

# Metodología de Investigación en Sistemas de Cultivo en Finca

H. G. Zandstra, E. C. Price, J. A. Litsinger  
y R. A. Morris



El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en cinco sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud; ciencias de la información; ciencias sociales; y comunicaciones. El Centro es financiado exclusivamente por el Parlamento de Canadá; sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, África, Asia y el Medio Oriente.

©International Development Research Centre 1986  
Postal Address: Box 8500, Ottawa, Canada K1G 3H9  
Head Office: 60 Queen Street, Ottawa, Canada

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, CIID  
Oficina Regional para América Latina y el Caribe  
Apartado Aéreo 53016, Bogotá, Colombia

Zandstra, H.G.  
Price, E.C.  
Litsinger, J.A.  
Morris, R.A.

IDRC-215s

Metodología de investigación en sistemas de cultivo en finca. Ottawa, Ont., CIID, 1986. 156 p. : ill.

/Sistemas de cultivo/, /investigación en fincas/, /programas de investigación/, /Asia/ — /ensayo/, /rendimiento de la cosecha/, /métodos de investigación/, /diversificación de cultivos/, /diseño/.

CDU: 631.58(5)

ISBN: 0-88936-387-0

Se dispone de edición microficha.

***Metodología de Investigación en Sistemas  
de Cultivo en Finca***

***H.G. Zandstra, E.C. Price, J.A. Litsinger  
y R.A. Morris***

Las opiniones expresadas por los autores de la presente publicación no representan necesariamente las del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.

La mención de una marca registrada no constituye un aval de dicho producto, la misma se incluye solamente a título de información.

## **Resumen**

Publicado originalmente por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre Arroz (IRRI), este libro recoge los frutos de los estudios llevados a cabo por el Grupo Asiático de Investigación en Sistemas de Cultivo con el objeto de formular una metodología para la investigación en sistemas de cultivo en finca basados en arroz, iniciados en 1975, cuando el Grupo definió los marcos de trabajo y desarrolló los métodos científicos para la investigación. Desde entonces el IRRI apoyó abiertamente la iniciativa que encontró respaldo efectivo en el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Canadá que financió en parte su desarrollo. El libro recoge todos los pasos de la empresa y se complementa con los apéndices y la bibliografía respectivos.

## **Abstract**

Originally published by the International Rice Research Institute (IRRI), this book details the results of studies done by the Asian Cropping Systems Research Group for the purpose of formulating a cropping systems research methodology. These studies began in 1975 when the group defined its aims and developed its scientific research methods. Since that date, IRRI has given general support to this effort. It has had effective backing from the International Development Research Centre of Canada, which has partially financed the work. The book covers each step in the undertaking and has complementary appendices and a bibliography.

## **Résumé**

D'abord publié par l'Institut international de recherches sur le riz (IRRI), cet ouvrage présente les résultats des études faites par le Groupe de recherche asiatique sur les systèmes de culture pour formuler une méthode de recherche sur les systèmes de culture du riz. Ces études ont commencé en 1975 lorsque le Groupe a défini ses objectifs de travail et a élaboré ses méthodes de recherche scientifique. Par la suite, l'IRRI a appuyé cette initiative qui a également été soutenue par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) du Canada. La publication retrace toutes les étapes des travaux et contient des annexes et une bibliographie.

# *Indice*

<b>Prefacio</b>	7
<b>Capítulo 1</b>	
Desarrollo de una Metodología de Sistemas de Cultivo	9
<b>Capítulo 2</b>	
Sistemas de Cultivo e Investigación en Sistemas de Cultivo	11
Investigación sobre Sistemas de Cultivo	12
· Investigación sobre Sistemas de Cultivo en Finca	14
<b>Capítulo 3</b>	
Emplazamientos de la Investigación en Sistemas de Cultivo	17
Selección del Emplazamiento	17
Descripción del Emplazamiento para la Investigación en Sistemas de Cultivo	17
· Identificación de Complejos Ambientales	20
· Cultivos, Arreglos de Cultivos y Sistemas de Cultivo	24
· Descripción de los Sistemas de Cultivo	25
· Medición de los Determinantes Físicos del Arreglo de Cultivos	26
· Tipo de Finca y Base del Recurso	29
<b>Capítulo 4</b>	
Diseño	37
Diseño de un Programa de Investigación para un Emplazamiento	37
Diseño del Arreglo de Cultivos	38
· Factibilidad Biológica	40
· Factibilidad Técnica	40
· Viabilidad Económica	43
Pruebas de los Arreglos	43
· Arreglos Experimentales	44
· Arreglos de Cultivos del Agricultor	44
Investigación sobre Tecnología de Componentes	47
· Selección de Factores y Niveles de Tratamiento	48
· Prueba Superimpuesta para la Evaluación de la Tecnología de Componentes	48
· Ensayos Manejados por el Investigador	49
Equilibrio entre Actividades en el Emplazamiento	53
<b>Capítulo 5</b>	
Experimentación	57
Experimentación con los Arreglos de Cultivo	57
· Criterios de Desempeño	57
· Manejo de Pruebas de Arreglo de Cultivos	61
· Diseño Experimental	62
· Recolección de Datos de los Arreglos de Cultivos	64
· Registro de las Operaciones de Producción de Cultivo	65
· Análisis de los Experimentos de Arreglo de Cultivos	68

· Informe Resumido Anual de Resultados de los Experimentos con Arreglos de Cultivos	79
Investigación sobre Tecnología de Componentes	84
· Ensayos Superimpuestos	84
· Pruebas Manejadas por el Investigador	90
<b>Capítulo 6</b>	
Ensayos Pre-producción y Programas Piloto de Producción	93
Prueba Multilocalizada	93
Programas Piloto de Producción	96
· Enfoques de Intervención o de Sumisión	96
· Programas de Producción	96
· Programas Piloto de Producción	98
· Coordinación de Actividades Institucionales	102
<b>Referencias</b>	105
<b>Otras Lecturas</b>	108
Descripción del Emplazamiento	108
Diseño de Arreglos de Cultivos	109
Ensayos	109
Introducción de Nueva Tecnología	111
<b>Apéndices</b>	
Apéndice 1. Determinación de las Tasas de Fertilizante para los Cultivos en los Sistemas de Cultivo	113
Diferencias de Respuestas del Cultivo a los Fertilizantes	113
Enfoques Alternativos	114
Apéndice 2. Diseño Experimental para Determinar Pérdidas en Rendimiento como Guía para el Desarrollo de Recomendaciones sobre Control de Insectos	122
Ejemplo para Arroz Transplantado	122
Apéndice 3. Estudios de Pérdida de Rendimiento por Recomendaciones en Control de Malezas	125
Arreglos de Cultivo de los Agricultores	125
Arreglos de Cultivo Experimentales	126
Apéndice 4. Ensayos de Variedades	127
Diseños y Recolección de Datos del Cultivo	127
· Prueba de Rendimiento del Sorgo	129
· Prueba de Rendimiento de Arroz Transplantado	129
· Prueba de Rendimiento de Arroz Secano o Arroz Anegado	130
· Prueba de Rendimiento de Maíz	130
· Prueba de Rendimiento de Fríjol Mungo	131
· Prueba de Rendimiento del Caupí	132
· Prueba de Rendimiento de la Soya	132
· Prueba de Rendimiento del Maní	133
Tecnología de Componentes para Pruebas de Variedad	133
· Sorgo	133
· Arroz Transplantado	133
· Arroz Secano o Arroz Anegado	134
· Maíz	134
· Fríjol Mungo	134
· Caupí	134
· Soya	134
· Maní	135

Apéndice 5. Supervisión del Arreglo de Cultivos	135
Registro Diario del Clima (Formulario A)	135
Registro de la Parcela (Formulario B)	135
Registro de Cultivo (Formulario C)	141
Formulario de Operaciones en la Parcela (Formulario D)	143
Agua (Hojas Suplementarias)	145
Lista de Operaciones para el Formulario D o Registros de CPM	147
Apéndice 6. Análisis de Costos y Beneficios de los Arreglos de Cultivos	148
Computaciones	148
<b>Glosario</b>	155

## **Nota del Editor**

Este libro fue publicado originalmente en 1981 por el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz (IRRI), Los Baños, Filipinas, bajo el título de *A Methodology for On-Farm Cropping Systems Research*. Dado el apoyo permanente del CIID a la investigación en sistemas de cultivo en América Latina, el Centro ha decidido publicar esta versión en español. Las personas interesadas en obtener copias en inglés pueden escribir al IRRI, P.O. Box 933, Manila, Filipinas.



## *Prefacio*

El Grupo Asiático de Trabajo en Sistemas de Cultivo reúne en su seno a científicos de instituciones nacionales de investigación agrícola. Desde 1975, el grupo se ha reunido nueve veces bajo los auspicios del Instituto Internacional de Investigación en Arroz (IRRI) con el objeto de formular un marco de trabajo para la investigación en sistemas de cultivo y desarrollar los métodos necesarios de investigación específica.

El grupo representa los siguientes países e instituciones:

Bangladesh	Instituto de Investigación en Arroz de Bangladesh
Birmania	Instituto de Investigación Agrícola
Corea del Sur	Oficina de Desarrollo Rural
Filipinas	Universidad de Filipinas
India	Consejo Indio para la Investigación Agrícola
Indonesia	Instituto Central de Investigación Agrícola
Malasia	Instituto Malasio de Investigación y Desarrollo Agrícola
Nepal	Departamento de Agricultura de Su Majestad
Sri Lanka	Departamento de Agricultura
Tailandia	Departamento de Agricultura de Su Majestad
	Instituto Internacional de Investigación en Arroz.

La metodología de investigación es resultado del esfuerzo de muchas personas. El trabajo de investigación sobre intensificación de cultivos orientado a las estaciones experimentales, comenzado en 1968 por Richard R. Bradfield, dió origen a la investigación en finca a comienzos de los setentas por Richard R. Harwood y Gordon Banta. El gran respaldo del Instituto Internacional de Investigación en Arroz y del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo de Canadá llevó a emprender investigaciones sobre sistemas de cultivo en finca en varios sitios de Surasia en 1974 y a la formación del Grupo de Trabajo en Sistemas de Cultivo en 1975. Desde entonces, bajo la guía de Virgilio Carangal, coordinador de la red ubicado en el IRRI, el número de sitios de investigación en sistemas de cultivo ha aumentado a más de 50 en 9 países del Sur y el Sudeste Asiáticos.

En cada una de sus reuniones el Grupo de Trabajo discute los métodos de investigación para los diferentes componentes del marco de trabajo para la investigación en sistemas de cultivo desarrollado en 1975. En respuesta a su solicitud, el IRRI formuló y ensayó varios enfoques a la experimentación agrícola en pequeñas fincas, encuestas de base, descripción de sitios, evaluación de los sistemas de cultivos de los agricultores, diseño de arreglos de cultivo intensivos, y uso de pruebas de pérdidas de rendimiento para control de plagas. Entre los numerosos contribuyentes que han hecho aportes significativos a este libro mediante la red o sus propias instituciones están:

- Suryatna Effendi, Instituto Central de Investigación Agrícola, Indonesia;
- Arturo Gómez, Universidad de Filipinas en Los Baños;
- Zahidul Hoque, Instituto de Investigación en Arroz de Bangladesh, Bangladesh;
- Richard R. Harwood, actualmente en el Centro de Investigaciones sobre Sistemas de Cultivo y Agricultura Orgánica, Rodale Press, Inc., Pennsylvania, EE.UU.;
- Jerry McIntosh, Instituto Central de Investigación Agrícola IRRI, Indonesia;
- David N. Norman, Kansas State University, EE.UU., y
- Mervyn Sikurajapathy, Departamento de Agricultura, Sri Lanka.

La documentación final, el refinamiento y la compilación de los métodos de investigación fueron hechos por el personal del programa de Sistemas de Cultivo del IRRI:

- H.G. Zandstra (director de programa) compiló el manual y dirigió el desarrollo del marco general de investigación, los métodos para el diseño y prueba de los arreglos de cultivo y la tecnología de componentes;
- E.C. Price (economista) preparó la mayoría de los componentes económicos de los capítulos de descripción ambiental, diseño y prueba. También contribuyó en gran medida a la estructura general de la metodología y las definiciones usadas en este libro;
- J.A. Litsinger (entomólogo) desarrolló los métodos de investigación en finca para el control de plagas y contribuyó a la sección de tecnología de componentes en los capítulos de diseño y prueba y en el apéndice;
- R.A. Morris (agronomo) contribuyó a la estructura y contenido de cada capítulo. Ayudó a desarrollar los métodos relacionados con la descripción del complejo ambiental y el diseño y manejo de las pruebas de arreglo de cultivos. Contribuyó al apéndice sobre determinación de tasas de fertilizantes para cultivos en sistemas de cultivo;
- V.R. Carangal (coordinador de la red) tuvo a su cargo las secciones y el apéndice sobre prueba de variedades;
- Keith Moody (especialista en malezas) desarrolló el componente de investigación sobre malezas y el respectivo apéndice;
- S.K. Jayasuriya (economista de la red) contribuyó a la evaluación económica de los arreglos de cultivo y preparó el apéndice sobre costos y rendimiento.

Los primeros borradores recibieron comentarios muy valiosos de Gordon Banta, Richard Bernsten, Marlin van der Veen, David Norman, Arturo Gómez y John Pendleton.

La edición del manuscrito estuvo a cargo de Walter G. Rockwood, con la asistencia de Corazón V. Mendoza.

## *Capítulo 1*

# **Desarrollo de una Metodología de Sistemas de Cultivo**

La producción anual de una determinada área de tierra puede aumentarse mejorando el rendimiento de un cultivo, o sembrando un cultivo extra durante el año. La investigación en sistemas de cultivo busca la tecnología que aumente la producción por ambos métodos.

Largos períodos de crecimiento, pequeñas fincas, y altas proporciones de mano de obra-tierra permiten los complejos sistemas de producción múltiple en la mayoría de las regiones tropicales. La disponibilidad de nuevas variedades de cultivo, técnicas de siembra, y los métodos para el manejo de la fertilidad y las plagas hacen posible formular nuevas secuencias o combinaciones de cultivo que se tratan de manera distinta a las existentes hoy en día. Las nuevas secuencias tienen el potencial de aumentar ampliamente la producción alimenticia y los beneficios que los agricultores derivan de su tierra.

La investigación para desarrollar estos métodos mejorados de producción debe reconocer las relaciones existentes entre las diferentes operaciones de las fincas o partes de éstas. El simple reemplazo de un componente de manejo de un cultivo por otro rara vez es aceptable a los agricultores porque produce perturbaciones mayores en el manejo de ese cultivo, de un cultivo en rotación, o incluso de un cultivo sembrado en otro terreno.

