros, con el propósito de adelantar el desarrollo de conocimientos técnicos que se van a necesitar para adaptarse a esta nueva situación futura de producción.

b. Establecimiento de los deseos y aspiraciones de los agricultores:

Al llegar a la etapa de Diseño en la metodología de investigación en fincas, se supone que ya se identifica un grupo de agricultores que desea cambiar una forma de producir, por otra mejor. Sin embargo es necesario, previo al diseño, establecer con más precisión esos deseos. En primer lugar, es necesario determinar qué actividades de la finca en particular desea reforzar y cuál desea ejecutar primero. La precisión con que se logre esta determinación, está en relación directa con el grado de interés que el agricultor va a demostrar por la in-

vestigación en su finca y por consiguiente con el grado de participación que puede ejercer durante el proceso. Posteriormente, es necesario establecer dentro de esta actividad preferida, qué dirección de la investigación el agricultor verá con más agrado; puede ser el cambio en las especies cultivadas o en sus variedades, el cambio en el tipo de productos, la introducción de nuevos productos, etc.

Cualquier nueva forma de producir que se haya diseñado, y deba someterse a prueba, debe discutirse antes con el agricultor, a fin de clarificar exactamente lo que se pretende obtener y si ello es visto como necesario y conveniente por el agricultor. Más aún, cualquier prueba de campo complementaria que se haya modificado, debe aclararse, principalmente en su relación con el proceso productivo de la finca visualizado como un todo.

c. Existencia de un acervo tecnológico relevante:

Para fines de este artículo, se entiende por acervo tecnológico al conjunto de conocimientos técnico-agronómicos que ayudan a explicar la estructura, funcionamiento e intensidad de operación de un sistema de producción de cultivos y su relación con el ambiente en el cual opera. También forma parte de este acervo, el conocimiento de los componentes tecnológicos modernos, tales como fertilizantes, semillas mejoradas, pesticidas, etc., principalmente en aspectos tales como origen, modo de acción, uso recomendado, limitaciones y otros caracteres de estos componentes.

El primer tipo de conocimientos ayuda principalmente a comprender el sistema en su ambiente y a diseñar modificaciones aplicables en el largo y mediano plazo. El segundo tipo de conocimientos proporciona elementos útiles para diseñar las posibles modificaciones al sistema en el corto plazo.

Un aspecto importante del conocimiento acerca de componentes tecnológicos modernos es el acceso a este conocimiento, principalmente en áreas alejadas de centros de alta población. Otra consideración importante se refiere a la capacidad discriminatoria del equipo de investigación para determinar la aplicabilidad de estos componentes a determinada situación de producción.

Los criterios discriminatorios de aplicabilidad de ciertos principios o conocimientos para mejorar una situación productiva, se ven significativamente mejorados a medida que se tienen mayores conocimientos de agricultura comparada. A grandes rasgos, en regiones climatológicas similares, se practican también sistemas de producción similares, aunque no iguales, en los que se mantienen cons-



tantes no solo algunas prácticas culturales, sino incluso ciertas especies de plantas cultivadas. El análisis de varias situaciones diferentes de producción en los que se cultivan las mismas especies o el uso de especies diferentes en regiones ecológicamente similares, contribuyen significativamente al incremento del caudal de conocimiento acerca de los sistemas y de su ambiente.

### Criterios generales de Diseño.

Existen básicamente tres enfoques o líneas de acción que se pueden seguir con el objeto de diseñar mejores opciones de producción:

- a. El sistema que ya usa el agricultor.
- b. El ecosistema natural.
- c. El Diseño basado en el conocimiento exacto del medio y las plantas.

Realmente se pueden resumir en uno o dos, pues como ya se ha mencionado, el sistema que usa el agricultor, especialmente en los casos de agricultura tradicional, es un sistema estable, en equilibrio con el ambiente y basado en parte en el ecosistema.

#### a. El sistema que ya usa el agricultor:

Este procedimiento se basa en el hecho, muy similar al fenómeno de la selección natural, de que el sistema de producción que está practicando un grupo étnico determinado que aún subsiste, encierra ya en sí a lo menos la capacidad de sostener con vida a esa población; y en muchos casos, a mantenerla en buenas condiciones. Y En estos casos y si la caracterización no aporta mejores luces para el mejoramiento o si el acervo tecnológico no se conoce con exactitud, el Diseño con base en los existentes es lo más acertado.

