

CATIE  
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
Programa de Cultivos Anuales

La Investigación Posterior al Diseño de Alternativas

Carlos F. Burgos

Para discusión durante el "Seminario sobre Técnicas y Estrategias para el Diseño de Alternativas en la Investigación de Sistemas de Cultivo". IDIAP/CATIE, Panamá, 6-16 de octubre de 1980.

Turrialba, Costa Rica

1980

SEMINARIO SOBRE TECNICAS Y ESTRATEGIAS PARA EL  
DISEÑO DE ALTERNATIVAS EN LA INVESTIGACION  
DE SISTEMAS DE CULTIVO

Carlos F. Burgos\*

La Investigación Posterior al Diseño de Alternativas

La utilización del enfoque de sistemas en la investigación de sistemas de cultivo ayuda porque atrae la atención a los enlaces entre los componentes del sistema de cultivos, entre los componentes y el ambiente. O sea, que el enfoque de sistemas presenta una visión del todo, componentes del sistema y los enlaces entre ellos, aumentará el entendimiento de sistemas en funcionamiento, y no simplemente describe el desempeño de los componentes separados. Mediante el entendimiento más amplio, las limitantes claves sobre los cuales la investigación debería concentrarse se harían evidentes. Si el modelo del sistema se usa como marco de referencia, la comunicación entre investigadores de un equipo multidisciplinario mejorarían. Las tres ventajas comúnmente enfatizadas por los que proponen el método de sistemas son: aumenta el entendimiento de sistemas, refina el foco de la investigación y mejora la comunicación interdisciplinaria. Otra característica, enfatizada por algunos autores, que distingue el enfoque de sistemas de aquel pasivo de observar-hipótesis-deducir-probar que tradicionalmente se utiliza en la investigación agrícola, es que un programa de investigación de sistemas puede usarse para encontrar metas o establecer metas y por lo tanto tiene una orientación normativa y para solucionar problemas. Esta es la característica que parcialmente, explica el atractivo que los métodos de investigación de sistemas de cultivo tiene para científicos agrícolas y administradores de agencias de desarrollo en su búsqueda para aumentar la producción de alimentos. Un formato de investigación de sistemas es apropiado para estudiar las interdependencias en sistemas de cultivo, mientras que el método científico tradicional es apropiado para estudiar comportamiento dentro de las sub-unidades; por ejemplo, respuestas de rendimientos a la aplicación de fertilizantes.

---

\*Ph.D., Especialista en Manejo de Cultivos.

La investigación de sistemas de cultivo ha sido iniciada en apoyo a proyectos de desarrollo agrícola en varios países. La fase en la cual la investigación de sistemas es introducida depende de muchos factores. Puede ser introducida mucho antes de proyectos de desarrollo, en cuyo caso, los resultados pueden retroalimentarse a la formulación del programa. Puede ser introducido un poquito antes de la implementación de un proyecto de desarrollo preformulado. En este caso, es usado primordialmente para generar recomendaciones de cultivos para la fase de extensión del programa. Puede introducirse en una fase tardía para definir lo que deberá hacerse para contrarrestar las deficiencias en la formulación original de un programa, en cuyo caso, se convierte investigación en limitantes para la adopción de tecnología.

La investigación de sistemas de cultivos para sitios definidos que algunas organizaciones llevan a cabo ha sido descrita en varias publicaciones. Estas descripciones, demuestran el paralelo tan cercano que existe entre la metodología de sistemas de cultivo y el enfoque standard de la investigación de sistemas.

Los métodos de investigación en sistemas pueden ser ilustrados mediante la presentación de las fases que algunos proyectos de investigación han seguido. Algunas veces se dirige la atención a un sistema para dirigir los esfuerzos de investigación a los factores limitantes del sistema, lo cual ha conducido al aumento del entendimiento de los enlaces entre los componentes del sistema.

### Fases de la Investigación

Definición de objetivos. Los objetivos del programa de investigación deben ser definidos antes de hacer la descripción del área y fijar los límites de aplicación de los resultados de investigación. La definición de los objetivos normalmente es hecha en términos del producto de la investigación (sistemas viables más productivos) para condiciones específicas. Este sería el caso, de buscar sistemas basados en arroz para pequeños agricultores, que manejan parcelas en un área con suficiente precipitación para permitir la intensificación del cultivo de arroz solo. El siguiente paso sería el de describir los recursos del área de estudio. Este normalmente se hace en términos de clima, suelos y alguna característica que permita dividir el área en varios complejos de producción. En la mayoría de los casos, se encontrará que existe algún conocimiento que permite iniciar la investigación a un nivel el cual influirá mucho en la experimentación que se seguirá.