La limitada adopción por los agricultores de las nuevas técnicas de producción (Brady 1977) refleja una debilidad en la capacidad de los investigadores para formular métodos de producción que compitan favorablemente con los que ya usan los agricultores. Por tanto, para encontrar sistemas alternativos de cultivo y comparar en detalle su desempeño con los existentes se requiere un cuidadoso estudio de los factores que determinan la producción de cultivos a nivel de la finca.

En la última década se ha desarrollado una metodología para analizar el medio ambiente de la producción de cultivos, seleccionar los lugares con potencial para introducir un cultivo extra o aumentar rendimientos, y establecer técnicas para expandir la producción o la intensidad de un cultivo. Más aun, al trabajar en los campos de los agricultores y analizar las limitaciones tanto sociales y económicas como biofísicas que pueden inhibir la producción de un cultivo extra, se evalúan rápidamente los métodos de obtener el potencial extra. Como componente de las actividades nacionales de investigación agrícola, la investigación sobre sistemas de cultivo en finca está diseñada para ofrecer realimentación informativa importante a los programas de investigación sobre productos o disciplinas en cuanto a condiciones de la finca, desempeño de nuevos mate-

riales y prácticas de manejo en la finca, y prioridades de la investigación agrícola que reflejen las necesidades de los agricultores.

Esta metodología de investigación de sistemas de cultivo en la finca está destinada para los profesionales que trabajan en investigación real y para aquellos comprometidos en administración, estructuración y financiamiento de la investigación en producción agrícola y en la capacitación de personal de investigación y de extensión. Este libro, que ofrece información de base cuando se requiere y define conceptos y objetivos de la investigación, puede también ayudar al lector a justificar una escogencia de métodos. Hay ejemplos cuando es posible darlos, pero no se intenta ofrecer un conjunto fijo de diseños de tratamiento, cuestionarios o incluso técnicas de encuesta porque la experiencia en la red de sistemas de cultivo indica que la escogencia más adecuada debe ser hecha sitio por sitio.

Este manual comienza con una introducción de conceptos generales — la definición de sistemas de cultivo e investigación en sistemas de cultivo y las razones para la escogencia de la investigación en finca como una manera de encontrar sistemas mejorados de cultivo que sean aceptables a los agricultores. El resto del manual describe los métodos para la selección y descripción de parcelas y para el diseño de arreglos de cultivo y su prueba en finca. Los detalles de varias técnicas de investigación o analíticas aparecen en los apéndices.

El capítulo final presenta la forma en que los resultados de la investigación pueden extenderse en una área mayor y a más agricultores mediante programas de producción. Aunque el último capítulo es menos rico en detalles que los que describen el proceso de investigación en finca, su inclusión intenta subrayar la necesidad de que los investigadores consideren las consecuencias de sus resultados para los programas de producción y destacan el hecho de que la investigación en finca no tiene sentido a menos que los agricultores adopten las prácticas recomendadas.

Los métodos de investigación fueron desarrollados para el estudio de sistemas de cultivo basados en arroz, lo cual incluye sistemas de secano donde el arroz se siembra en combinación con cultivos como maíz, yuca y leguminosas de grano, y sistemas húmedos son comunes donde las secuencias de cultivos como maíz-arroz-leguminosas de grano, maíz-trigo, o frijol de mungo-arroz-sorgo son comunes. Sin embargo, estos métodos se emplean en áreas no arroceras y pueden ser adaptados fácilmente para incluir cultivos perennes. Finalmente, anotamos que estos métodos aún están evolucionando y sin duda serán modificados y mejorados todavía más a medida que se obtiene más experiencia.

## Capítulo 2

# Sistemas de Cultivo e Investigación en Sistemas de Cultivo

La mayoría de las fincas, particularmente las pequeñas de los países en desarrollo, combinan varias actividades de producción. Por lo general la unidad finca-hogar es una combinación de actividades de producción y de consumo (Fig. 1).

Las actividades de producción de cultivos de la finca conforman su sistema de cultivo. Un sistema puede estar compuesto de varios arreglos de cultivo e involucrar la producción de varios cultivos. Dentro de un sistema de cultivo se consideran todos los componentes requeridos para la producción de un cultivo determinado y sus relaciones con el medio ambiente. Estos componentes incluyen todos los insumos físicos y biológicos necesarios, incluyendo tecnología, capital, mano de obra y administración.

Un arreglo o patrón de cultivo incluye todos los componentes requeridos para la producción de un grupo de cultivos en una parcela durante un año. Por tanto, se puede identificar un solo arreglo de cultivos para todas las parcelas, el área de tierra contigua a la cual los recursos se aplican de manera uniforme. Un sistema de cultivos incluye por tanto todos los componentes necesarios para la producción de un grupo de cultivos en una finca.

La base productiva de un sistema de cultivos es el crecimiento de las plantas, que está influido por el manejo y el medio. El crecimiento de la planta y el rendimiento del cultivo ( $Y$ ) pueden entonces considerarse el resultado del medio ( $E$ ) y el manejo ( $M$ ) (Zandstra 1979), de manera que

$$Y = f(M, E) \quad (1)$$

Manejo ( $M$ ) en la investigación de sistemas de cultivo incluye la disposición de los cultivos en tiempo y espacio y sus técnicas culturales asociadas (el arreglo de cultivo). Las técnicas culturales del arreglo comprenden escogencia de la variedad, veces y métodos de establecimiento, fertilización, manejo del nivel de agua del campo, protección y cosecha. Colectivamente esto se denomina tecnología de los componentes.

Medio ( $E$ ) se compone de variables relacionadas con el clima y la tierra, como la precipitación o el riego, el perfil de textura del suelo, el nivel del agua subterránea y las toxicidades; la posición topográfica del campo y el uso o no uso de diques; la duración del día, la radiación solar y la temperatura; y el costo y la disponibilidad de recursos como energía, mano de obra, efectivo y mercados, así como las costumbres vinculadas con su uso (Beek y Bennema 1972, Harwood 1974). El desempeño económico de los sistemas de cultivo depende del medio económico — costos de insumos y precios por cultivos.

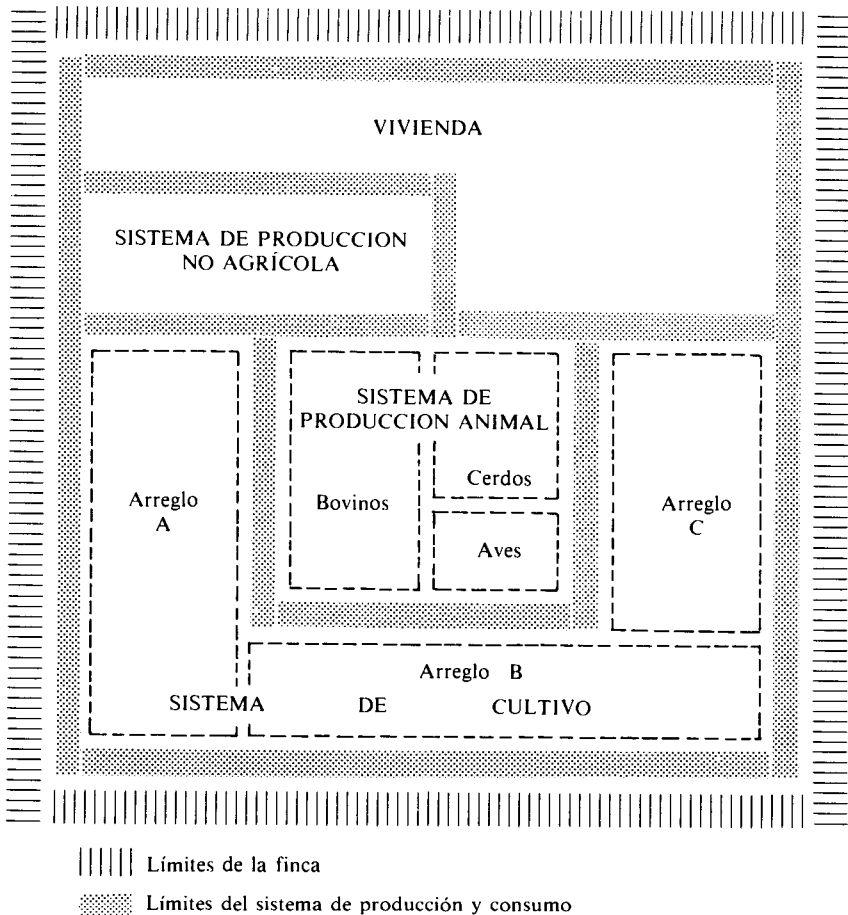


Fig. 1 Presentación esquemática de un sistema de pequeña finca familiar con 4 sistemas de producción y consumo

Las variables ambientales consideradas por un investigador en sistemas de cultivos son resultado de una decisión sobre el grado en que la administración o manejo va a controlar el medio ambiente. Por ejemplo, precipitación y radiación solar no pueden ser controladas normalmente por éste, pero puede ser posible encontrar los recursos necesarios para superar las toxicidades del suelo y la escasez de riego.

### Investigación sobre Sistemas de Cultivo

Para evaluar la relación  $Y = f(M,E)$ , el investigador en sistemas de cultivos se centra en la interacción entre  $E$  y  $M$ , tratando de determinar cómo variar los arreglos de cultivo con el fin de obtener los mejores beneficios para cada medio de producción. El objetivo es predecir el mejor manejo a partir de la información sobre el medio.

Debido a que  $Y = f(M,E)$  cubre una amplia variedad de medios de producción, el investigador debe finalmente formular sus ideas sobre el efecto de

las diversas técnicas de manejo sobre el desempeño de los sistemas de cultivo en un medio dado. Por tanto

$$Y = f(M/E_i) \quad (2)$$

describe la relación entre  $M$  e  $Y$  para  $E_i$ , un medio específico. Operacionalmente, la transferencia de la ecuación 1 a la ecuación 2 cambia a  $E$  de un vector de variables a uno que impone limitantes dadas, algunas de las cuales pueden ser entendidas solo vagamente. Las interacciones dadas en términos de  $E$  y  $M$  en la ecuación 1 están solo en términos de  $M$  en la ecuación 2.

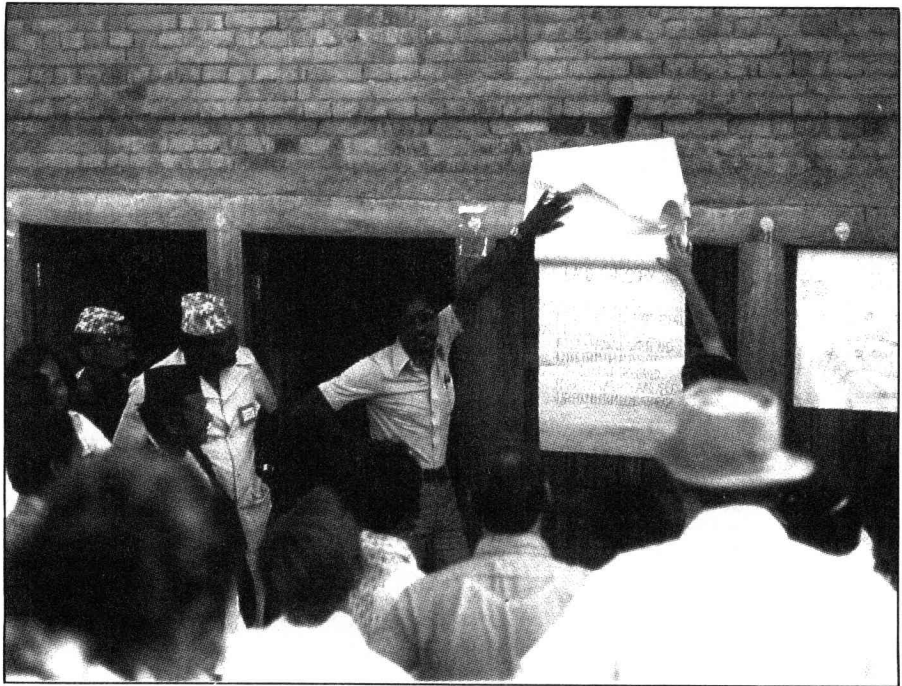
Al evaluar la ecuación 2 por criterios de desempeño seleccionados, ( $Y$ , por ejemplo, puede representar rendimientos anuales por hectárea de tierra y por la mano de obra familiar, o rendimiento anual de proteína por milímetro de lluvia), el investigador puede identificar los factores de manejo que resultan en alto desempeño y recomendar su uso a los agricultores.

Para que sean aceptables en un sistema de cultivo, los nuevos componentes tecnológicos deben ser cuidadosamente identificados y combinados para que encajen en el medio de producción prevaleciente. Esto exige un enfoque totalizante de la investigación agrícola orientado hacia una combinación de los diversos sistemas de cultivo encontrados en un medio específico o adecuado para esto (Harwood y Price 1976). Si bien el objetivo de la investigación agronómica convencional es aumentar la eficiencia con que un recurso es usado por un cultivo dado, el objetivo de la investigación en sistemas de cultivo es aumentar la eficiencia de un arreglo de cultivos o un sistema de cultivo.

La investigación en sistemas agrícolas abarca cada actividad de la finca y las interrelaciones entre ellas y entre ésta y su medio ambiente. La investigación emplea información sobre los varios sistemas de producción y consumo de la finca — el sistema de producción animal, el sistema de cultivo, las actividades de producción secundaria como tejidos, alimentos procesados, etc. que agregan valor a los productos primarios — y acerca del medio ambiente de la finca — biofísico, institucional, social, económico — para identificar formas de aumentar la eficiencia con que la finca usa sus recursos.

Por otra parte, la investigación en sistemas de cultivo es un subconjunto de la investigación en sistemas agrícolas dedicado a la producción de cultivos de la finca. Aquí se considera que las distintas actividades de producción de cultivos son modificables si se tiene en cuenta la relación entre la producción de cultivos, las otras actividades de producción-consumo y el ambiente físico, biológico y socioeconómico. El objetivo de esta investigación es aumentar los beneficios derivados de la producción de cultivos con los recursos físicos, biológicos y socioeconómicos disponibles.

Además de desarrollar una tecnología mejorada de producción de cultivos que sea aceptable a los agricultores, la investigación en sistemas de cultivo puede ayudar a identificar problemas específicos para otros investigadores. Al estudiar los sistemas existentes de cultivo y documentar el comportamiento de las tecnologías alternativas en una finca dada, los investigadores en sistemas de cultivo pueden determinar los cuellos de botella que requieren investigación e identificar las aplicaciones potenciales para técnicas de manejo específicas desarrolladas por los investigadores (Zandstra y Price 1977). Parte de esto puede estudiarse en las estaciones de investigación como apoyo a la investigación en



*Existe una activa investigación sobre sistemas de cultivo en más de 50 sitios en Asia. Todos los investigadores siguen la metodología del Grupo Asiático de Trabajo en Sistemas de Cultivo*

sistemas de cultivo. Sin embargo este manual se limita a la descripción de la investigación en finca destinada a identificar sistemas mejorados de cultivo.