En estos casos existen tres posibilidades:

- 1a.1. Mantener el arreglo de los cultivos en el tiempo y en el espacio, y modificar las prácticas culturales, incluyendo dentro de las prácticas culturales el uso de los productos de la tecnología moderna, tales como fertilizantes, herbicidas, fungicidas. Generalmente este tipo de modificaciones solo se reflejan en éxito, cuando existen mecanismos externos que aportan los medios (crédito) para costear la adición de estos insumos y la existencia de un mercado regulado tanto para la venta de insumos como para la compra de productos a precios favorables para los productores. Estas oportunidades para mejoramiento a corto plazo, se presentan frecuentemente en regiones que son objeto de planes de desarrollo agrícola por parte del gobierno, en los que se contempla entonces el crédito para la adqui-

sición de insumos y la fijación de precios y seguridad de mercado para los productos.

- a.2. Mantener el arreglo de los cultivos, pero modificar el genotipo de los componentes. Este enfoque da origen a los ya conocidos ensayos de variedades. La prueba de nuevas variedades en campos de agricultores puede realizarse de diferentes maneras, pero siempre debe comprender la prueba de esta (s) variedad (es) como reemplazante de la variedad tradicional, es decir, someter las nuevas variedades a exactamente el tipo de competencia, manejo y condiciones ambientales en los que se desarrolla la variedad local. Solo bajo este tipo de ensayo se podrá reemplazar los cultivares conocidos por otros nuevos. En casos excepcionales, la nueva variedad puede significar un incremento tan considerable en los rendimientos esperados que puede justificar el cambio en otros componentes de la finca, a fin de obtener el máximo de este nuevo cultivar.
- a.3. Mantener el arreglo básico de los cultivos en el tiempo, pero modificar los componentes por otros, pero que cumplan la misma función dentro del sistema y en la estación de crecimiento. Este es el caso en donde se puede cambiar el frijol común (*Phaseolus vulgaris*) por caupí (*Vigna unguiculata*) o por frijol tepery (*Phaseolus ocutifolius*) para seguir en sucesión al maíz, en casos en que los peligros de falta de agua al final de la estación de crecimiento sea el factor crítico que afecte la producción de frijol común. Un caso similar se presenta al reemplazar al sorgo (*Sorghum vulgaris*) por mijo (*Pennisetum americanum*) también en áreas con peligro de falta de agua.

#### b. El ecosistema natural:

Este enfoque se basa en el principio de que para lograr un sistema de producción que se comporte en forma más o menos estable en un ambiente determinado, es posible reemplazar los componentes naturales de una comunidad vegetal por componentes de comportamiento fisiológicamente similar, pero que tienen valor agronómico. Así entonces se puede diseñar un agroecosistema a partir de un ecosistema natural. Un ejemplo clásico es el conjunto de especies de ciclo más corto que se cultivan en asociación con cacao en el trópico húmedo bajo y que en conjunto y en el tiempo, pueden considerarse una sucesión de especies efímeras hasta quedar establecidos definitivamente tanto el cacao como su árbol de sombra. Diversos autores, considerando básicamente la eficaz recirculación de nutrientes que ocurre en plantaciones de cacao, han opinado que un cacaotal y sus árboles de sombra constituyen un agroecosistema muy si-

milar en funciones a la comunidad vegetal natural del trópico bajo húmedo.

Hay diversas evidencias de lo ajustado de este enfoque a la realidad. Uno de los sistemas de producción de mayor productividad es el caso del maíz en América del Norte en la región denominada "Cinturón del Maíz". En estas áreas existieron en forma natural, praderas de gramíneas cuya producción de biomasa es muy similar a lo que ahora se obtiene con la biomasa del maíz.

c. Diseño basado en el conocimiento del medio y el crecimiento de las plantas:

Para poder diseñar mejores sistemas de producción siguiendo este criterio, es necesario conocer en la forma más precisa posible el conjunto de fenómenos climáticos que puestos en orden cronológico en el año, constituyen lo que se denomina la marcha del tiempo. Es necesario entonces anteponer los caracteres de la marcha del tiempo de un lugar geográfico dado (y entre estos caracteres con mayor importancia aquellos que controlan más directamente el crecimiento en las plantas) frente a los requisitos para crecer de las diversas especies en sus diferentes estadios de desarrollo.