### Establecimiento de criterios de factibilidad agronómica y económica

Los sistemas que han sido diseñados son sometidos a examen contra criterios agronómicos sencillos tales como: período de siembra disponible en el sistema diseñado y rendimientos aceptables de acuerdo a patrones reconocidos en la región. En la mayoría de los casos se acepta que ganancia, será el criterio económico más importante. Con el propósito de tener información en cuanto a la cobertura de los sistemas diseñados es conveniente especificar o decidir en cuáles complejos de producción serán probados los sistemas diseñados. Así mismo, es apropiado escoger en base a criterios razonados el tipo de agricultor cooperador; en ciertas ocasiones es aconsejable recurrir al agricultor maduro y con experiencia para obtener críticas y reacciones respaldadas por la experiencia. La relación que existirá entre investigador y agricultor debe quedar definida para evitar confusión y para efectuar la interpretación adecuada de los resultados.

En cuanto a recursos, las consideraciones más importantes son sobre los recursos con que cuenta el agricultor y los recursos con que cuenta el investigador. En algunos casos el agricultor proporciona la tierra, fuerza animal y mano de obra. Mientras que el proyecto proporciona la semilla, fertilizantes, productos químicos y una bomba aperjadora si esto es necesario. Además, se proporciona asesoría frecuente en cuanto a cuándo sembrar, aplicar fertilizantes, controlar insectos, controlar malezas y otras actividades.

La fase de experimentación de la investigación de sistemas de cultivo es la que requiere más personal y dependiendo de la manera como es diseñada, puede requerir de personal auxiliar de campo y vehículos para el transporte de este personal. Por esta razón, los experimentos que serán colocados en fincas de agricultores deben racionalizarse y trazarse para fines específicos. Algunos investigadores opinan que los experimentos en terrenos de agricultores y manejados por estos proporcionan al investigador con información valiosa de insumos, los requerimientos, mano de obra: del agricultor, de la familia y contratada; efectivo y energía del sistema y la reacción del agricultor al sistema propuesto. Los experimentos en estación experimental y en terrenos de agricultores pero manejados por el investigador, pueden ser las maneras más eficientes para obtener información del desempeño agronómico del sistema. Puede ser también el mejor método para estudiar maneras de manejo de alto riesgo o el efecto de variables del sitio en el desempeño de los sistemas. En este caso, la colocación de las repeticiones debería cubrir tantos lugares como sea posible para aumentar la información de las interacciones entre lugar y tratamiento.

### Diseño de alternativas de cultivo mejoradas y definición de las

variables de manejo a ser probadas. El diseño de alternativas adaptadas o mejoradas ha sido discutido ya en este seminario por el Dr. Raúl A. Moreno, con profundidad. Por esta razón, aquí sólo se recordará lo siguiente: para las alternativas diseñadas habrá que especificar las prácticas para todos los cultivos en cada sistema (labores y métodos de siembra, dosis, materiales, métodos y épocas de aplicación de fertilizantes y pesticidas, prácticas de manejo de malezas y variedades). Muchas de estas prácticas pueden ser especificadas con base en el conocimiento general y comparación con métodos locales. Otras prácticas requieren experimentos separados para establecer niveles óptimos.

Para estudiar componentes importantes de los sistemas podrían hacerse experimentos convencionales repetidos, pruebas sobrepuestas en parcelas de prueba de sistemas o combinaciones de estos tipos de experimentos. Las diferencias entre estos tipos de experimentos deberá especificarse para efectos de ejecución.

### Pruebas en campos de cooperadores y experimentación en el manejo

de insumos. Estos experimentos corresponden a pruebas de validación y sensibilidad. Además de la información sobre adaptación agronómica, las pruebas indican sensibilidades de los sistemas a gradientes de variables determinantes de las clases de terreno y a variaciones en los regímenes estacionales.

Los ensayos repetidos convencionales y los sobrepuestos pueden coordinarse para medir la sensibilidad de respuesta del sistema en los campos. Si estos experimentos se repitieran por varios años podrían reflejar la sensibilidad de las respuestas del factor estudiado al tiempo.