### **Investigación sobre Sistemas de Cultivo en Finca**

Para la investigación en sistemas de cultivo basados en arroz, fue necesario desarrollar no solo un marco general de trabajo, sino unos métodos específicos de investigación en finca. El marco de trabajo de la investigación involucraba varios requerimientos:

- El tipo de investigación tenía que estar relacionado con un medio de producción específico. En esta forma podía lograrse que la tecnología se ajustara a las limitaciones y oportunidades físicas y socioeconómicas. La comprensión del medio ayuda a la extrapolación de los resultados investigativos (vea Panabokke 1976).
- Los agricultores tenían que participar en el diseño y la prueba de las nuevas tecnologías de cultivo múltiple. Esto aseguraba una realimentación informativa por parte de los agricultores sobre limitaciones relacionadas con insumos, manejo, equipo y mercado para la adopción de las alternativas de producción promisorias.
- El investigador tenía que cubrir varios productos, la interacción cultivo a cultivo, y tener enfoque multidisciplinario. Para estudiar varios cultivos dentro de un sistema agrícola se requería un equipo de investigación que combinara capacidad en suelos y cultivos, protección de cultivos y economía agrícola.



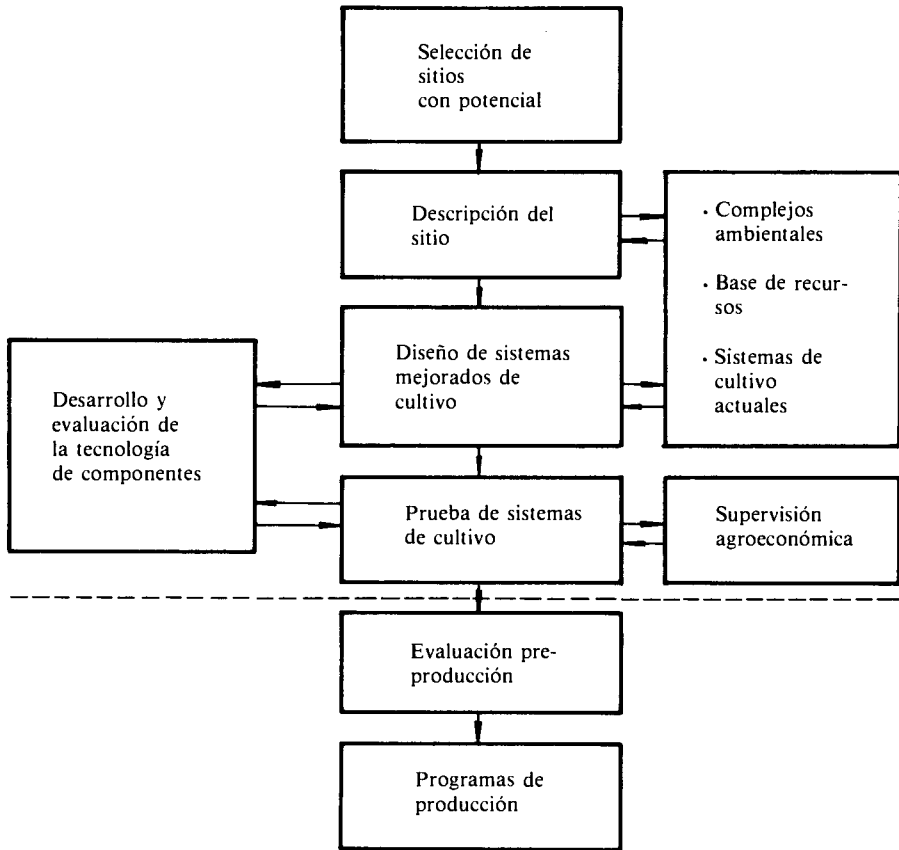


Fig. 2. Componentes de la metodología de investigación en sistemas de cultivo en finca.

- La metodología debía indicar claramente las distintas tareas y las responsabilidades de cada miembro del equipo en éstas.
- La investigación tenía que subrayar la formulación de arreglos que aumentaran la intensidad del cultivo y resultaran aceptables a los agricultores.

La metodología de investigación aquí descrita aspira a un proceso de investigación manejable que sea particularmente adecuado para las pequeñas fincas y que considere la investigación agrícola como dependiente del sitio (Harwood 1975, Zandstra 1977, Zandstra y Carangal 1977). Por tanto, las actividades de investigación se centran en la descripción y clasificación del medio ambiente, en el diseño de sistemas mejorados de cultivo y su prueba en las fincas individuales, y en métodos para la formulación de programas de producción (Fig. 2).

La investigación es realizada por un equipo pequeño de investigadores con licenciatura o maestría apoyados por asistentes de las aldeas. La composición del equipo puede variar para acomodar las exigencias de la investigación en un sitio, pero generalmente incluye uno o dos agrónomos, un especialista en protección vegetal y un economista. Un miembro del grupo es nombrado coordinador y debe proveer el apoyo logístico para el equipo. El equipo, que normalmente está supervisado por investigadores experimentados de un cuerpo investigativo de alto nivel, dirige todas las etapas de la investigación en finca.



### Capítulo 3

## Emplazamientos de la Investigación en Sistemas de Cultivo

El sitio donde se realiza la investigación en sistemas de cultivo es el área en que el equipo de investigación diseña y prueba los sistemas de cultivo. Su selección representa a menudo los complejos ambientales o medios de producción de las áreas extensas para las cuales se hace el programa. Un emplazamiento puede, por tanto, cubrir un área contigua o incluir varias áreas pequeñas seleccionadas. Este capítulo se dedica a las etapas de selección y descripción del emplazamiento en la metodología de investigación en finca. En él se ofrecen métodos para describir las características ambientales del emplazamiento y los arreglos existentes de cultivo; también muestra cómo el área puede ser dividida en componentes bastante homogéneos que requieren distintas actividades de investigación.

### Selección del Emplazamiento

Los emplazamientos para la investigación deben ser seleccionados de tal forma que aseguren la aplicación de los resultados obtenidos en ellos a otras áreas dentro del mismo medio. Otro criterio importante para la selección del emplazamiento es el potencial estimado para la intensificación del cultivo. Sin duda, el grado en que pueda calcularse el potencial de intensificación del cultivo depende de qué tanto se comprenda la relación  $Y = f(M, E)$  y qué tan bien se defina el medio ambiente.

Otros criterios para la selección del emplazamiento son de tipo político o administrativo. Entre ellos se cuentan las prioridades de desarrollo nacional, la infraestructura existente, y el acceso al emplazamiento. El equipo de investigación debe poder establecer una oficina en el emplazamiento y vivir sin dificultades innecesarias. A menudo, las oficinas de estos proyectos se arriendan en un pueblo aledaño o forman parte de alguna estación de investigación existente en el área. La oficina del equipo, en todo caso, debe estar en el área cubierta por la investigación.

### Descripción del Emplazamiento para la Investigación en Sistemas de Cultivo

La primera actividad del equipo de investigación es describir los sistemas de cultivo existentes en el área seleccionada. La descripción inicial debe hacerse rápidamente e incluir sólo la información necesaria para el diseño de arreglos alternativos y la definición de prioridades investigativas en el emplazamiento. Por lo general, la recolección de datos, así como el resumen, agrupamiento y

tabulación cruzada inicial de los resultados toma de dos a tres meses. En esta forma, las observaciones e impresiones más recientes estarán a disposición para la reunión de diseño, que se realiza un mes antes de comenzar la estación de cultivo. Por tanto, el trabajo de campo para los estudios de base debe planificarse con tres o cuatro meses de anterioridad a las fechas de siembra más próximas. La descripción del medio continúa a través de todo el proceso de investigación en el emplazamiento, concentrándose, después del estudio inicial, en aspectos específicos sobre los cuales se necesite mayor información.

En el estudio inicial, el investigador identifica los distintos métodos de producción de cultivos de la región y los asocia con las variaciones en el medio. Un ejemplo de clasificación basada en los complejos ambientales (en que el complejo de producción era predominantemente arroz-barbecho) es el del emplazamiento en el IRRI-BPI (Bureau of Plant Industry, Filipinas) en Iloilo. Allí se usó la textura del suelo y la posición del paisaje para clasificar el medio (Morris et al. 1979). Otros emplazamientos de investigación han empleado el lapso en que la tierra fue asentada, la duración del riego, la lejanía, y otros (Ismail et al. 1978, Saefuddin et al. 1977).

Un enfoque útil para relacionar los factores ambientales con los potenciales de los sistemas de cultivo fue el propuesto por Zandstra (1977). Los factores ambientales incluyen recursos físicos (relacionados con clima y tierra), recursos económicos (disponibilidad de tierra, mano de obra, efectivo, equipo de energía y materiales), y condiciones socioeconómicas (precios de producto, costo de insumos, costos de mercadeo y costumbres que reflejan las preferencias por ciertos alimentos o prácticas de manejo).

- El investigador en sistemas de cultivo especifica tanto los factores sobre los cuales se va a actuar, como aquellos que se van a considerar constantes. El primer grupo se relacionará con el manejo (sujeto a optimización), y el segundo con el medio ambiente de la ecuación 1 en el Capítulo 1.
- En la clasificación del medio, deberán excluirse los factores físicos fácilmente modificables como la fertilidad del nitrógeno y el fósforo, las deficiencias fácilmente corregibles de microelementos y la incidencia normal de plagas y enfermedades.  $Y = f(M, E)$  se reduce pues a una ecuación en que las prácticas corrientes de manejo de cultivos en  $M$  se asumen como correctas por las variaciones en los factores fácilmente modificables en  $E$ . Los restantes factores de  $E$  son los determinantes del arreglo de cultivos y deben ser empleados en la clasificación ambiental.
- Un conjunto de sitios con determinantes similares de arreglos de cultivo se define como complejo ambiental o tipo de tierra adecuado a sistemas de cultivo.

Los sitios en que los arreglos de cultivo tienen básicamente el mismo desempeño relativo se definen como un complejo de producción (Zandstra 1977). Un complejo de producción es medido por el desempeño de los arreglos de cultivo y, como tal, es una unidad ecológica. Esta puede contener más de un complejo ambiental porque los determinantes del arreglo de cultivo pueden interactuar en diversas formas para producir un desempeño particular del arreglo. Si los arreglos encontrados en varios lugares de lo que los investigadores definen como un complejo ambiental se comportan de forma substancialmente diferente es porque uno o más determinantes importantes deben haber sido descuidados en la descripción y especificación de ese complejo. Esto exige la capacidad de probar la adecuación del método de descripción ambiental utilizado.

La descripción del sitio debe incluir también un extenso análisis de la disponibilidad de agua. La distribución de la precipitación — inicialmente en promedios mensuales y semanales hasta por 20 años y luego un estudio del tiempo y de las probabilidades de iniciación y terminación de la precipitación (Morris y Zandstra 1979) — resultará de utilidad. Donde se dispone de riego, el equipo de trabajo debe informarse sobre calendarios, fuente, frecuencia y dependencia del riego. Si la precipitación comienza antes de que empiece el riego, lo que es común, o termina después de que cesa el riego, lo que es raro, se requiere un análisis cuidadoso de estos períodos en relación con el potencial del cultivo. Las fluctuaciones estacionales de temperatura en ciertas áreas afectan seriamente los arreglos, por tanto los análisis de las estaciones de crecimiento deben tener en cuenta este factor (Wong 1975).

A medida que la investigación avanza, el equipo debe tratar de establecer una estación efectiva de crecimiento para cada complejo ambiental, empleando para ello un nivel de probabilidad bastante alto ( $P=0,8$ ). Esto ayudará al diseño de arreglos de cultivo con alta probabilidad de éxito. Para los complejos de producción en tierra húmeda es importante que el equipo sepa el período en que la tierra se satura o tiene agua permanente, en oposición a los períodos en que el suelo está suficientemente húmedo como para sostener cultivos de tierra seca sin estar saturado.

La disponibilidad y el uso actual de recursos como tierra, mano de obra, efectivo, tracción y servicios infraestructurales de apoyo son determinantes claves del desempeño del sistema de cultivo. La mayor parte no diferirá mucho de un emplazamiento a otro, aunque ciertos factores pueden hacer necesaria una estratificación del emplazamiento en complejos ambientales. El diseño de los arreglos exige una comprensión clara del apoyo infraestructural (crédito, insumos, mercados) con que cuenta el emplazamiento.

La descripción del emplazamiento proporciona al equipo una idea de los niveles de insumo usados comúnmente por los agricultores y los rendimientos que con ello obtienen. En la etapa de diseño, esto permite emplear un cálculo aproximado de los rendimientos que deben lograrse en el emplazamiento en relación a los insumos comprados. Esto ayudará también a seleccionar los niveles de tratamiento para estudios sobre fertilización, insectos y control de malezas.

Para la descripción del emplazamiento hay que prestar atención especial a la historia de la tecnología de los agricultores, y en particular al grado en que han ensayado alternativas tecnológicas. La razón por la que han incorporado o rechazado alternativas debe ser tenida en cuenta al diseñar los arreglos y al estudiar la tecnología de componentes.

La variación de las condiciones económicas y físicas en las distintas regiones hace que también varíen los tipos de información requerida para el desarrollo e introducción de nuevos arreglos de cultivo. Hay sitios, por ejemplo, donde se requieren rigurosos y detallados estudios de los derechos al uso del agua antes de poder diseñar una nueva tecnología. En otros lugares, puede ser crucial comprender la propensión de la tierra a las inundaciones severas. Aunque la información mínima necesaria para desarrollar con eficiencia una nueva tecnología para un sitio no necesariamente puede especificarse del todo por adelantado, los siguientes puntos iniciales merecen mención en relación con la planificación de la investigación:



*La investigación en sistemas de cultivo en finca requiere la comprobación de los problemas con los agricultores participantes en la etapa de descripción del emplazamiento y ensayos. Las encuestas y entrevistas a los agricultores son parte esencial de las actividades diarias.*

- identificación de complejos ambientales en el sitio,
- identificación de cultivos, arreglos de cultivos y sistemas de cultivo existentes,
- descripción de determinantes de los sistemas de cultivo, y
- descripción de los tipos de finca del sitio y de sus recursos disponibles.

En las siguientes secciones se presenta un formato de la información necesaria para el diseño de un nuevo arreglo de cultivos. El calendario *no* es un cuestionario para ser completado mediante una sola técnica de recolección de datos, sino que pueden emplearse varias técnicas, incluso aquellas que se basan en fuentes secundarias.