Esta es una de las formas más complejas, aunque racional, para diseñar sistemas de producción y realmente casi siempre se recurre a ella, enteramente o en parte, cualquiera sea el criterio principal que se sigue para diseñar.

Existen varios trabajos que describen los requisitos de las diversas especies para crecer y los principales caracteres del medio que afectan negativamente este crecimiento y por lo tanto, la obtención de cosechas. A este respecto es conocimiento señalar los trabajos de la FAO <sup>1</sup>.

También según este criterio, es necesario anteponer las exigencias de manejo de cada especie (preparación de cama de semillas, siembra, desmalezado, etc.) frente a las posibilidades de manejo del agricultor considerando su asignación actual de tiempo dentro de la finca a las diferentes actividades y su posible reasignación en caso de que una práctica cultural resulte altamente rentable.

Para este criterio de diseño, primero se recurre a la selección de las especies que pueden cultivarse en la región, luego de la selección de las especies se recurre al diseño del arreglo cronológico en caso de que en la estación de cultivo pueda cultivarse más de una especie.

---

<sup>1</sup> FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Report on the Agroecologic zones, Project Vol. 3. Methodology and Results for South and Central América. Rome 251 p. 1982

Cada una de las especies responde a un ordenamiento espacial óptimo al cultivarse individualmente, aunque éste debe modificarse según el grado de competencia con otras especies en el caso de cultivos intercalados, o en asociación o en relevo.

El resultado final de esta selección de especies y arreglos será el de sistemas factibles biológicamente, otros factible económicamente y sólo algunos que cumplen con ambos requisitos y que por lo tanto deben someterse a prueba experimental.

En general puede decirse que los tres criterios principales, el de sistema prevaeciente; el enfoque ecológico y el del conocimiento del medio y las plantas se usan normalmente en conjunto y se emplean elementos de cada tipo de criterio en todas las ocasiones.

#### Tipos de ensayos que origina el Diseño.

Varios tipos de actividades se pueden desempeñar en fincas de agricultores con el propósito de desarrollar conocimientos para mejorar sus sistemas de producción.

- a. Ensayos de componentes (EC)
- b. Ensayos de arreglos espaciales y cronológicos (EA)
- c. Ensayos superpuestos (ES)
- d. Estudios de seguimiento (S)

#### a. Ensayos de componentes:

Este tipo de ensayo se realiza con el propósito de investigar algún aspecto específico de un sistema de producción, que puede identificarse por separado como un solo sub-sistema. Puede consistir en establecer la respuesta de ese sub-sistema a diferentes grados de energía aplicados ya sea en forma de mano de obra, fertilizantes, insecticidas u otros. Por ejemplo la regulación del efecto de una plaga en un cultivo, mediante el uso de insecticidas cuando se desea conocer el grado de control ejercido, la dosis económica a usar, su efecto en el suelo o en otras especies benéficas, etc.

Los conocimientos adquiridos con este ensayo, se integrarán con otros en el corto plazo, para constituir en conjunto, una mejor forma de producir un bien.

También pueden incorporarse a una forma de producir ya existente, pero que se ha mantenido inalterada en todos los otros aspectos de su secuencia temporal de operaciones.

Para el caso de agricultores con alta capacidad integradora, toda la investigación en sus fincas podría consistir solo en ensayos de componentes. En estas circunstancias, es importante la habilidad del técnico para identificar -junto con el agricultor- aquellos aspectos críticos que afectan significativamente el rendimiento esperado del sistema de producción y que podrían cambiarse para mejorar. Luego, diseñar y probar innovaciones tecnológicas para ese aspecto específico y dejar el resto del proceso al agricultor. Es decir, esperar que el mismo agricultor incorpore los mejores resultados de la investigación (o probablemente una combinación de ellos) a su forma característica de producir.

Los conocimientos adquiridos de la investigación realizada con pocos subsistemas, deben probarse en el menor tiempo posible en su reacción dentro del sistema de producción total, para determinar el grado de ajuste necesario al sistema existente.