### Prueba en varias localidades y pruebas de programas de preproducción

El propósito de esto es entrenar el personal de transferencia y conocer cuál es la disponibilidad de crédito, semillas y productos agrícolas. Se puede decir, que prepara a las instituciones que serían necesarias para la implementación de los sistemas recomendados en gran escala. Las pruebas de preproducción pueden servir para evaluar en gran escala, el desempeño de una práctica recomendada.

## Conceptualización de Tipos de Trabajos y su Relación entre ellos y los Objetivos

Durante la fase del diseño se podrían identificar alternativas de cultivo para las cuales los investigadores poseen diferente grado de conocimiento. Esto permite pensar en varios tipos de trabajo entre los cuales podrían ser ventajosos los siguientes: trabajos para pruebas de difusión, validación, evaluación, estudios de componentes, estudios analíticos y estudios exploratorios.

La secuencia cronológica de estos estudios es difícil de especificar, ya que, depende mucho del área o región para la cual se está trabajando y la información que sobre el área exista. Los tipos de trabajo que deben planearse deberían orientarse hacia la obtención de información que permita conseguir el producto deseado de la investigación.

Lo importante es elaborar un marco de referencia el cual ayude para decidir el tipo de trabajo que debe realizarse y establecer los enlaces que deberían existir entre la generación y el uso de tecnología agropecuaria. El tipo de este marco conceptual puede variar en su forma, la forma gráfica es muy conveniente de estas, el flujograma parece ser el que mejor representa los enlaces entre las diversas actividades.

### Tipos de Trabajo Posibles

Las categorías de trabajos posibles pueden dividirse así: investigación en la estación experimental para estudios básicos de tecnología; investigación en terrenos de agricultores para verificar los resultados obtenidos en la estación experimental e identificar las limitantes involucradas; y programas pilotos de producción y pruebas a gran escala de la aplicación de tecnología.

La investigación en la estación experimental se utilizaría para estudios que necesitan mucho control. Tal es el caso de tamizado de material genético que proviene de diversos centros de investigación y estudio de limitantes de manejo. Este tipo de estudios podría considerarse de apoyo a la investigación de sistemas.

La investigación en terrenos de agricultores podría utilizarse principalmente para propósitos de evaluación o validación. Un tipo de estudio que podría ser importante es la cuantificación de las

limitantes en terrenos del agricultor. Los estudios en sistemas indican que aumentos en producción por unidad de área pueden obtenerse por las alternativas de: mejorar los rendimientos de las cosechas y aumento del número de cosechas por unidad de tiempo. Sin embargo, se encuentran diferencias grandes entre los rendimientos obtenidos en la estación experimental y las fincas.

Los estudios de evaluación se conducen con alternativas diseñadas para probar las suposiciones hechas en el proceso de investigación de sistemas durante la fase del diseño. Las principales suposiciones son: adecuación biológica, rendimientos aceptables, estabilidad biológica, requerimiento de recursos económicos factibles de llenarse, manejo especificado es adecuado, y cumplimiento de criterios de desempeño económico. Los experimentos en los terrenos de los agricultores son útiles para determinar los requerimientos de recursos. También, es la oportunidad para estimar las funciones de respuesta de una variable modificable, lo que serviría para optimizar estos insumos y definir los componentes tecnológicos de la alternativa. En esta prueba, también se obtienen las respuestas de los agricultores a los sistemas sometidos a pruebas.

Las observaciones de los agricultores muchas veces indican cuáles variables determinantes importantes han sido ignoradas o evaluadas erróneamente en cuanto a su efecto en el sistema de cultivo. De esta manera, el agricultor participante muchas veces contribuye sustancialmente al programa de investigación.

El sistema completo se evalúa entonces bajo valores específicos de recursos y determinantes económicas del complejo de producción para el cual fue diseñado. Esta evaluación, indicará los requerimientos económicos e institucionales del sistema y define el tipo de cambio institucional que será necesario para cumplirlos.

Los sistemas de cultivo aceptables desde un punto de vista de disponibilidad de recursos o económico serán sujetos a pruebas de campo controladas que evaluarán su adecuación a través de áreas del complejo de producción. Este tipo de investigación aplicada identificaría sitios que pertenecen al complejo de producción en consideración y se utilizarían para diseñar un juego de experimentos por cada complejo que incluirían como tratamientos aquellos sistemas juzgados adecuados para ese sistema. De esta manera, los resultados del programa de investigación aplicada proveerán un estimado de la capacidad de diseño del programa y permitiría una identificación precisa de los requerimientos del sitio para un sistema de cultivo en particular. Además, esto proporcionará una mejor especificación de la cobertura del sistema de cultivo. Esto es un requisito importante para el diseño de programas de producción.