### **Identificación de Complejos Ambientales**

Los complejos ambientales deben diferir tanto que ameriten el desarrollo de tecnologías individuales. Aunque las recomendaciones no pueden ajustarse a cada parcela particular, sí deben generalizarse en un grado considerable, así ocurra una pérdida inevitable de ajuste en la recomendación. La mejor división de una región en complejos ambientales hará que el ajuste de la recomendación sea excelente para el área con un mínimo de complejos ambientales. Como regla general, los investigadores deben poder incluir del 70 al 80% del área en tres o cuatro complejos.

Las recomendaciones, y por tanto los complejos ambientales, pueden ser estratificados de acuerdo con las diferencias en tipos de finca — grande o

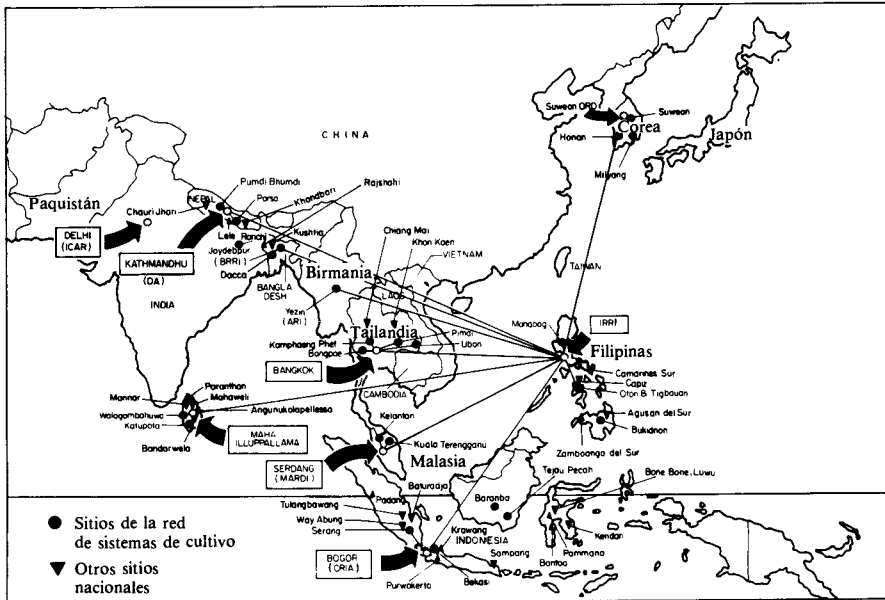


Fig. 1. Emplazamientos de la Red Asiática de Sistemas de Cultivo.

pequeña, con o sin bueyes — suministro de agua, características edáficas, historia de cultivo, infraestructura, u otros. También es útil considerar posibles estrategias de extensión en relación con las divisiones contempladas por complejo ambiental, ya que los servicios de extensión pueden influir sobre el impacto de los resultados de la investigación. Además, si el equipo de campo decide separar varios complejos ambientales, su capacidad para realizar una investigación adecuada en cada uno puede verse sobrecargada.

En los sitios (Fig. 1) de la Red Asiática de Sistemas de Cultivo (ACSN) se han identificado complejos ambientales con base en los determinantes más importantes — aquellos que más influyen en el desempeño de los arreglos de cultivo del área. La observación y el estudio cuidadoso de los sistemas de cultivo existentes en el área dan por lo general indicaciones importantes de cuáles pueden ser estos factores. Hasta ahora, en el IRRRI y la ACSN, las variables físicas (textura, tipo de arcilla) e hidrológicas (filtración y potencial de enriquecimiento de agua del campo) del suelo han sido muy útiles en la identificación de unidades de tierra en los complejos de producción húmedos (Morris et al. 1979). En los complejos de producción en seco, la pendiente y los factores químicos del suelo (pH, materia orgánica o fertilidad en la historia del cultivo) son más importantes (McIntosh y Effendi 1979).

Se han documentado enfoques excelentes a las clasificaciones de tierra (FAO 1971, Beek 1978, Moormann y van Breemen 1978) y los investigadores deben establecer qué tipo de evaluación de tierra o de suelo existe para un área. Estos estudios, más las fotografías aéreas de los sitios, ofrecen información sobre los suelos más importantes (descripciones del perfil y análisis de laboratorio), su ubicación en el terreno, y su uso más común. Los siguientes pasos en la clasifi-

cación de complejos ambientales para la investigación en sistemas de cultivo son solo generales y deben ser modificados para hacer frente a las condiciones específicas del sitio y la información disponible:

- a) Separar los complejos ambientales de acuerdo con sus condiciones de *secano* o *humedad*.
- b) Diferenciar entre tierra con o sin irrigación. La lluvia normalmente no varía tanto de un lugar a otro dentro de un sitio como para hacer necesaria la estratificación del área con base en ella. El riego, sin embargo, puede variar fuertemente. Donde el riego puede inducir una diferencia tan corta como 30 días en las duraciones de la estación de crecimiento, puede ser necesario recomendar diferentes estrategias de producción y, por tanto, identificar otro complejo ambiental. La información sobre fuente y duración del riego también puede ser de valor.
- c) El siguiente rasgo del terreno para identificar complejos ambientales es el paisaje o la geomorfología. Aunque no influye intrínsecamente en la producción de cultivos, se asocia con muchos determinantes como profundidad del suelo, profundidad de la capa freática, potencial de enriquecimiento hídrico, inclinación, textura del suelo y fertilidad.
- d) En las áreas húmedas, el nivel más bajo y más alto de la capa freática puede ser de gran importancia para el tipo de arreglo apropiado para este complejo ambiental. Un área con un nivel freático bajo (<1m) durante la estación seca puede tener un potencial de producción muy distinto de una con un nivel freático profundo (>2m). En áreas sometidas a inundación, el nivel freático estará por encima del nivel de la tierra una parte del año, y la duración de la inundación será un determinante importante. Véase Hobbs et al. (1979) para una discusión sobre los arreglos de cultivo para áreas de nivel freático profundo en Bangladesh.
- e) Debido a su efecto sobre las relaciones suelo-agua, la textura del suelo es el siguiente determinante de los sistemas de cultivo. Diferencias sustanciales en el contenido de arcilla pueden justificar el reconocimiento de un tipo diferente de complejo ambiental y el desarrollo de una diferente tecnología.
- f) La fertilidad del suelo y las condiciones químicas pueden corregirse a menudo mediante manejo. Donde las diferencias en estos factores son muy grandes, o difíciles de corregir, se puede usar una estratificación adicional asociada con ellos. Esto puede ser de interés especial para las áreas sujetas a salinidad edáfica, acidez extrema o toxicidades.
- g) Identificar diferencias socioeconómicas mayores que se presenten dentro del emplazamiento. Las diferencias sustanciales en tipos de finca o las condiciones de mercado pueden a menudo expresarse en diferentes recomendaciones de tipo analítico y no requerir una estratificación de las actividades experimentales. Sin embargo, deben aparecer como diferentes complejos ambientales para fines de extensión. Por ejemplo, una distancia grande a los mercados influye sobre la pertinencia de la batata como componente de un arreglo de cultivos. El precio de la batata puede variar en las distintas localidades como resultado de los costos de transporte. A partir de este análisis se pueden tomar decisiones sobre la distancia hasta el mercado del emplazamiento al cual debe aplicarse la recomendación de incluir batata.



Cuadro 1. Complejo ambiental, características principales y utilización actual y potencial de la tierra.

Complejo ambiental	% Área	Tipo principal de tierra	Estación lluviosa cuadro de agua profundidad (m)	Hidrología <sup>a</sup>	Índice de peligro de inundaciones	Uso principal actual	Uso potencial
Cumbre	15	Arcilla Balo	>5	Plúvica	Ausente	Cosecha Arbórea	Igual
Declive	10	Arcilla Balo	>2	Flúxica	Ausente	Maíz-arroz	Maíz-arroz-mungo
Altiplanicie (tierra húmeda)	25	Arcilla aluvial Albo	2-3	Flúxica	Ausente	Arroz-barbecho	Arroz (soya, mungo)
Altiplanicie (tierra árida)	5	Arcilla Balo	2-3	Cumúlica	Ausente	Pasto	Pasto
Llanura	27	Arcilla aluvial Albo	1-2	Cumúlica	20%	Arroz-barbecho	Arroz-arroz Mungo-arroz-sorgo
Superficie inferior	7	Arcilla aluvial Albo	<0.5	Flúxica-cumúlica	40%	Arroz-arroz	Arroz-arroz-arroz Arroz-Arroz
Terraza del río	5	Arcilla arenosa Olab	>3	Cumúlica-delúgica	10%	Maíz-arroz, leguminosas	Yuca + maíz + arroz + leguminosas Maíz-leguminosas
Jardín doméstico	5	Arcilla aluvial Albo	>3	Flúxica	10%	Fruta, yerbas, verduras Igual	
Parcelas de zanjas y camas	1	Arcilla Loba	<0.5	Cumúlica-delúgica	10%	Arroz + verduras	Ampliar área

<sup>a</sup> Los términos en esta columna se definen en el glosario (ver también IRRI 1978).

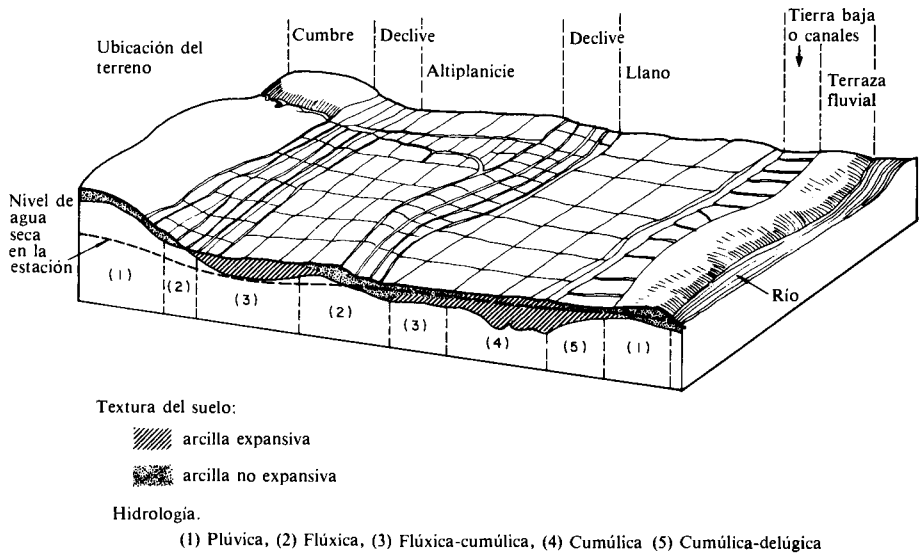


Fig. 2. Presentación esquemática de las condiciones geomórficas y pedológicas en el emplazamiento de la red en la provincia de Iloilo (Fuente: Raymundo 1977).

Un esbozo de la relación espacial tópica de los complejos ambientales encontrados en los emplazamientos es de valor (Fig. 2). El Cuadro 1 muestra los estimativos aproximados del área de tierra y los usos dominantes y potenciales de cada tipo.

También sirve de guía preliminar sobre los complejos ambientales en que la investigación tendrá los mejores resultados. Solamente deberán considerarse en el programa de investigación los complejos ambientales que ocupan una porción mayor del área-objetivo del emplazamiento y que presentan buenas perspectivas para arreglos mejorados de cultivos. Son ejemplos las planicies húmedas, las llanuras y, posiblemente, las pendientes (Cuadro 1).

### Cultivos, Arreglos de Cultivos y Sistemas de Cultivo

En general los sistemas de cultivo se describen sencillamente por los arreglos dominantes. Una descripción más completa puede incluir las características específicas de su desempeño, la calidad y cantidad de los recursos utilizados por los sistemas y las tecnologías empleadas para la transformación de estos recursos en los cultivos correspondientes a los arreglos.

Los descriptores numéricos de las características de desempeño de los sistemas de cultivo que se han empleado incluyen el índice de cultivo múltiple, el índice de la intensidad de cultivo, el índice de diversidad y la proporción equivalente de tierra (Menegay (1975), Strout 1975). Ver definiciones en el glosario. Criterios de desempeño más tradicional son el rendimiento por unidad de área, valor del producto por finca o unidad de área, rendimientos netos por

encima de los costos variables, ingreso neto en relación a los recursos de la finca, etc. Otras medidas ofrecen una idea de la eficiencia del uso de insumos — rendimiento por unidad de mano de obra, rendimiento por unidad de efectivo, proteína por milímetro de lluvia y otros varios coeficientes de insumo-producto. Hay aún otros criterios que relacionan la estabilidad de los rendimientos a lo largo del tiempo o a través de los sitios. En una u otra forma, todo se relaciona con el criterio final de desempeño — productividad de la finca y aceptación por parte de los agricultores.

Debido a que las interrelaciones entre las actividades agrícolas son complejas, los análisis de los cambios en la productividad total de la finca y de la aceptación de una tecnología determinada son difíciles. Al hacer la necesaria evaluación cotidiana del diseño y las pruebas de la tecnología experimental, se puede, sin embargo, hacer ciertas simplificaciones:

- Al evaluar cualquier tecnología, no hay necesidad de considerar aquellos recursos empleados que no tienen un uso alternativo.
- Al evaluar una tecnología específica, basta con considerar sólo los recursos usados y aquellas actividades alternativas que también los usen.

### Descripción de los Sistemas de Cultivo

El siguiente formato abarca la mayor parte de los descriptores y características de desempeño importantes para la descripción de los sistemas existentes.

- Registre los principales cultivos y variedades para cada complejo ambiental identificado en el sitio, y los períodos de tiempo en que se cultivan. Si existe más de un calendario de cultivo, especifique y numere cada uno (vea Cuadro 2). Si las mismas variedades y cultivos se siembran al mismo tiempo en diferentes complejos ambientales, haga una lista de los cultivos separadamente e identifíquelos por números.
- Registre los principales arreglos de cultivo para cada complejo ambiental e incluya la tierra baldía, los sembrados de árboles, las pasturas, etc. como arreglos si la tierra donde se siembran es cultivable. Describa cada arreglo con una letra mayúscula y anote el área porcentual aproximada

Cuadro 2. Cultivos producidos en cada complejo ambiental, su período de crecimiento y rendimiento.