En términos generales estos ensayos por componentes, pueden consistir en pruebas de variedades, uso de productos tales como herbicidas, fungicidas o ensayos, especialmente aquellos que consisten en productos nuevos o introducción de especies desconocidas en la región se pueden realizar en Estaciones Experimentales si es que existe representatividad.

También se consideran ensayos de componentes, aquellos que se realizan bajo condiciones de alto control ya sea en laboratorio, estaciones experimentales o en campos arrendados especialmente. Estos ensayos por lo general se realizan con el propósito de aportar conocimientos que servirán para mejorar los sistemas de producción en el plazo más largo. Estos ensayos tienden a contestar preguntas de base, tales como cantidad y tipo de nutrientes usados por las plantas, movilización de fotosintatos en el tiempo, dispersión de fitopatógenos, etc. Esta información aumentará el acervo de conocimientos y por lo tanto, la capacidad general de diseño, pero probablemente no aportará muchas soluciones inmediatas en el corto plazo.

#### b. Ensayos de arreglos espaciales y cronológicos:

Solo una vez que se conocen los cultivos, sus requisitos para crecer, las prácticas culturales adecuadas y la estación de crecimiento y sus características, es posible realizar ensayos de nuevos arreglos cronológicos con ciertas posibilidades de éxito. Los ensayos de arreglos cronológicos consisten en probar cómo un cultivo o un conjunto de ellos que crecen habitualmente en un mismo pedazo de terreno, pueden ordenarse cronológicamente en la estación de crecimiento a fin de usar en forma eficiente y bajo el manejo del hombre los recursos agua, suelo y radiación tal como

se presentan a lo largo del tiempo. Estos arreglos cronológicos pueden consistir en sucesiones de cultivos, relevos entre ellos, asociaciones y relevos o cualquier otra disposición cronológica. Los ensayos de arreglos espaciales tiene y por lo general, dos aspectos fundamentales:

- b.1. El ordenamiento del sistema de producción dentro del espacio de la finca. Es decir, conocer las ventajas y desventajas de cultivar un determinado sistema de producción en un lugar u otro de la superficie de la finca.
- b.2. El ordenamiento de las plantas en el espacio dentro del sistema de producción de cultivos en el sentido intra e interespecífico.

Cada cultivo, considerado individualmente se comporta agronómicamente diferente según la densidad de su siembra y su disposición espacial. Para cada especie existe un rango de arreglos espaciales que produce los mejores resultados en un ambiente dado.

En estos ensayos de arreglos es donde se realizan en sucesión temporal, todas las operaciones que el hombre ejecuta a fin de obtener cosechas. En estos ensayos es donde se aprecia cuán bien las modificaciones en cada operación se ajustan al funcionamiento de la unidad de producción como un todo. Es conveniente recordar que cualquier modificación cronológica de un cultivo en el año agrícola, trae como resultado también un desplazamiento en el tiempo del uso de la mano de obra.

c. Ensayos superpuestos:

Estos son ensayos de tipo diagnóstico, en los cuales se trata de conocer la reacción de un componente del sistema a una determinada modificación. La característica más importante de este tipo de ensayo es que se realiza como adición al sistema de producción ya establecido por el agricultor en el campo. Todo el sistema de producción, excepto el factor modificado, permanece tal como lo maneja el agricultor. Estos ensayos consisten generalmente en: incorporación de productos no usados anteriormente (fertilizantes, insecticidas, fungicidas); modificaciones en la forma de aplicar productos; reemplazo de productos por otros; modificación de alguna práctica cultural, etc. Estos tratamientos se aplican ya en el terreno preparado por el agricultor, en las plantas sembradas por él o en las cosechas obtenidas, pero el investigador no interviene sino en una parte determinada del proceso de producción dejando el resto totalmente al agricultor.

La ventaja de este tipo de ensayo reside primero en su costo relativamente bajo y segundo en que el factor manejo del agricultor está totalmente incorporado. Los problemas que presenta son en primer lugar la necesidad de oportunidad precisa para

aplicar los tratamientos considerando que en agricultura de temporal casi todos los agricultores realizan las mismas labores al mismo tiempo, característica que impide lograr suficiente número de repeticiones a menos de disponer de un equipo numeroso de investigadores. En segundo lugar se puede señalar como limitante de este tipo de ensayo el hecho que por necesidad son ensayos casi siempre de tipo aditivo, pues parten de lo que el agricultor ya realiza como tratamiento base. No se llega a conocer la reacción del sistema bajo estudio a niveles inferiores que los usados por el agricultor.