Los estudios de validación se realizan con la o las alternativas que en las pruebas de evaluación parecen promisorias. Debe entenderse que estas parcelas no son para propósitos de difusión sino que, para afinar los detalles del sistema de cultivo y tener una medida de la variabilidad y cobertura del sistema propuesto. La mayoría de las parcelas estarían bajo el manejo del agricultor. Algunas deberían ser visitadas por el investigador para llevar un seguimiento del proceso de manejo del sistema. Los resultados de estas pruebas se usarían para preparar el material que se entregaría a los encargados de transferencia.

Investigación en componentes de los sistemas de cultivo es a veces necesaria para completar el diseño de una alternativa. Los casos que más ocurren son estudios para definir dosis y manera de fertilización, preparación de suelos, control de plagas, manejo de malezas, densidades de siembra, arreglos especiales, arreglos cronológicos y estudios sobre competencia por luz y nutrimentos. Este tipo de experimentos debe efectuarse en parcelas repetidas y en condiciones controladas bajo el manejo del investigador, usualmente los experimentos se realizan en estaciones experimentales pero podrían hacerse en terrenos de agricultores bajo el manejo del agricultor, la ventaja de esta última estrategia da la ventaja de medir los resultados en el ambiente donde el agricultor trabaja. Cuando se quiere diseñar sistemas nuevos es necesario conocer características propias de cada cultivo componente. Este es el caso de curvas de crecimiento, mediciones de índice de área foliar, o estudios de arquitectura de plantas, efecto de clima sobre el desempeño de los sistemas o el desempeño de sistemas o cultivos a gradientes de variables determinantes.

Para lograr el objetivo que persigue la investigación de sistemas es a veces necesario obtener información sobre aspectos socio-económicos tales como: requerimientos y flujo de mano de obra y dinero. Este tipo de información se obtiene mediante encuestas estáticas y a través del tiempo. En ciertos casos, y cuando existe poca información, estudios dinámicos en componentes del sistema (malezas, insectos, fertilidad y enfermedades) puede ayudar mucho para desarrollar una capacidad de diseño más completa.

### Implementación de la Investigación

Una vez que el área de trabajo ha sido seleccionada y el sitio de trabajo escogido se debe integrar el equipo que trabajará en el sitio. Cada sitio, deberá tener un grupo adecuado de profesionales. En algunos países se han tenido cinco: un agrónomo (coordinador), dos agrónomos más, un economista y un especialista en protección de



plantas. A estos profesionales debería agrupársele asistentes de campo en número adecuado. El número de miembros del equipo puede variar de sitio a sitio y dependerá del volumen de trabajo. Otras posibles estructuras serían: de tres a cuatro profesionales, uno de los cuales es el coordinador, uno es especialista en protección y un economista; dos o tres agrónomos y un economista. El número de asistentes de campo varía de 5 a 11.

Los miembros del equipo deberían vivir en el área del proyecto para asegurar la implementación eficiente de los proyectos de investigación. Si el extensionista que asiste a los agricultores seleccionados no es miembro del equipo, él debería participar en la encuesta y selección de los agricultores cooperadores y debería ser informado de los avances de investigación del proyecto.

En términos muy generales se puede decir que, los diseños experimentales frecuentemente utilizados en la investigación de sistemas de cultivo son sencillos; sobre todo cuando la experimentación se realiza en fincas de pequeños agricultores. Los experimentos en estaciones experimentales o en terrenos de agricultores pero manejados por el investigador pueden ser de diseño más complicado, porque, pueden ser más controlados y el riesgo de perder unidades experimentales es menor que los realizados en fincas de agricultores.

Los tipos de experimentos de acuerdo a las hipótesis propuestas y precisión requerida se consideran de tres tipos: exploratorios, analíticos y de validación y ajuste de recomendaciones.

Los experimentos para comparar un grupo grande de sistemas deben tratarse como de tipo exploratorio. Esta clase de experimento puede utilizarse cuando se sabe muy poco sobre un sistema que interesa al investigador. Los experimentos analíticos son realizados después de los exploratorios. Dentro del grupo se incluirían las pruebas de respuestas de un sistema a variaciones en la cantidad de nutrimentos. Este tipo de ensayo se utiliza cuando se necesita una precisión que asegure un riesgo bajo de error.

Los experimentos de validación y ajuste de recomendaciones sirven para comprobar si resultados obtenidos bajo ciertas condiciones, se repiten en condiciones similares.