Complejo ambiental	Cultivo	Variedades	Período	Cosecha estimada (t/ha)
Irrigada 1	Arroz 1	RD3, Bahagia, IR8	15/4-15/9	3,5, 2,7, 3,0
Irrigada 2	Arroz 3	Fastvar, IR30	1/4-15/7	3,2, 4,5
Irrigada 2	Arroz 4	Fastvar, IR34	1/8-15/11	3,2, 4,3
Tierra húmeda por causa de las lluvias	Arroz 2	Fastvar, IR30	15/4-15/9	2,7, 3,0
Tierra húmeda por causa de las lluvias	Yuca 2	Variedad local de madurez temprana	15/9-15/4	9
Tierra árida	Yuca 1	Variedad local	15/4-30/12	13
Tierra árida	Maíz 1/Yuca 3	Variedades locales	15/4-1/8-30/12	1,8, 10
Tierra árida	Maíz 2	DMR 2, variedad local	15/4-11/8	1,9, 1,0
Tierra árida	Maíz 3	DMR 2, variedad local	15/8-1/12	2,4, 1,4
Tierra árida	Maíz 4	DMR 2, variedad local	15/1-1/4	1,6, 0,9

de tierra cultivable sembrada con él (Cuadro 3). Emplee la misma definición de cultivo del Cuadro 2. El área de cada cultivo y la intensidad de cultivo en un sitio serán calculadas a partir de estos datos. Para indicar las siembras en tiempo y espacio, use un guión (–) en caso de cultivos en secuencia, use un signo más (+) si los cultivos se siembran simultáneamente (cuando se sobreponen más de 2/3 partes de la estación de siembra); use una barra (/) si los cultivos se siembran en relevo (cuando se sobrepone menos de 1/3 de la estación de siembra). Por ejemplo, un arreglo de arroz secano seguido por un intercultivo de frijol mungo en el cual se siembran melones después de recoger el frijol mungo, sería:

Arroz secano-sorgo + (frijol mungo-melones)

Un cultivo de sorgo en el cual se siembra frijol mungo en relevo sería:

Sorgo/frijol mungo

Cuando es del caso, se calcula un índice de cultivo múltiple (ICM) o intensidad de uso de la tierra para cada complejo ambiental. Con frecuencia es útil presentar los arreglos en forma de diagramas, indicando el tiempo de siembra y de recolección para cada cultivo (Fig. 3).

- c) Enumerar los principales sistemas de cultivo (combinaciones de arreglos en la finca) y el porcentaje. Se debe identificar cada sistema con números arábigos y asegurarse de que todos los arreglos incluidos aparezcan como en el Cuadro 3. Para una referencia fácil, el sistema puede ser denominado por un rasgo importante como aparece en el Cuadro 4.

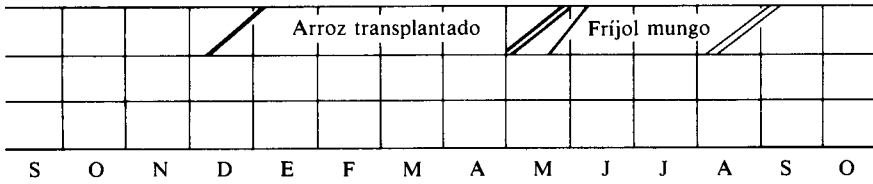
### **Medición de los Determinantes Físicos del Arreglo de Cultivos**

Normalmente los factores climáticos no varían a lo largo del sitio, por tanto su descripción puede aplicarse a todo el lugar. Hay que pensar muy bien la forma de describir los factores que limitan la producción de cultivos durante algunos períodos del año. Sin embargo, los factores relacionados con el terreno varían de un complejo ambiental a otro y deben ser descritos para cada uno. El siguiente es un ejemplo de la información inicial que se requiere para el diseño de arreglos de cultivos.

En cuanto al emplazamiento de la investigación, se debe compilar la información referente a sus condiciones físicas. Las estaciones meteorológicas más cercanas deben proveer los registros de temperatura y lluvias.

- a) *Pluvialidad* Al comienzo bastará con los promedios mensuales de lluvia. Los estudios subsiguientes requerirán promedios semanales por períodos tan largos como sea posible. Los datos de 20 años son una buena base para evaluar la variabilidad de la lluvia. Los datos de 10 años ofrecen cálculos razonables en los trópicos húmedos, pero pueden ser insuficientes en zonas más áridas.
- b) *Temperatura promedio mensual* Indique el número de años promediados y señale los períodos de cultivo que puedan verse afectados por las limitaciones bajas o altas de temperatura para los cultivos sembrados en el emplazamiento.

Ejemplo 1.



Ejemplo 2.

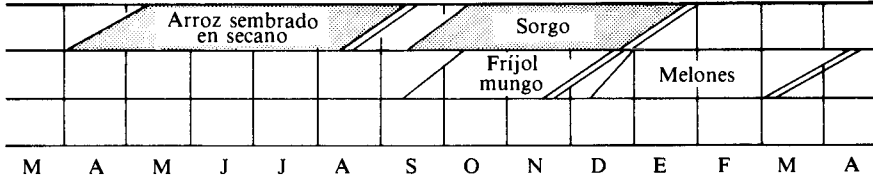


Fig. 3. Preparación de un diagrama de arreglo de cultivos. Cada cultivo del arreglo debe aparecer en un diagrama. Comience por indicar el primer mes de la estación de crecimiento debajo del diagrama. Indique las fechas de siembra de cada cultivo con una línea sencilla y las de cosecha con línea doble. Indique la gama aceptable de fechas de siembra para cada cultivo mediante una diagonal que cubra la gama de fechas. Una línea doble que indique la gama esperada de fechas de cosecha (no necesariamente la misma que en la gama de fechas de siembra) define el período durante el cual este cultivo debe ocupar el terreno. Escriba el nombre del cultivo entre dos líneas. Luego proceda con el cultivo siguiente. En el caso de una secuencia de cultivo, use la misma línea del diagrama (hilera), indicando de nuevo la gama de fechas de siembra y de cosecha esperada para el segundo cultivo. De nuevo indique el tipo de cultivo entre las líneas de siembra y cosecha. Continúe en la misma hilera si se planta un tercer cultivo en secuencia. Si cualquiera de estos cultivos se combina con un cultivo sembrado en secuencia o en relevo, use el resto de hileras en el diagrama. De nuevo indique la gama de fechas de siembra y de cosecha para cada cultivo. El primer ejemplo muestra un arroz transplantado seguido de frijol de mungo en una región donde la estación de crecimiento comienza hacia finales de octubre. En este caso, el período de transplante (no de semilla) se indica porque es cuando el arreglo de cultivo comienza a ocupar el terreno.

El segundo ejemplo muestra un arreglo de cultivo de arroz seco seguido de sorgo-frijol mungo en intercalación, en el cual los melones se siembran con sorgo luego de que se cosecha el frijol mungo. La estación de crecimiento en este ejemplo comienza en abril.

Para cada complejo ambiental identificado previamente se debe evaluar la presentación de sequías e inundaciones a partir de datos secundarios y entrevistas con los agricultores.

- a) *Presentación de sequías durante la etapa de crecimiento* Se refiere a arreglos de cultivo importantes como los enumerados en el Cuadro 3. Con base en las respuestas locales se calcula para cada cultivo de este arreglo el número de años por decenio en que la sequía reduce el rendimiento en más del 25%. Un ejemplo de registro es el del Cuadro 5.
- b) *Presentación de inundaciones durante la estación de crecimiento* Para los cultivos más importantes de los arreglos del tipo de los enumerados en el Cuadro 3, hay que indicar el número de años por decenio en que se reduce el rendimiento en más del 25% a causa de las inundaciones. También hay que describir las características del problema, como tiempo, duración y extensión. Un ejemplo de este registro aparece en el Cuadro 6.

Cuadro 3. Arreglos de cultivo, duración del uso de la tierra, asociación entre tipos de tierra y frecuencia.

Arreglo de cultivo	Duración (meses)	Complejo ambiental	(%) Tierra cultivable	Índice de computación en cultivo múltiple	Intensidad de uso de la tierra
A Arroz 1	5	Irrigado 1	20	$100 \times 0,20 = 20$	$5/12 \times 0,20 = 0,08$
B Arroz 2-yuca 2	12	Tierra húmeda por causa de lluvias	20	$200 \times 0,20 = 40$	$12/12 \times 0,20 = 0,20$
C Yuca 1-maíz 4	12	Tierra árida	15	$200 \times 0,15 = 30$	$12/12 \times 0,15 = 0,15$
D Maíz 1/yuca 3-maíz 4	12	Tierra árida	10	$200 \times 0,10 = 20$	$12/12 \times 0,10 = 0,10$
E Maíz 2-maíz 3-maíz 4	12	Tierra árida	10	$300 \times 0,10 = 30$	$12/12 \times 0,10 = 0,10$
F Arroz 3-arroz 4	7,5	Irrigado 2	5	$200 \times 0,15 = 30$	$7,5/12 \times 0,05 = 0,03$
G Cultivos arbóreos	12	Tierra árida	5	$100 \times 0,05 = 5$	$12/12 \times 0,05 = 0,05$
H Tierra no cultivada	12	Tierra húmeda por causa de lluvias	5	$0 \times 0 = 0$	$0/12 \times 0,05 = 0$
I Otros	6	Tierra árida	10	$100 \times 0,10 = 10$	$6/12 \times 0,10 = 0,05$
Agregado por emplazamiento <sup>a</sup>				185	0,76

<sup>a</sup>Basado en el porcentaje de tierra cultivable.

Cuadro 4. Descripción de los sistemas de cultivos en el emplazamiento

Sistemas de cultivo	Nombre del sistema empleado <sup>a</sup>	Patrón del cultivo	% de las fincas observadas
1	Irrigación del arroz	A, F	30
2	Arroz de tierra húmeda-yuca	A, B	20
3	Tierra húmeda-árida mixta	B, C, D	20
4	Tierra árida mixta	C, D, E, G, I	10
Otros			20

<sup>a</sup>Este nombre se emplea para reconocer el sistema.

Cuadro 5. Efectos de la sequía sobre la producción de cultivos mayores en el emplazamiento.

Patrón	Cultivo	Efectos de la Sequía
A	Arroz 1	Rara vez afectado
B	Arroz 2	Afectado 3 años sobre 10
C	Yuca 1	Rara vez afectado
	Maíz 4	Afectado 2 años sobre 10

Cuadro 6. Efectos de las inundaciones sobre los cultivos principales en el emplazamiento.

Patrón	Cultivo	Efectos de la inundación
A	Arroz 1	Reducción en producción de 3 años sobre 10
B	Arroz 2	Reducción en producción de 1 año sobre 10
C	Yuca y maíz	No afecta la producción

Nota: Si las lluvias son particularmente copiosas, al comienzo de la época cuando soplan los vientos monzones durante el mes de abril, ocurren a veces inundaciones repentinas en las áreas de tierra árida. En un año en un período de diez años pueden presentarse inundaciones de duración suficiente para afectar seriamente la producción de arroz 2. En 10 años, de las áreas de baja irrigación, representativas de la mitad de toda la producción de arroz, sólo una sufrió inundaciones serias que duraron tres semanas.

### Tipo de Finca y Base del Recurso

Los recursos invertidos en los sistemas de cultivo de un área pueden dividirse en recursos en la finca y recursos fuera de la finca. Los recursos fuera de la finca — infraestructura agrícola — son institucionales y reflejan a menudo la inversión pública o privada en los bienes y servicios requeridos por una empresa agrícola. El beneficio de estos bienes y servicios no van a una sola finca, sino que son compartidos por varias fincas. La inversión privada en bienes y servicios públicos ocurre cuando los inversionistas — banqueros, proveedores de abonos y procesadores de artículos — pueden recibir parte de la ganancia. Para la inversión privada es más difícil obtener beneficios de la construcción de una autopista, la educación de los agricultores o la construcción de instalaciones de irrigación o de almacenamiento fuera de la finca, por tanto, en tales casos, la inversión pública suministra los bienes y servicios.

En la investigación sobre sistemas de cultivo, los recursos fuera de la finca se consideran fijos y no están sujetos a cambio mediante los esfuerzos directos de los investigadores o los agricultores. No obstante, se proyectan sus futuras características y el diseño de la nueva tecnología se hace de manera que encaje

con la infraestructura proyectada. La infraestructura de apoyo que se espera encontrar en una área determinada influye en gran medida sobre el tipo de tecnología que el equipo de investigación genera. Por tanto se requiere un análisis cuidadoso de los casos previos de apoyo institucional a la producción agrícola en el emplazamiento, con el fin de determinar el nivel de producción a que los agricultores, y por tanto los investigadores, deben aspirar para que sus arreglos sean económicamente viables. Una comprensión realista del tipo de apoyo al crédito, insumos, precios y respaldo de mercados que pueden acompañar los programas de producción mejorará la fijación de las metas de la investigación en finca (Véase Capítulo 6).

Los siguientes son los tipos generales de recursos fuera de la finca que se deben identificar y evaluar como parte del proceso de descripción del emplazamiento:

- a) Ubicación y capacidad de los centros de mercado para los cultivos más importantes y precios de los productos.
- b) Ubicación y disponibilidad de los principales insumos de producción y precios de los insumos.
- c) Facilidades de transporte para los productos y los insumos y costos del transporte.
- d) Ubicación y capacidad de las instalaciones de procesamiento para los productos agrícolas y costo de los servicios.
- e) Capacidad de comunicación y su efectividad en proveer información a los agricultores sobre los precios actuales de productos e insumos, y volumen actual de comercio del artículo y el suministro de insumos.
- f) Presencia y actividad de los servicios de extensión.
- g) Ubicación y características funcionales de las cooperativas agrícolas.
- h) Acuerdo sobre tenencia de tierra, precios de la misma y costos de arrendamiento.
- i) Capacidad, características funcionales y costos de los servicios de riego.
- j) Estructura de la mano de obra agrícola, y tasas estacionales de salarios.
- k) Estructura y capacidad de las instalaciones para el suministro de energía agrícola y tasas por alquiler de servicios.
- l) Ubicación y capacidad de las instalaciones de crédito agrícola y conocimiento de sus tasas de interés.

Si la información sobre estos recursos fuera de la finca no se puede obtener en los emplazamientos antes de comenzar la investigación de campo, deberá recogerse a medida que cursa la investigación. Un buen ejemplo del uso de informantes claves para este propósito es el trabajo de Mathema y van der Veen (1978) en Nepal.

Los recursos en finca son los factores de producción que pueden ser modificados y asignados por los agricultores e identificados y medidos dentro de los límites de la misma finca. Los cambios de ciertas características físicas de una finca, como el suelo, o el agua, son considerados modificaciones del terreno. Donde éstos son substanciales, deben reflejarse en los complejos ambientales definidos para un sitio. Por ejemplo, donde los agricultores modifican el terreno creando camas y zanjas semi-permanentes, esta tierra así manejada pertenece a un complejo ambiental distinto. Importantes recursos en la finca son:

- a) tipo de finca — tamaño, acuerdo de tenencia y fragmentación; importancia de la producción animal y otras empresas;



- b) mano de obra estacional y disponibilidad de capital;
- c) disponibilidad de mano de obra familiar capacitada;
- d) capital fijo de la finca y disponibilidad de energía; y
- e) conocimiento técnico, experiencia y educación de los agricultores.