#### d. Estudios de seguimiento:

Todos los resultados obtenidos de estudios realizados en fincas de deben compararse frecuentemente contra el sistema de producción prevaleciente que se desea mejorar. Para esto es necesario obtener información periódica acerca del comportamiento del sistema base.

Para la obtención de datos de campo, es frecuente la necesidad de muestrear a lo largo del complejo productivo en donde prevalece el sistema que se desea mejorar. Estas muestras son generalmente de variaciones en preparación del terreno y cantidad de energía consumida, distancias de siembra, área cultivada, problemas bióticos, rendimiento por unidad de superficie, uso de mano de obra, etc.

Estos estudios de seguimiento no solo sirven para comparar en el tiempo un sistema mejorado frente a uno existente, sino que contribuyen significativamente a completar la caracterización de un área, principalmente en su variación frente a cambios en el ambiente físico-biológico y socio-económico.

#### Elementos para el Diseño de la Investigación.

El producto final de esta actividad es un plan de acción que contempla en el tiempo, el tipo de actividades a realizar en una región y su ordenamiento secuencial, a lo menos durante una campaña agrícola completa. En este plan se consideran el tipo de experimentos, el número de ellos, su ubicación en el área y en las fincas, las relaciones de trabajo entre el personal y asignación de responsabilidades, uso y manejo del presupuesto y equipo, etc. Este plan debe elaborarse con suficiente antelación al comienzo de la época de siembra.

#### Ya. Tipos de actividades.

Suponiendo que un grado relativamente alto de conocimientos acerca de una región y sus sistemas de producción solo puede lograrse después de a lo menos un

año agrícola de trabajo en ella, el primer grupo de actividades a realizar serán experimentos que aportan más bien conocimientos acerca del área antes que soluciones para problemas inmediatos de producción. Así, los ensayos superpuestos, las encuestas específicas y los ensayos de componentes, ocuparán la mayor cantidad de recursos durante el primer año. A medida que el conocimiento del área aumenta, los ensayos con todo el sistema de producción ya sea incorporando las modificaciones indicadas por los ensayos de componentes o probando nuevos arreglos de cultivos, se convierten en más importantes.

Los estudios de seguimiento deben mantenerse a un nivel constante de generación de información, aunque a medida que se conoce mejor el ambiente y los sistemas, es probable que la selectividad y precisión en los datos obtenidos, mejore.

El balance entre la cantidad de experimentos de componentes y la cantidad de ensayos con todo el sistema, es un tema acerca del cual el equipo de investigación debe llegar a un acuerdo. En otras palabras, es necesario conocer cuántos segmentos de información se van a producir y cuántas veces se va a comprobar la bondad de ajuste de esos segmentos a todo el sistema de producción. Al igual ocurre con el balance entre experimentos de diagnósticos y aquellos que se realizan para encontrar soluciones a limitantes encontradas. El equipo debe aceptar que existirá un alto número de factores que inciden en la producción, pero que no pueden conocerse a fondo, sin correr el riesgo de desviar la investigación más hacia satisfacer la curiosidad científica natural del hombre que a solucionar problemas de producción.

Un factor fundamental que frecuentemente afecta las decisiones acerca del tipo de experimentos a realizar, es la variabilidad ambiental de la región. Aunque predomine solo uno o dos arreglos de cultivos en una región, si las prácticas culturales difieren entre agricultores, esto es generalmente el resultado de variabilidad en factores físico-biológicos que a su vez derivan en variabilidad de ingresos y por ende de factores socio-económicos. En regiones de alta variabilidad es de esperar mayor cantidad de experimentos de diagnóstico, principalmente enfocados a establecer algún patrón espacial de distribución de los factores determinantes que condicionan la producción. Solo después de conocer esta variabilidad, pueden ordenarse espacialmente los experimentos en forma lógica.