Los experimentos en sistemas agrícolas podrían considerarse de los tipos siguientes: combinaciones de cultivo, arreglos espaciales de cultivo en un sistema, arreglos cronológicos, nutrición, protección y manejo. En la práctica, los experimentos pueden pertenecer a combinaciones de los tipos señalados antes.

consideraciones serán mencionadas, únicamente: 1) Necesidad de hacer pruebas en fincas; 2) selección de sitios para la prueba; 3) precisión de los ensayos en fincas; 4) la necesidad de medir un número de factores ambientales; 5) tecnología que será probada: manejo mejorado versus sistema mejorado; 6) escogencia de factores a ser probados; 7) criterios de prueba; 8) grado de participación del agricultor en la prueba y 9) datos que serán recolectados: agronómicos versus económicos. Los experimentos sobrepuestos constituyen una técnica para la investigación en fincas en la fase de investigación de adopción de tecnología y ha sido descrita en detalle por varios autores. Básicamente el trazo del experimento proporciona parcelas de dos tamaños: parcelas pequeñas para datos agronómicos y parcelas grandes para datos de requerimientos de recursos.

Una muestra de trazo es un área de prueba de  $1000 \text{ m}^2$ . Cinco parcelas pequeñas a cada lado del área de prueba constituyen una de dos repeticiones. Todos los tratamientos excepto el primero son asignados al azar entre las cinco parcelas de cada repetición. El primer tratamiento (la tecnología recomendada) es probado en el centro del área. El tamaño de las parcelas pequeñas oscila entre 20 a  $60 \text{ m}^2$ . Es recomendable utilizar en fincas de agricultores parcelas mayores que las recomendables para estaciones experimentales.

Algunas aclaraciones importantes sobre esta técnica que pueden interesarles son: 1) Se reconocen dos tipos de tecnología para probar en fincas: Tipo I -manejo mejorado de sistema existente; Tipo II -sistema mejorado, a) uno o más cultivos son añadidos al sistema del agricultor, b) uno o más cultivos reemplazan los del agricultor. El procedimiento para las pruebas de cada tipo es distinto y debe discutirse antes de diseñar el experimento. 2) El número de repeticiones para cada localidad es dos y no se aconsejan reducciones mayores. En este diseño, los efectos principales son medidos con el nivel del agricultor individual y pueden diferir de los medidos en la fase de experimentación de desarrollo de tecnología. 3) Las fincas deben ser seleccionadas para cubrir, tanto como sea posible, la variación total que existe en el área. Esto proporcionaría buenas bases para la evaluación del nivel de estabilidad del sistema bajo prueba. Este nivel de estabilidad es diferente al tradicional que se mide de pruebas varietales en diferentes lugares. 4) Los datos socio-económicos y de requerimientos de recursos del sistema del agricultor pueden obtenerse del terreno del agricultor; deben hacerse comparaciones tanto entre sistemas recomendados y cada sistema recomendado y el sistema del agricultor. 5) Si se espera influencias de tratamientos localizados en parcelas contiguas se puede aumentar el tamaño de la parcela o tomar alguna precaución como uso de barreras móviles para prevenir el movimiento de atomizaciones. 6) Al analizar los resultados

Más explicación sobre aspectos de experimentación pueden encontrarse en el material entregado. Por ahora, aunque en forma muy breve, se discutirá la técnica de experimentos sobrepuestos (investigación de adopción de tecnología). Este tipo de ensayos implica la sobreposición, como una sub-parcela, de un componente variable, sobre el sistema de cultivo en estudio que se considera como la parcela principal. La parcela principal es un sistema repetido en terrenos de diferentes cooperadores (5 a 10). Los tratamientos sobrepuestos de una variable simple corresponden al de un diseño de bloques completos al azar y puede ser analizado de esa manera. Un ensayo sobrepuesto puede llevarse a cabo sobre el sistema del agricultor o sobre un sistema introducido. En el primer caso el propósito puede ser evaluar el efecto del componente (variable) introducido sobre el sistema existente cuando es manejado por el agricultor. En el segundo caso, se tiene un sistema nuevo con su juego de práctica recomendadas. La información obtenida de experimentos sobrepuestos constituye una base de recomendaciones nuevas o revisadas que podrían ser adoptadas para el sistema en años subsiguientes.