La información de esta sección del estudio básico se puede recoger en distintas formas. En la mayoría de los sitios se emplea un muestreo de fincas, más los datos de fuentes existentes. En otros sitios, se han tomado como fuentes de información los grupos de agricultores, los maestros rurales, los banqueros, los dueños de almacenes, los comerciantes y los operadores de los mercados (Mathema y van der Veen 1978).

El Cuadro 7 muestra información sobre el tipo de fincas, la familia agrícola y los recursos agrícolas que un sitio necesita como base para diseñar tanto los arreglos de cultivo como las investigaciones.

*Tipo de finca* El equipo de investigación debe describir una finca típica del sitio según lo previsto en el Cuadro 7, ofreciendo con ello una idea sobre el tipo de sistema agrícola que debe enfrentar la investigación. El promedio entre el 25% inferior y el 25% superior provee información sobre la gama y distribución de cada característica.

La importancia relativa de cada empresa de la finca debe ser determinada comparando los valores o cantidades producidos con la cantidad de tiempo dedicado a cada una. Los investigadores deben también establecer el grado

Cuadro 7. Información sugerida para la descripción del tipo de finca por las principales características de la finca y su distribución aproximada.

Características	Promedio de <sup>a</sup>		
	25% más bajo	Todas las fincas	25% más alto
Tamaño de la finca (ha)			
Parcelas (no.)			
Tierra propia (%)			
Tamaño familiar			
Valor de los cultivos - producido por año			
- vendido por año			
Valor del ganado - producido por año			
- vendido por año			
Valor del ingreso no proveniente de la finca por año			
Uso de mano de obra (%)			
- para cultivos de los agricultores			
- para ganado de los agricultores			
- otros <sup>b</sup>			

<sup>a</sup>Los valores promedio se refieren a cada característica para obtener información independiente sobre la distribución de cada una.

<sup>b</sup>Puede incluir empresas no agrícolas y venta de mano de obra.

Cuadro 8. Formulario usado para presentar las variaciones anuales recurrentes y la disponibilidad de efectivo de una finca típica.

	Mes												
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
¿Qué tasa de salario diario se paga normalmente durante cada mes en el área? <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; margin-left: 20px;">                     la más alta normal la más baja                 </div>													
¿En qué meses hay mano de obra adicional (A) o pérdida de mano de obra (P) en el área? <sup>a</sup>													
¿Cuándo se presentan los requerimientos de mano de obra más altos (MA) y más bajos (MB)?													
¿Cuántos miembros adultos de la familia se encuentran disponibles para trabajar?													
¿En qué meses es más difícil hacer frente a los gastos?													

<sup>a</sup>Mano de obra migrante; vacaciones escolares, vacaciones religiosas o culturales.

en que la unidad agrícola consume su propia producción, comparando las cantidades producidas con las vendidas.

Si los distintos sistemas de cultivo (ver Cuadro 4) se asocian con tipos de fincas claramente diferentes, habrá que describir una finca típica para cada sistema. El Cuadro 7 muestra cómo se describe una finca típica para un determinado sistema de cultivo.

**Tasa salarial y disponibilidad de efectivo** Es importante echar una buena mirada a la variación anual de los jornales pagados en el emplazamiento y a la disponibilidad y demanda de mano de obra familiar y contratada. Además, cuando sea posible, deberá evaluarse la solvencia de los agricultores y el costo de crédito. Los Cuadros 8, 9 y 10 y señalan la información que permitirá al equipo de investigación identificar tentativamente dónde pueden presentarse las mayores limitaciones en mano de obra y capital. La información ofrecerá también los medios para calcular las ganancias aproximadas por mano de obra y efectivo que son comunes en el área. Estos son parámetros importantes para el diseño de los arreglos de cultivo. Muchas de estas medidas, obtenidas de fuentes secundarias, informantes claves o una encuesta a fincas, serán reevaluadas con base en los registros obtenidos durante la prueba del arreglo. Para más detalles sobre salarios puede verse la sección sobre Registro de la Producción de un Cultivo en el Capítulo 5.

**Métodos y costos de producción** Los métodos y costos de producción para los cultivos existentes en un emplazamiento se determinan en detalle en el momento de probar el arreglo. Sin embargo, para efectos del diseño, el equipo de investigación debe obtener información general en este sentido sobre los más importantes cultivos y operaciones. En este punto, solo los cultivos que ocupen más del 30% del área en cualquier estación deben ser considerados y, en general, basta con considerar solo los tres más importantes. El Cuadro 11 enseña el tipo de información que permitirá los análisis iniciales de los métodos y costos de producción por área. También proporciona mayor información sobre los costos de mano de obra para las diferentes operaciones.

Cuadro 9. Ejemplo de formulario para presentar el capital de producción de cultivo de una finca típica.

	Agricultores (%)		Costo de arriendo* (M)
	Que poseen	Que arriendan	
Búfalo de agua			
Bueyes			
Irrigador			
Tractor			
Cultivador			
Bomba de irrigación			
Trillador			
Soplador de arroz			
Secador			
Otro			

\*Por hectárea por día, según sea apropiado. M = unidad monetaria.

Cuadro 10. Ejemplo de la información necesaria sobre fuentes de crédito para producción agrícola en el área.

	Tamaño del crédito <sup>a</sup>	Hogares agrícolas <sup>b</sup>	Costo <sup>c</sup> (% año)
Banco oficial			
Familia			
Amigos			
Prestamistas comerciales			
Otros			

<sup>a</sup>Cantidad promedio por negociación de préstamo.

<sup>b</sup>Identifica cuántos agricultores usan cada fuente (puede sumar más o menos de 100).

<sup>c</sup>Calculado como:

$$\frac{\text{Interés + otros costos (M)} \times 12}{\text{Valor del crédito (M)} \times \text{duración (meses)}} \times 100.$$

Cuadro 11. Ejemplo de métodos y costos de producción de cultivos mayores en un emplazamiento.

Actividad	Material, ítem	Unidades	Cantidad	Costo (M/ha) <sup>a</sup>
<i>Preparación de la tierra</i>				
Días animal	Búfalo de agua	Días	20	200
Mano de obra	—	Días	24	360
<i>Siembra</i>				
Semillas	IR30	Kg	100	160
Tratamiento de semillas	Ninguno	Kg i.a.	—	—
Mano de obra	—	Días	4	40
<i>Fertilizante</i>				
Nitrógeno	Urea	Kg N	70	280
<i>Insecticidas</i>				
	Lindane	Kg i.a.	1	40
	Furadan	Kg i.a.	1	180
	Azodrin	Kg i.a.	0,2	60
<i>Irrigación</i>				
Materiales	Combustible	Litros	10	30
Mano de obra	—	Días	2	20
<i>Control de la Maleza</i>				
Herbicidas	Ninguno			—
Mano de obra	—	Días	20	200
<i>Cosecha</i>				
Mano de obra	—	Días	40	600
<i>Otra mano de obra</i>				
	—	Días	5	50
Costo total de la mano de obra y tracción				1470
Costo total de materiales				750
Costo total de variables				2220

<sup>a</sup>M= Unidad monetaria

Cuadro 12. Ejemplo de la información sobre experiencia técnica y práctica de los agricultores típicos de un emplazamiento de investigación en sistemas de cultivo.

	La mayoría han oído hablar de	Algunos han ensayado	Práctica común
Métodos de siembra del arroz			
Ambiente seco al voleo			
Ambiente seco en surcos			
Ambiente húmedo			
Transplante: con sembrador o transplantador			
Siembra de cultivos de altura			
Siembra por surcos			
Intercultivo			
Cultivo en relevo, cero labranza			
Desyerbe posterior a siembra			
Por grados			
Cultivo entre surcos			
Manual: usa animales usa herbicidas			
Abono			
Basal			
Amplio			
Aplicación por cúmulos o bandas			
Aplicación mixta			
Equipo especial			
Control de insectos			
Manual			
Insecticidas comerciales			
Insecticidas producidos localmente			
Uso de rociador			
Control químico de enfermedades			

*Conocimiento técnico de un agricultor típico* La información por recoger sobre el conocimiento técnico de un agricultor típico depende en buena parte del cultivo dominante y del estado de desarrollo agrícola. Inicialmente, solo se puede obtener una impresión general, pero en etapas posteriores de la investigación se puede necesitar de encuestas que establezcan el conocimiento que tienen los agricultores de las alternativas existentes para los siguientes componentes de manejo, sus instrumentos y equipo:

- época y métodos de siembra,
- fertilidad y fertilización del suelo,
- ocurrencia y control de malezas,

- plagas y control,
- ocurrencia y control de enfermedades, e
- historia de las variedades utilizadas en el área.

Tales encuestas solo deben realizarse para los cultivos más importantes del sistema. A menudo resulta difícil juzgar en las etapas iniciales de la investigación qué componentes requieren un estudio profundo. Además, la información detallada que se busca en estos estudios exige una familiaridad considerable del equipo de investigación con los agricultores, sus dialectos y sus condiciones sociales, así como la familiaridad de los agricultores con el personal del proyecto y sus objetivos. Por lo tanto, estos estudios deben formularse luego de haber diseñado el primer arreglo mejorado y de haberse empezado el trabajo de campo. Litsinger et al. (1980) ofrece un ejemplo de los formularios para una encuesta sobre el control de plagas de insectos.

En el Cuadro 12 aparece un ejemplo de la información que puede recogerse en el estudio inicial sobre la historia técnica de un emplazamiento. Este cuadro solo es pertinente para un determinado sistema de producción y requiere cambios substanciales para uso en otro.

## *Capítulo 4*

# **Diseño**

La etapa de diseño de la investigación en sistemas de cultivo tiene dos actividades diferentes pero íntimamente relacionadas: el diseño de arreglos mejorados para prueba y la formulación de un programa de investigación general para realización en el emplazamiento por el lapso de un año. El diseño de los arreglos demanda posiciones claras de los investigadores principales y de apoyo sobre las alternativas de manejo que consideran mejores. También determina la información adicional que se requiere sobre el manejo del cultivo, cuya falta es seria cuando el equipo intenta diseñar arreglos mejorados para un emplazamiento.

### **Diseño de un Programa de Investigación para un Emplazamiento**

El diseño de un programa de investigación para un emplazamiento va parejo con el diseño de los arreglos de cultivo para ese emplazamiento y debe completarse por lo menos un mes antes de la primera fecha de siembra. El programa de investigación en un emplazamiento incluye:

- prueba del arreglo de cultivo,
- evaluación de los arreglos de cultivo del agricultor,
- investigación sobre tecnología de componentes, incluyendo pruebas sobreimpuestas y administradas por el investigador, y
- encuestas dedicadas a problemas especiales.

Esta investigación es realizada por el equipo del emplazamiento. El tipo y número de los estudios depende de las condiciones del lugar, las investigaciones anteriores realizadas en él y el tamaño del equipo.

Normalmente, el programa anual de investigación se diseña en un taller en que participan todos los investigadores del emplazamiento. Estos deben tener la responsabilidad básica de presentar los resultados de investigaciones anteriores y ser estimulados a dar sus opiniones sobre los sistemas agrícolas existentes, el potencial para la producción aumentada, y las reacciones de los agricultores a las alternativas. Este taller debe incluir investigadores en sistemas avanzados de cultivo y especialistas en los temas del caso como economía, entomología, malezas, administración de recursos hídricos, patología vegetal, fertilidad de los suelos y fitomejoramiento. La duración debe ser de unos tres días.

El seminario proporciona la interacción interdisciplinaria que asegura arreglos de cultivo económicamente viables y las recomendaciones tecnológicas compatibles. Igualmente, tanto los diseños como las recomendaciones tecnológicas deben ser puestos por escrito de manera que todo el equipo esté al tanto de

las recomendaciones desarrolladas cada año para el arreglo de cultivo. El programa de investigación debe ser evaluado después de cada cultivo y hacerse las modificaciones necesarias. Este capítulo describe el programa de investigación general que debe diseñarse anualmente para un emplazamiento; los métodos para el diseño de arreglos de cultivo; y, finalmente, los métodos para las pruebas de los arreglos y la investigación sobre tecnología de componentes, así como la contribución de estas técnicas experimentales a la investigación general en el emplazamiento. Los detalles de diseño y manejo experimental para estas pruebas se discuten en el capítulo sobre pruebas.

## Diseño del Arreglo de Cultivos

En términos de la ecuación 1 (Capítulo 2), el diseño del arreglo es la especificación del vector de manejo  $M$ . Esta es una actividad sintética que emplea las características físicas y socioeconómicas del emplazamiento obtenidas en la etapa descriptiva, junto con el conocimiento del efecto de tales características sobre el desempeño de los arreglos de cultivo, para identificar los patrones de cultivo intensivo que se adapten bien al emplazamiento (Grupo de Trabajo sobre Sistemas de Cultivo 1976a).

Como ya se señaló, el desempeño de un sistema de cultivos y los arreglos que lo conforman pueden ser representados por

$$Y = f(M, E)$$

El sistema de cultivo ( $M$ ) escogido está, por tanto, sujeto a las limitaciones ambientales y de recursos de ( $E$ ). A partir del estudio de base, el equipo puede tener una primera aproximación de  $E$  y del conjunto de límites dentro de los cuales debe definir  $M$ . En el curso de la investigación en el sitio, se define mejor  $E$  y con ello las limitaciones de recursos que deben tenerse en cuenta.

El diseño del arreglo de cultivos se centra en un cierto complejo ambiental. Los investigadores escogen de una gama de prácticas que representan la tecnología de componentes disponible. Esta gama incluye los posibles cultivos, las operaciones de labranza, los métodos de fertilización y siembra, las poblaciones, la relación espacial entre cultivos, alternativas de intercultivo, el sistema de manejo del agua, y los métodos de control de plagas (manual, químico, resistencia del hospedero, o cultural). El diseño del arreglo depende de lo que se conozca sobre el desempeño de los cultivos y las prácticas de manejo enumerados, bajo las condiciones que prevalecen en los complejos ambientales escogidos.

En el diseño de los arreglos, se consideran tres niveles de pertinencia: las alternativas biológicamente factibles, técnicamente realizables y económicamente viables. Estos grados de conveniencia se asocian con diferentes componentes del medio ambiente (Fig. 1).