#### b. Número de experimentos.

Aparte de las consideraciones derivadas de variabilidad de la región, el número de experimentos que se realizan en un región depende de varios factores, entre ellos: tamaño del experimento, dispersión dentro del área, topografía y vías de acce-



so, movilización disponible, cantidad y calidad de la colaboración recibida, etc.

En términos generales un técnico no debería encargarse de más de 10 lotes experimentales en campos de agricultores a fin de disponer del tiempo necesario para obtener datos, ordenarlos y analizarlos posteriormente. Si la región corresponde ecológicamente al trópico bajo húmedo sin estación seca marcada, esta cantidad debe reducirse significativamente, pues en estas condiciones climáticas es frecuente que los experimentos se superpongan en el tiempo, dificultando la distribución de actividades a realizar por el equipo. El número de técnicos disponibles regulan de por sí el número de experimentos a realizar.

En aquellos casos en los que se decide que cada agricultor mantendrá 1 ó 2 repeticiones de un solo experimento de mayor tamaño que abarca gran parte de la región, el número de lotes que atiende una persona puede aumentarse pues las labores son iguales. Por otra parte, esta coincidencia de estadíos de desarrollo similares de las plantas a lo largo de la región obliga a los investigadores a movilizarse rápidamente de un sitio a otro. Particularmente difícil resulta el establecimiento de los lotes, si se desea uniformidad de crecimiento y la posibilidad de compararlos con el testigo del agricultor. La siembra por parte de los agricultores, se realiza casi simultáneamente, especialmente en agricultura temporal. El establecimiento de los lotes experimentales en la época precisa requiere de especial dedicación por parte del equipo y generalmente se necesita refuerzo en términos de movilización y mano de obra si se desea que los lotes experimentales sean comparables con los del agricultor. La época de cosecha coincidente también representa otro problema y constituye otro período crítico para el equipo de investigación.

### c. Localización de los experimentos.

#### c.1. Localización en el área:

La selección de uno o dos sistemas de producción de cultivos que se cultivan en la región implica de por sí que es la región como ente productor, el centro de atención del equipo de investigación y que los agricultores como individualidades son representantes de una forma de producir.

Las principales limitantes identificadas dentro de esa (s) forma (s) de producir o el potencial que ellas tienen, deben ordenarse espacialmente dentro de la región, para tratar de establecer alguna relación entre el factor a modificar y su frecuencia de ocurrencia en el espacio. Con base en este estudio, se ordenan los experimentos en el campo.

Los conceptos de complejo ambiental y complejo de producción han sido discutidos en la literatura y pueden contribuir a las decisiones que se tomen con respecto a la dispersión espacial de los ensayos.

Se ha discutido también la conveniencia de ordenar los experimentos en lugares representativos a lo largo de una gradiente de factores inmodificables del ambiente (precipitación, topografía u otro) que determinan el comportamiento de un sistema de producción, para así explicar mejor por una parte el efecto de varios grados de este factor en el sistema y por otra parte la interacción entre este factor y la innovación tecnológica que desea probarse. Este ordenamiento en gradientes, permite, dentro del área de interés, la interpolación de resultados con bastante precisión y la extrapolación con bases más firmes. Sin embargo, en regiones uniformes, es posible que el grueso de los agricultores se encuentren solo en uno o dos puntos de la gradiente y en este caso es preferible concentrar acciones en coincidencia con la densidad de población antes que invertir esfuerzos en los valores extremos de una gradiente.

#### c.2. Localización de la finca:

Este es un aspecto poco discutido en la literatura disponible. Existen sin embargo, varios factores para considerar en este aspecto. En primer lugar, las áreas marginales de la finca, cerca de los caminos, cumplen el doble propósito de investigación y demostración a otros agricultores. Por otra parte el establecimiento de los experimentos en el centro del campo sembrado por el agricultor tiene la ventaja de la alta interacción con el resto de las plantas en el campo y el hecho de crecer rodeado por un ambiente ecológico representativo. En general, la localización dentro de la finca está determinada por el tipo de experimento; aquellos experimentos que incluyen tratamiento de preparación de suelos, aporcadas, distancias de siembra, etc., deben generalmente, establecerse en áreas separadas del lugar en que están el resto de los cultivos. Todo el equipo de valor tales como pluviómetros, trampas de luz, radiómetros, deben mantenerse lo más cerca posible de la casa del agricultor.