Los experimentos sobrepuestos tienen varias ventajas, entre ellas se sugieren: que puede instalarse sobre ensayos agronómicos y obtener información adecuada, y de esta manera se ahorra el costo de instalar un ensayo separado; proporciona la oportunidad de trabajo interdisciplinario y debido a que también se obtiene información económica las evaluaciones de componentes pueden ser total y realísticamente realizados, lo que no es posible con experimentos efectuados por separado.

Las desventajas que esta técnica presenta es que añade complejidad al diseño experimental y requiere mejor coordinación entre el grupo de investigación y el agricultor cooperador. Además, limita el tamaño de la parcela que se utiliza para estimar el costo de varias operaciones. La selección de las variables para ensayos sobrepuestos debería basarse en la influencia predominante de esta sobre el desempeño del sistema específico. Un componente que podría estudiarse es el manejo de malezas. En caso del uso de herbicidas los tratamientos sobrepuestos podrían ser: prueba de la efectividad de varios matamalezas, efecto de varios niveles de ingrediente activo de un herbicida, efecto de la época y frecuencia de aplicación y el efecto de varios métodos de control de malezas.

Experimentos sobrepuestos podrían hacerse sobre establecimiento de cultivos. Los experimentos podrían ser: diferentes niveles de laboreo y establecimiento, y diferentes cantidades de semilla o población de plantas.

La técnica de experimentos en fincas involucra la consideración de varias cuestiones que deben discutirse. En esta presentación esas

se puede obtener un análisis combinado de varianza de rendimientos para los experimentos, proporcionando las siguientes fuentes de variación: experimentos, repeticiones dentro de experimentos, tratamientos, interacción de tratamientos por experimento y error. Si no hay interacción de experimento por tratamiento, entonces los resultados pueden agruparse y aplicarse a la entera zona agroclimática bajo estudio. De otra manera, la naturaleza de la interacción deberá investigarse críticamente y reagrupar el área en más zonas agroclimáticas, parecería posible.

### Organización y Recursos para la Investigación

El equipo investigador que trabaja en un área determinada debería contar con un lugar a donde puedan acudir para reunirse y planear actividades. Este mismo lugar debería estar equipado con facilidades para guardar materiales, herramientas y espacio para guardar los registros de campo. Cuando sea posible, la información podría ser procesada preliminarmente con el propósito de proporcionar información acerca de localización y desarrollo de los experimentos. Es importante que el equipo cuente con suficiente vehículos, para visitar las parcelas con la frecuencia requerida. Las personas encargadas de llevar registros podrían movilizarse en motocicletas. La ubicación de los estudios a lo largo de una ruta continua facilitarían la supervisión de los trabajos y ahorrarían tiempo y combustible. Es preferible que los investigadores vivan en el área donde trabajan o muy cerca de ella. La estrategia para trabajar con los agricultores puede variar dependiendo si el agricultor es independiente, asociado o pertenece a un asentamiento. Esto ocurre porque las limitantes para cada categoría de agricultor son distintas y será necesario ofrecer tecnología adecuada a cada tipo. Los gobiernos, a veces, declaran líneas de prioridad en cuanto a la tecnología de producción para algunos cultivos que son producidos por los agricultores a quienes se dirigen los programas de investigación, esto debe considerarse al momento de implementar la experimentación.

Manejo de los trabajos de experimentación. Este punto es de mucho cuidado para los trabajos en fincas de los agricultores porque se considera que una característica importante de este tipo de trabajo es la participación del agricultor. Tal participación es aconsejable para poder evaluar el grado de aceptación de la tecnología. Sin embargo, la participación del agricultor puede resultar en pérdidas de precisión y algunas veces en la pérdida total del experimento. La participación del agricultor en los experimentos de finca debe ser evaluada críticamente. Cuando los experimentos en fincas están bajo el

manejo del investigador será importante llegar a un acuerdo verbal o escrito con el agricultor y las parcelas deberán protegerse de daños por extraños y animales.

### Tipo de Información a Colectar

Debe decidirse cuál es el mínimo de parámetros físicos que será medido en cada finca de prueba. Los parámetros físicos más comunes son: lluvia, radiación, textura de suelos, posición topográfica y disponibilidad de agua. Entre los aspectos socio-económicos los parámetros más comunes son: disponibilidad de mano de obra, disponibilidad de energía, condición de la tierra y capacidad de manejo. Los datos agronómicos pueden ser: rendimiento económico, incidencia de insectos y enfermedades y malezas. Los requerimientos de recursos más importantes son: mano de obra, fuerza, tierra y manejo.