Para la factibilidad biológica, los factores ambientales son los físicos, los climatológicos y los bióticos, tales como la cantidad y distribución de lluvia y riego, la hidrología, las sequías, los suelos saturados, las altas precipitaciones y la humedad durante el establecimiento del cultivo y los períodos de cosecha, las variaciones en temperatura y longitud del día, las condiciones edáficas extremas, las inundaciones previsibles, y plagas de difícil control identificadas para cada complejo ambiental durante las etapas descriptivas o subsiguientes. Un



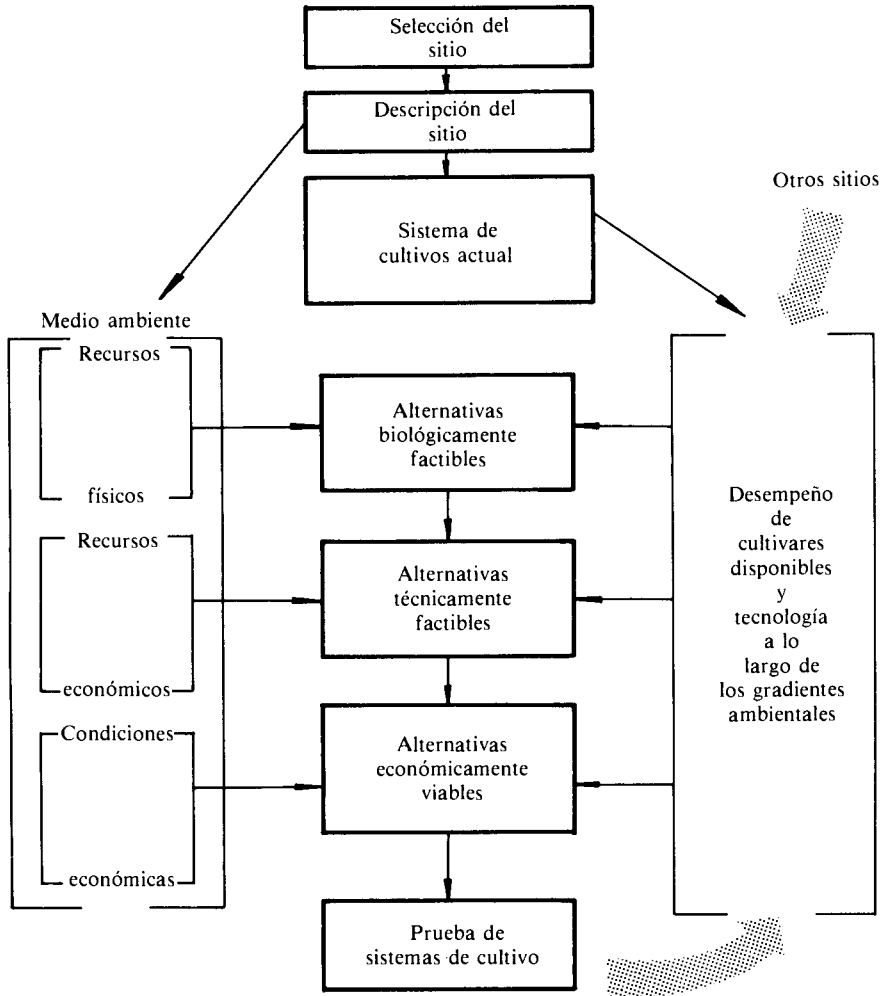


Fig. 1. Presentación esquemática del diseño de sistemas alternativos de cultivo para un emplazamiento seleccionado.

arreglo biológicamente factible crecerá en estas condiciones lo suficientemente bien como para alcanzar niveles de rendimiento localmente aceptables.

La factibilidad técnica de un arreglo se determina por la capacidad de un agricultor para realizarlo con una estructura específica de recursos. Esta es la estructura de recursos que con mayor probabilidad prevalecerá en el emplazamiento durante la etapa de producción (véase Capítulo 3, Descripción del Emplazamiento, Tipo de Finca y Estructura de los Recursos; Capítulo 6, Programas de Producción Piloto). La factibilidad técnica de un cierto arreglo en un emplazamiento es determinada, entonces, por la disponibilidad de recursos tales como mano de obra, químicos agrícolas, energía de tracción, equipo especial, crédito y mercado para el producto.

La viabilidad económica de un arreglo se determina por los costos de estos recursos y los precios de los productos obtenidos por el arreglo. El proceso de

diseño de un sistema de cultivos emplea, por tanto, tres tipos de criterios de desempeño:

- a) cálculo del desempeño biológico del arreglo,
- b) requerimientos de recursos del arreglo en relación con los recursos disponibles, y
- c) costo de estos recursos y precios del producto.

### **Factibilidad Biológica**

El diseño por factibilidad biológica aparea los requerimientos físicos del cultivo (durante su crecimiento) con las condiciones físicas (durante el año) del complejo ambiental. Esto puede lograrse de diversas formas. El siguiente método sirve como ejemplo:

- Primero, desarrollar tablas para los requerimientos de agua, suelo, temperatura, longitud del día y radiación solar de cada cultivo. (ver Panabokke 1974, Doorenbos y Kassam 1979).
- Segundo, preparar tablas para casos de daño del cultivo, como profundidad de la inundación, demanda excesiva de evaporación y demasiados vientos.
- Tercero, expresar en una tabla o gráfica la situación del complejo ambiental durante el año (mensualmente, pero mejor aún, semanalmente) en cuanto al agua en y sobre el suelo, la temperatura, la longitud del día y la radiación solar. Para las variables de daño del cultivo, tal vez resulten adecuados los gráficos de probabilidad de ocurrencia (tan sencillos incluso que indiquen solo alta, media y baja).

Estas tablas pueden entonces aparearse con las gráficas anuales para cada factor ambiental en los períodos considerados para la producción del cultivo pertinente.

### **Factibilidad Técnica**

Otros factores importantes para el diseño de los arreglos son la escogencia de tecnología de manejo y los niveles de insumo que dependen de las limitaciones al tipo y gasto en equipo, los insumos químicos y de mano de obra y las habilidades administrativas que se desprenden del estudio de base. El tipo y nivel de los recursos disponibles determinan a menudo si un cultivo puede ser incluido en un arreglo. Por ejemplo, la disponibilidad de mano de obra para la cosecha manual del frijol mungo, o de energía para la preparación de tierras secas puede determinar si el frijol mungo pre-monsón tiene cabida en un determinado sistema.

El enfoque seguido en el Cuadro 1 puede usarse como guía para una evaluación aproximada de la factibilidad técnica.

- a) A partir del estudio de base y otros posteriores, debe prepararse una lista de recursos de manejo del cultivo.
- b) Hacer una lista del uso de recursos por hectárea en los arreglos existentes.
- c) Establecer los límites actuales, sin asumir un apoyo adicional al programa de producción.
- d) Determinar los límites proyectados, considerando de manera conservadora un apoyo al programa de producción.
- e) Evaluar la factibilidad técnica del arreglo, comparando sus demandas

calculadas de recurso con los recursos disponibles. En los casos en que las demandas para ciertos recursos son excesivas en determinados momentos, el arreglo solo podrá ser factible si puede contar con recursos de otras empresas agrícolas o externas a la comunidad agrícola.

La Figura 2 muestra la complejidad de un arreglo y la información que se requiere sobre la tecnología de componentes. Estos factores no deben ser tomados a la ligera porque para un arreglo de dos cultivos hay que tomar más de 30 decisiones sobre cultivares, métodos de labranza y siembra, manejo de insectos y enfermedades, adiciones de fertilizante, métodos de control de malezas y métodos de recolección, además del calendario de todas las operaciones.

Durante el primer año, la tecnología de componentes escogida para los arreglos dependerá básicamente de la información que se desprenda de la descripción ambiental, las recomendaciones nacionales y la investigación previa en el emplazamiento u otros emplazamientos similares. Con el correr del tiempo, la investigación en el emplazamiento irá ofreciendo más información sobre tecnología de componentes hasta proveer una base a las decisiones sobre los niveles de la tecnología de componentes que va a ser usada en los arreglos. En el Cuadro 2 aparecen las especificaciones de la muestra para la tecnología de componentes en el control de malezas en un emplazamiento en Filipinas.

Una dificultad del diseño de los arreglos es la que se presenta al tratar de determinar con mayor precisión que en el Cuadro 1 los recursos disponibles en la finca. En el caso de un solo arreglo, los recursos se determinan más fácilmente por sustitución; los recursos menos usados del sistema agrícola se agregan a los recursos usados por el arreglo que se va a cambiar. Para que sea factible, un arreglo no debe aumentar substancialmente el uso de un recurso durante los periodos existentes de requerimientos máximos. Un tratamiento más riguroso (como un problema de asignación de recursos) requiere una programación lineal o rutinas similares para optimizar todo el sistema de cultivo o, mejor todavía, el sistema agrícola completo. Esto exige conocimiento del desempeño de todas las actividades componentes del sistema como función de la asignación de recursos y costos, lo cual va más allá de un cálculo aproximado del desempeño del arreglo.

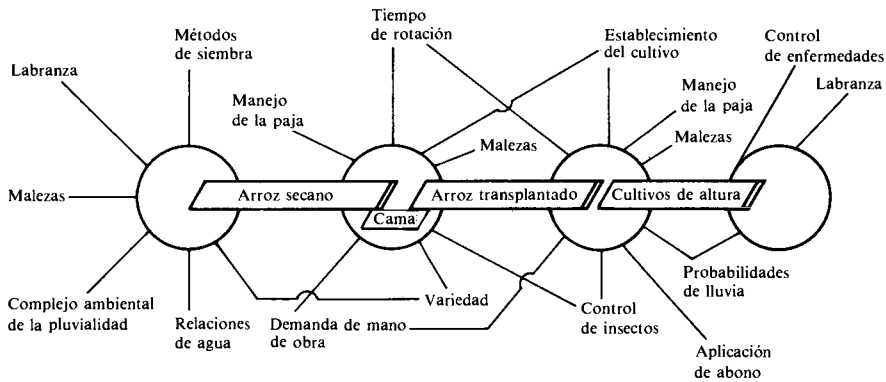


Fig. 2. La asignación de tecnología de componente a un arreglo requiere una cuidadosa selección entre las muchas posibilidades.

Cuadro 1. Ejemplo de una guía para diseñar arreglos de cultivo económicos.

Recurso	Uso actual	Límite actual	Límites proyectados
Energía	Solo humana	Humana + tractor de 2 ruedas, 0,1 ha	Humana, tractor de 2 ruedas, 0,2 ha
Mano de obra <sup>a</sup>			
Clase 1	0,4 día/ha por día	0,5 día/ha por día	0,4 día/ha
Clase 2	1,1 día/ha por día	1,4 día/ha por día	1,4 día/ha
Fertilizantes químicos	Urea, 10-30-10 Cal, ZnO <sub>2</sub>	Urea, 10-30-10 KC1 Cal, ZnO <sub>2</sub> , ZnSO <sub>4</sub>	Lista expandida Lista expandida
Insecticidas	Lista <sup>b</sup>	Lista expandida	Lista más expandida
Herbicidas	Ninguna	Ninguna	Lista
Efectivo del agricultor para insumos	M200/ha por año	M300/ha por año	M500/ha
Crédito (valor/ha)	M500/ha por año	M500/ha por año	M600/ha
Area (%)	10%	20%	50%
Equipo	Solo herramientas	Escarbadores, irrigadores más herramientas	Actuales + algunos rotavadores, sembradores y trilladores

<sup>a</sup>Clase 1 es manejo, preparación de tierra y cosecha. Clase 2 es todo el resto de mano de obra.

<sup>b</sup>Lista de insecticidas usados actualmente.

Cuadro 2. Prácticas recomendadas de control de malezas para los arreglos de cultivo, Pangasinan, 1977-78.

Cultivo	Método de control de malezas	Tasa (kg i.a./ha)	Tiempo de aplicación
Maíz (antes de arroz)	Aporcadura, 2 pases	—	3 semanas después de brotar, o inmediatamente después de abonar por encima
Arroz seco	Butacloro seguido de desyerbe manual	2,0	De inmediato si el suelo está húmedo; si está seco, después de las lluvias germinales, seguido de desyerbe manual o localizado cuando sea necesario.
Arroz húmedo	Semillero bien húmedo. Si hay agua estancada — no se desyerba; de otra forma, desyerbe localizado.	—	Según necesidad
Arroz transplantado	Semillero bien húmedo. Si hay agua estancada — no se desyerba; de otra forma, desyerbe localizado.	—	Según necesidad
Cultivo de altura Campo sin arar	Se aplica paraquat si las malezas cubren 50% del terreno al establecer el cultivo; de otra forma, no se hace control de maleza	0,75	Antes de surcar
Campo arado	Frijol mungo y caupí — no se desyerba Sorgo — cultivo entre surcos	—	— 4 semanas después de brotar

## **Viabilidad Económica**

La viabilidad económica de un arreglo puede ser determinada por un análisis presupuestal en el momento del diseño. Este análisis emplea costos de mano de obra e insumos comprados para todas las operaciones especificadas así como un cálculo conservador de los rendimientos esperados. Los costos se calculan inicialmente a partir del estudio de base. En años posteriores, éstos pueden refinarse mediante los resultados de los registros. La rentabilidad y las ganancias de los recursos (productividad) del arreglo pueden entonces compararse con aquellos del arreglo o arreglos existentes que van a reemplazarse. Los niveles de insumo para la tecnología de componentes, asignados a los arreglos, deben elevar los rendimientos netos por encima de aquellos obtenidos a partir de los arreglos existentes, e incluso ofrecer ganancias superiores a las obtenidas normalmente en el emplazamiento por los insumos adquiridos y la mano de obra.

Estas productividades de los recursos en los arreglos existentes pueden ser calculadas en diversas formas. Los promedios y variaciones estacionales de salarios son estimaciones de las productividades de la mano de obra que es necesario satisfacer. Los análisis presupuestales de los arreglos existentes también pueden ofrecer estimaciones de la relación de las ganancias a la mano de obra y al efectivo obtenido normalmente en el emplazamiento. En las regiones donde el efectivo es bajo, la producción mejorada derivada del aumento en los niveles de los insumos comprados reducirá substancialmente las ganancias netas al efectivo. Esto puede resultar inevitable, y no necesariamente restringir la adopción, siempre y cuando las ganancias del efectivo estén muy por encima de aquellas obtenidas en otras empresas de la región, y en tanto haya crédito disponible. Donde se esperan mayores aumentos en la disponibilidad de crédito, el costo del efectivo (interés más otros costos, Capítulo 3, Cuadro 10) que prevalece en el área puede ayudar a calcular las ganancias del efectivo que deberían obtenerse con los nuevos arreglos. Estas ganancias deben estar 50% o más por encima del costo del efectivo. Se aboga por este alto rendimiento en relación al efectivo porque generalmente el costo de este efectivo se calcula conservadoramente, ignorando los costos escondidos del riesgo y las consecuencias sociales asociadas con el endeudamiento.

Nuestra experiencia es que tales análisis indican a menudo la necesidad de reducir los niveles del insumo comprado o el número de operaciones especificadas en el diseño. El tipo de operaciones e insumos en que se producen estas reducciones depende finalmente de las ganancias a las inversiones recibidas por el grupo que diseña el arreglo.