#### c.3. Organización del equipo:

Hay varias consideraciones a las que poner atención. Según la experiencia acumulada en CATIE durante los últimos años, el equipo mínimo para investigar en fincas, debería estar constituido a lo menos por un especialista en producción de cultivos, uno en producción de plantas y un científico social. Es deseable que este grupo del área esté en contacto directo y frecuente con un equipo asesor de cober-

tura mayor a nivel nacional, regional o internacional y/o con otros equipos cumpliendo labores similares en otras áreas.

Antes del comienzo de la estación de cultivos, debe organizarse una reunión general de planificación con todo el equipo a fin de decidir el tipo de experimentos y su propósito, el número de ellos, su localización y la responsabilidad de cada miembro del equipo en cada uno de los tipos de experimentos.

Durante la fase de caracterización ya se han identificado -mediante los procedimientos habituales- los agricultores colaboradores y la selección final de ellos debe hacerse considerando -aparte de su disposición a colaborar- cuán fielmente en su finca se reproducen los problemas identificados como prioritarios para toda el área.

A lo menos un mes antes de la siembra todos los productos (fertilizantes, semillas, estacas, bolsas, etc.) deben estar preparados y efectuarse la selección de los lotes en conjunto con los agricultores colaboradores y decidir el tipo de preparación de terreno a efectuar.

No solo con agricultores colaboradores, sino con otros además, debe realizarse una discusión, previa a la siembra, a fin de explicar los propósitos de la investigación y un relatorio de las labores que se anticipan como necesarias para llevar a cabo el experimento. Con los cultivos creciendo en el campo, es conveniente organizar días de campo para discutir el grado de avance de la investigación. A estos días de campo deberán asistir agricultores, técnicos del área y miembros del equipo asesor, si existiera.

Otra reunión de discusión debe organizarse con los datos obtenidos de cosecha de los experimentos, al final de la estación de cultivos, para discutir a grandes rasgos el resultado final. Se entiende que los datos deben continuar en proceso. Esta reunión servirá de guía para la planificación de las actividades del próximo año.

#### d. Responsabilidad del manejo.

En un esfuerzo de investigación con agricultores, es muy difícil clasificar los experimentos bajo denominaciones tales como 'manejo del agricultor' o 'manejo del técnico'. En la realidad esto se convierte en un asunto de matices. Cada acción que el agricultor realiza en un lote experimental tiene la influencia del técnico y viceversa.

Normalmente se llega al compromiso entre el agricultor y el técnico acerca de qué se va a hacer, cómo, cuándo y por quién en determinado experimento y luego se establece la disponibilidad de mano de obra por parte del agricultor. Si no existe su-

ficiente mano de obra disponible, el técnico puede aportarle, mediante contratación temporal.

Solo en casos exclusivos de experimentos superpuestos y en pruebas avanzadas de validación o pre-producción, el manejo debería estar enteramente en manos del agricultor.

Aquellos experimentos realizados en fincas de agricultores y que están enteramente bajo el manejo del técnico, se refieren más bien a ensayos de apoyo en los que los factores estudiados se controlan totalmente y sus resultados van a servir para mejorar la capacidad de diseño del equipo y no necesariamente aportar soluciones a corto plazo para problemas de producción. Es posible, y ocurre con frecuencia, que algunos experimentos diseñados para aportar soluciones a problemas inmediatos de producción, se manejen enteramente por técnicos. En este caso se está perdiendo la oportunidad de retroalimentación por parte de quien se supone que va a manejar el sistema en el futuro, es decir, el agricultor. Este hecho solo convierte en más difícil la fase de validación posterior de la metodología de investigación.

#### c. Uso del presupuesto.

En la planificación de los ensayos y una vez que se ha determinado el número de ellos, su tamaño y distribución en la región, es el momento para estructurar el presupuesto de operaciones a lo menos en términos de insumos necesarios en el año, imprevistos y jornales que cancelar. Debe decidirse la cantidad de insumos a adquirir mediante el presupuesto central y la cantidad de dinero que en términos de caja chica deben manejar los técnicos en el campo para cubrir los gastos menores.