Los instrumentos de colección y acumulación de información deben ser desarrollados en las primeras etapas del trabajo, estos formularios deberían de incluir secciones para: información general del lugar del experimento, información sobre objetivos, diseño experimental y justificación para el estudio, hojas para registrar las variables medidas, cuadros apropiados para indicar la cronología de actividades planeadas así como las ejecutadas, formularios para registros de clima y espacio para anotar observaciones e interpretaciones preliminares. Estos registros deberían llevarse en duplicado uno para el profesional a cargo del experimento y otro que es enviado al encargado de mantener y analizar los datos. Hay diversas maneras de ordenar los formularios uno es el de dar códigos para cada experimento. Este código se usará en las hojas de datos que paulatinamente son enviadas para su registro y almacenamiento.

### Procesamiento y Análisis de la Información

Los datos obtenidos de los experimentos en sistemas de cultivo pueden ser sometidos a los siguientes análisis: varianzas, regresiones, correlaciones y conversiones a índices que integren componentes distintos de sistemas. El análisis de varianzas podría utilizarse para estimar la estabilidad del cultivo indicador, las regresiones pueden explicar el desempeño de un sistema sobre puntos de la gradiente de una variable determinante; las correlaciones ayudan para explicar la influencia que algunas variables ejercen sobre el desempeño de un sistema o cultivo y pueden proporcionar mucha información acerca de qué variables son determinantes para los cultivos o sistemas de cultivo.

Experimentos en los cuales se estudia un sistema policultural muchas veces requieren de comparaciones con los sistemas monoculturales respectivos. Cuando esto ocurre, es necesario recurrir a cálculos de ciertos índices. Entre ellos tenemos, el uso equivalente de la tierra (UET) y la relación equivalente de área-tiempo (REAT). El UET determina la superficie de tierra que es requerida bajo el sistema de monocultivo para conseguir una producción equivalente a la obtenida por los mismos cultivos del sistema de cultivo múltiple por unidad de área. Un UET mayor que la unidad indica que más tierra sería requerida por los monocultivos, y además, que el multicultivo tiene mayor productividad que los monocultivos. El REAT determina el total del área-tiempo requerido para producir en monocultivo lo que fue producido por el sistema de cultivo múltiple. Un REAT mayor que la unidad indica un uso más eficiente de área-tiempo (hectáreas-días) por el cultivo múltiple. Hay otros índices que se utilizan para cumplir con fines específicos. Cada índice tiene sus ventajas y desventajas, lo importante es conocerlas, de tal manera que la interpretación que se hace de los resultados sea la correcta.

Además del análisis de tipo agronómico que comúnmente se hace de los resultados de experimentos; la información puede someterse al análisis económico y energético. El más utilizado de estos es el económico, aunque en los últimos años el análisis energético ha cobrado mucha importancia. Hay otros tipos de análisis que consideran todo el sistema y tratan de medir el efecto de muchas variables sobre el resultado y sobre otras variables que a su vez afectan ese resultado. Este tipo de análisis resulta muy útil en ciertos casos; entre estos tenemos modelos recursivos y modelos de regresión multivariada.

Los recursos que se necesitan para el análisis de los datos varían de acuerdo al volumen y grado de complejidad del análisis; calculadores de escritorio podrían bastar para análisis de experimentos individuales, pero computadoras electrónicas son necesarias para muchos experimentos o estudios y cuando se necesita análisis numerosos de datos.

Cuando los datos de muchos experimentos serán reunidos para análisis es necesario que la información sea enviada periódicamente a un banco de datos, ese flujo puede lograrse mediante la elaboración de formularios adecuados y un medio de entrega adecuado. Es conveniente que los datos sean almacenados de tal manera que más tarde puedan agruparse por complejo de producción o por ambiente ecológico. Esto puede permitir, más tarde, identificar variables determinantes y verificar la capacidad de diseño para sistemas de los equipos de investigación.

Si el objetivo primordial del programa de investigación es la elaboración de alternativas para agricultores el equipo de investigadores podría planear una secuencia de actividades de investigación y experimentación que resultan en la obtención de las alternativas deseadas. Una posible secuencia podría ser la siguiente:

#### Primer año

1. Estudios y ensayos para diagnósticos especializados.
2. Experimentos de arreglos espaciales y cronológicos con cultivos de importancia existentes en la región.
3. Experimentos de arreglos espaciales y cronológicos con el sistema del agricultor en fincas de agricultores y con la participación de este.
4. Experimentos con variedades utilizando como marco el sistema del agricultor.
5. Preparación de una versión de por lo menos una alternativa. Usar el sistema del agricultor y los sistemas que al fin del año parecen promisorios.

#### Segundo año

En este año se trataría de disminuir el número de sistemas a tomar en cuenta para elaboración de alternativas finales. Los experimentos posibles serían:

1. Prueba de los mejores arreglos espaciales y cronológicos en terrenos del agricultor con participación de éste y control del terreno. Estos arreglos provendrían de los experimentos correspondientes del primer año. Estos ensayos serían dispersados en un área que cubra los complejos de producción importante en la zona. En cada finca se trataría de ubicar el sistema alternativo y el del agricultor.
2. Experimentos en componentes. Los más importantes usualmente son: manejo de malezas, dosis y fraccionamiento de la fertilización, control de insectos del suelo y follaje. Este tipo de estudio se haría para el sistema del agricultor que bien pudiera haber sido modificado con base a los experimentos del primer año de experimentación.

3. Experimentos en componentes con arreglos espaciales promisorios para llenar vacíos encontrados al momento de elaborar la alternativa en primera aproximación.

### Tercer año

En este período se trataría de afinar las alternativas que serían ofrecidas para el proceso de validación. Los experimentos que se podrían llevar a cabo son:

1. Experimentos con las alternativas mejoradas, poniendo en uso la información conseguida en el segundo año. Los experimentos se efectuarían en fincas de agricultores que tienen distintas características económicas. El propósito de estas pruebas sería evaluar cuáles características de las alternativas parecen ser más apropiadas para ciertas características de la finca. El número de experimentos debe ser suficiente para que las técnicas de análisis estadístico y económico pueden utilizarse adecuadamente. Se sugiere un número superior a veinte parcelas.
2. La actividad terminal de la fase del proceso lo constituye la elaboración por parte del equipo de los documentos que describen la alternativa. La preparación de estos documentos se facilitaría mucho si temprano en el proceso de investigación se preparan los formatos de tales documentos.

La evaluación de las alternativas requiere de cierta información de carácter económico la cual deberá ser recolectada durante el proceso de investigación. El tipo de investigación que deberá realizarse tendrá que definirse con la ayuda del economista del equipo. En resumen se necesita que la investigación (estudios y experimentación) sea hecha interdisciplinariamente y siguiendo un marco de referencia previamente trazado que facilite la dirección y tipo de investigación que resultará en productos que llenen los objetivos del programa de investigación.



## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. BURGOS, C.F. Mécanica para la prueba de sistemas de cultivo en diferentes lugares. In Reunión Regional para el Desarrollo de alternativas Tecnológicas en Sistemas de Cultivo, Cerro Verde, El Salvador, 1979. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 1980. 32 p.
2. CROPPING SYSTEMS WORKING GROUP MEETING, 3rd. February 16-18, 1976, Thailand, Pulb IRRI, Los Baños, Philippines, 1976. pp 5-7, 17-23, 29-35, 41-42.
3. CRROPPING SYSTEMS WORKING GROUP MEETING, 4th. September 20-25, 1976, The International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines, 1976. pp 8-13; 21-24.
4. GOMEZ, K. A. ON farm testing of cropping systems. In Symposium on Cropping Systems Research and Development for the Asian Rice Farms, Los Baños, Laguna, Philippines. IRRI, 1976.
5. LAWAS, N. y ARTURO A. GOMEZ. UPLB-PCARR Farming System Project. In Proceedings of the First Annual National Multiple Cropping Symposium/Workshop. May 21-23, 1979. Tijam, Roselinda S. and Arturo A. Gomez Editors. University of the Philippines, Los Baños 1979. pp 21-38.
6. MORRIS, R. A. IRRI-BPI Cropping Systems Research. In Proceedings of the First Annual National Multiple Cropping Symposium/Workshop. May 21-23, 1979. Tijam, Roselinda S. and Arturo A. Gomez Editors. University of the Philippines, Los Baños 1979. pp 35-55.
7. OÑORO, P. Experimentación en sistemas de cultivos. In Reunión Regional para el Desarrollo de Alternativas Tecnológicas en Sistemas de Cultivo, Cerro Verde, El Salvador 1979.
8. ZANDSTRA, H. G. Cropping systems research at IRRI. In Cropping Systems Workshop, Naha Illuppalloma, Sri Lanka 1976. pp 23-29.

FITO: 991-80  
CB/ph