La utilidad que como criterio de diseño tiene el desempeño esperado del arreglo, depende de la fidelidad con que pueda calcularse el desempeño antes de la prueba en los campos de los agricultores. El cálculo se extrapola generalmente de los arreglos o componentes en medios semejantes. A medida que este cálculo mejora y el conocimiento de los insumos requeridos es más preciso, los criterios de desempeño utilizados en el diseño del arreglo se parecerán más a aquellos empleados después de la prueba de campo de los arreglos.

## **Pruebas de los Arreglos**

La prueba de un arreglo compara un número de arreglos experimentales con uno o dos arreglos representativos de los existentes. Los arreglos existentes

son manejados completamente por los agricultores y el equipo de investigación limita cuidadosamente sus actividades a registrar su desempeño. El manejo de los arreglos experimentales es diseñado por el equipo de investigación, discutido con los agricultores que cooperan en el trabajo y modificado cuando es pertinente. Los arreglos experimentales son entonces sembrados por los agricultores que emplean su propia energía y fuentes de mano de obra, bajo la supervisión del equipo del emplazamiento que registra el desempeño del arreglo.

### **Arreglos Experimentales**

Se sugieren los siguientes pasos para diseñar una prueba de arreglo en un emplazamiento:

- a) Decidir qué complejos ambientales van a ser estudiados y describir cada uno de ellos tan exactamente como sea posible. El equipo no tiene que investigar todos los complejos ambientales en su área de operación; dos a cuatro de los más importantes (comunes) abarcan por lo general la mayoría de los sistemas de producción del emplazamiento.
- b) Identificar los factores que de manera similar limitan la producción de cultivos en todos los complejos ambientales. Estos pueden ser climáticos (temperatura, vientos), problemas de fertilidad general, deficiencias de elementos menores o toxicidades comunes a todos los tipos de tierra, y presentación predecible de plagas agrícolas.
- c) Evaluar el conocimiento actual sobre las acciones correctivas que pueden reducir los efectos limitantes de los factores, y especificar las consecuencias para la escogencia de cultivos y tecnología de componentes.
- d) Decidir qué arreglos de cultivo van a ser estudiados por cada complejo ambiental. Un equipo de investigación debe limitarse a tres o cuatro arreglos experimentales por cada complejo ambiental. Algunos arreglos pueden ser los mismos para diferentes complejos ambientales. En efecto, es deseable comparar el desempeño de uno o más arreglos en distintos complejos ambientales.
- e) Asignar la tecnología de manejo de los arreglos. A medida que el equipo de investigación considera las diferentes alternativas, debe intentar evaluar la respuesta esperada del rendimiento y el costo involucrado en cada alternativa. En el momento del diseño, el arreglo de cultivo debe ser sometido a un análisis sencillo de costo-beneficio.

### **Arreglos de Cultivos del Agricultor**

Los arreglos del agricultor se basan en la experiencia. A través del tiempo éste ha seleccionado los arreglos adecuados para el emplazamiento. Esos arreglos reflejan la forma en que los agricultores emplean la mano de obra y el efectivo en la producción de cultivos y el tipo de rendimientos que esperan de estos recursos. En la investigación sobre sistemas de cultivo los arreglos del agricultor son la base para evaluar el desempeño de los arreglos experimentales.

Para minimizar los efectos de los arreglos experimentales sobre los del agricultor que se emplean como base de comparación, es importante seleccionar estos últimos de fincas diferentes. En esta forma, las nuevas técnicas de administración, el efectivo adicional y el acceso a un nuevo equipo tienen menos probabilidad de modificar los arreglos de cultivo de los agricultores que están siendo observados. Hay que tratar de localizar parte de los arreglos del agricultor en observación en áreas periféricas no afectadas por otras actividades del

proyecto, siempre y cuando los complejos ambientales sean los mismos que los estudiados por el equipo.

El sistema de cultivo de una finca combina a menudo arreglos que difieren fuertemente en cuanto a insumos de efectivo y mano de obra. Por tanto, la selección de los arreglos que se van a comparar con los experimentales reviste importancia y depende de los objetivos de los investigadores. Los siguientes son algunos objetivos analíticos comunes para los que se emplean las observaciones de los arreglos de cultivo de los agricultores:

- Para comparar los beneficios de los arreglos de los agricultores con los de los arreglos experimentales.
- Para evaluar de manera más precisa que en el estudio de base el componente tecnológico que usan los agricultores, e identificar cambios en la tecnología del componente a lo largo del tiempo, y
- Para identificar los cambios en los arreglos de cultivo a lo largo del tiempo.

Al comparar los arreglos experimentales con los de los agricultores, hay que considerar dos niveles de complejidad:

*Comparación de arreglo con arreglo* Esta comparación emplea análisis sencillos de costo-beneficio y técnicas parciales de presupuestación. En los análisis, la mano de obra, los insumos y los precios de los productos se someten a variación a lo largo del año para reflejar los cambios encontrados en el sitio. En los arreglos experimentales y de los agricultores se comparan varios campos mediante un conjunto de criterios de desempeño.

Este método ignora las interacciones que pueden ocurrir en la asignación de recursos entre los diferentes arreglos de cultivos de la finca. Los análisis que captan estas interrelaciones pueden llevar a una clasificación en el desempeño de los arreglos experimentales distinta de la obtenida en comparaciones parciales de presupuestación (Barlow et al. 1979). La ventaja del enfoque de la presupuestación es que requiere información detallada sobre solo uno o dos de los tipos de arreglos de cultivo que se presentan con más frecuencia o cubren la mayor área en cada complejo ambiental. Si un equipo de investigación no va a limitarse a los cultivos alimenticios básicos, la selección de los dos arreglos más importantes de cada tipo ofrecerá un continuo útil de combinaciones de recursos usados por los agricultores en el complejo ambiental. Esto a menudo incluye arreglos tanto intensivos en efectivo y mano de obra, como arreglos bajos en insumos. Con algún cuidado en la interpretación de los rendimientos de los cultivos que requieren especialización, (es decir, cultivos que demandan ciertas condiciones especiales que limitan el cubrimiento del arreglo, como los vegetales, el tabaco de estación seca, etc.) esta combinación de arreglos proveerá una base adecuada para la evaluación de la productividad del recurso obtenida por los agricultores en ese complejo ambiental.

La información sobre mano de obra, insumos, precios del producto y variación estacional que se requiere para el enfoque de la presupuestación parcial puede ser medida directamente, bien mediante un informante clave o entrevistas en grupo en el emplazamiento. Esto permite reducir aun más la parte de recolección de datos de la prueba de los arreglos de cultivo.

*Análisis de la finca completa* El análisis de desempeño de un arreglo, cuando se incluye en el total de la finca, evalúa, a menudo en el marco de una programación lineal, el área por complejo ambiental que los agricultores asig-

narian a una variedad de patrones tanto existentes como introducidos. Esta evaluación se hace bajo el conjunto dado de limitaciones de recursos, al tiempo que se maximiza las ganancias económicas de la finca o algún otro índice de su productividad.

El análisis total del desempeño de los arreglos demanda información más completa. Información sobre la disponibilidad y la demanda de tierra, mano de obra y capital en distintos momentos del proceso de producción. La recolección de tal información exige el registro del uso de la tierra y la mano de obra, y los flujos de efectivos para todas las empresas de la finca (incluyendo producción animal, industrias caseras y empleo fuera de la finca). Esto es por lo general muy dispendioso para la mayoría de equipos de investigación y requiere buena cantidad de personal para la recolección y el procesamiento de la información. Cuando un programa de sistemas de cultivo incluye el análisis completo de la finca, éste debe basarse en los siguientes datos que deben recogerse además de la información obtenida al controlar los arreglos representativos de los agricultores usados en los análisis parciales de presupuesto:

- a) registro detallado de la finca para un pequeño número (5) de fincas seleccionadas por representar fincas con una amplia variedad de mezcla de recursos (área grande vs. pequeña, rico vs. pobre, mezcla de complejos ambientales), e
- b) información sobre tipos de finca y de complejos ambientales, buena parte de lo cual está en el estudio de base. De no existir, se puede recoger en una sola encuesta. Esta información permite construir modelos de finca total que incluyen las más importantes negociaciones de la empresa y reflejan los efectos de las diferentes dotaciones de recursos sobre la pertinencia de los arreglos experimentales.

El segundo objetivo, una evaluación detallada de la tecnología de componente de los agricultores, se logra mejor concentrándose en los arreglos representativos. Estos ya han sido seleccionados para cada complejo ambiental con el fin de medir los costos y ganancias de los modelos de cultivo de los agricultores. Al llevar el registro de este objetivo deben prestar atención especial al tiempo y a los métodos de establecimiento del cultivo, al equipo usado, a las poblaciones de plantas o tasas de siembra de semilla, al tiempo y los niveles de aplicación de fertilizantes, plaguicidas y abonos animales, y a los métodos de cosecha y procesamiento.

Los cambios en los arreglos de cultivo de los agricultores pueden ser un indicio de aceptación de la nueva tecnología por parte del agricultor, aun en casos en que no haya buena actividad de extensión en el área de la investigación. Tal aceptación es el mejor indicador de la pertinencia de un arreglo experimental. También implica que la base contra la que se prueban los arreglos de cultivo ha cambiado. Los beneficios de los arreglos introducidos pueden entonces medirse solamente frente a los arreglos inmodificados. Aunque tales cambios en los arreglos de los agricultores seleccionados pueden ser notorios, la medición detallada de los cambios en los arreglos de cultivo requiere una muestra más amplia. Donde tal información es deseable, se necesita una encuesta repetida de los arreglos de cultivo usados en todas las parcelas de 40 a 80 fincas. Esta encuesta debe identificar los tipos de cultivo y las variedades sembradas en cada parcela así como las fechas de siembra y cosecha. La primera encuesta debe ser realizada al comienzo del proyecto; las subsiguientes pueden tal vez esperar hasta el tercer o cuarto año.





*Los investigadores disponen una prueba en el campo de un agricultor. Las pruebas de la tecnología de componentes son manejadas generalmente por los investigadores en sistemas de cultivo más que por el agricultor.*

## **Investigación sobre Tecnología de Componentes**

Debido a que la mayor actividad de investigación en el emplazamiento de la investigación sobre sistemas de cultivo es la prueba de los arreglos mejorados, el equipo del emplazamiento debe asegurar que el manejo especificado para cada cultivo en el arreglo es óptimo.

Cuando el equipo discute los arreglos de cultivo y la tecnología de componentes que debe asignárseles debe también identificar las lagunas de información y los factores que necesitan ser estudiados en el emplazamiento. La falta de información a menudo se relaciona con los niveles y eficacia de los insumos comprados. Puede haber, sin embargo, necesidad de una descripción ambiental mayor, tal como mejor definición de la duración de la irrigación, el tiempo de las lluvias, las tasas de salarios para mano de obra durante la cosecha, o la habilidad del agricultor para identificar las plagas y el daño asociado con ellas. Un arreglo de cultivo puede ser adecuado excepto en un aspecto de la tecnología de componentes como en la variedad adecuada; malezas e insectos, o control de la enfermedad; fertilización o método de labranza, o la fecha de establecimiento del cultivo. También es importante una definición temprana de las especies de malezas predominantes y la respuesta del cultivo a los mayores nutrientes.

La investigación sobre tecnología de componentes está condicionada al arreglo seleccionado. Normalmente se dirige a un solo cultivo de la secuencia de arreglos y a una o dos variables como las pruebas de variedad, métodos de labranza y los niveles subsiguientes de control de malezas o el método y la tasa

de aplicación de nitrógeno. Los ensayos de tecnología de componente son por lo general administrados por los investigadores.

Un equipo de investigación debe estudiar solamente aquellos componentes del manejo que tengan un impacto importante sobre el desempeño económico del arreglo. Generalmente el equipo se centra en las respuestas a los insumos, y deja a otros investigadores la explicación de los mecanismos subyacentes. Los problemas complejos de administración, rasgos de las variedades requeridos en el emplazamiento, ineficacia o deterioro de los métodos de control de plagas, y los problemas serios de suelos deben ser discutidos con los científicos de las estaciones de investigación. Las solicitudes de este tipo de investigación de apoyo deben estar acompañadas de una indicación de las pérdidas actuales de rendimiento y de los beneficios futuros asociados con el cuello de botella del manejo.

### **Selección de Factores y Niveles de Tratamiento**

En los experimentos iniciales se usan tres fuentes de información general para identificar los factores y los niveles de tratamiento que van a probarse:

- estudios de base,
- conocimiento a priori de los requerimientos del cultivo, y
- experimentos convencionales de campo hechos previamente en el área del emplazamiento o en otras condiciones similares. Estos pueden haber sido hechos como anticipación a un programa subsiguiente de investigación en arreglos de cultivo o mediante actividades de rutina de las organizaciones que llevan a cabo pruebas de localización múltiple.

También resulta útil identificar los dos componentes de manejo que exigen la mayor cantidad de efectivo y los dos que requieren la mayor cantidad de mano de obra. Luego se debe tratar de calcular el efecto que tendrían los cambios en estos componentes sobre el rendimiento y de evaluar el potencial de ahorro del insumo o el aumento de rendimiento que pueda derivarse de la investigación sobre estos factores.

### **Prueba Superimpuesta para la Evaluación de la Tecnología de Componentes**

La mayor parte de la investigación sobre tecnología de componentes debe estar vinculada estrechamente con las pruebas de arreglos de cultivo y debe ser diseñada para probar los componentes actuales de manejo asignados al arreglo. Para asegurar una estrecha vinculación con las pruebas de arreglos de cultivo, la mayor parte de la investigación se lleva a cabo en los mismos campos en que se ensayan los arreglos; de allí el término "superimpuesto".

En el emplazamiento de investigación del IRRI las pruebas superimpuestas se llevaron a cabo inicialmente agregando niveles más altos de insumos a parcelas pequeñas a un lado de la prueba de arreglos (Garrity et al 1979). La limitación de este enfoque radicó en que solamente podían usarse niveles de insumo superiores a aquellos usados en el arreglo de cultivos. La ventaja fue que rara vez se presentó interferencia con el manejo del arreglo de cultivo del agricultor.

El diseño para los experimentos superimpuestos debe:

- evaluar las ganancias que los agricultores obtienen con las prácticas existentes de los insumos comprados para el control de malezas, abono y control de enfermedades y plagas;

- evaluar las ganancias que la tecnología de componentes del arreglo de cultivos obtiene de estos insumos;
- determinar si es posible modificar los componentes de manejo asignados al arreglo de cultivos para control de insectos, malezas y enfermedades y fertilización con el fin de aumentar los rendimientos; y
- determinar si estos aumentos de rendimiento son suficientes para pagar los costos adicionales de la modificación.

Para alcanzar estos objetivos, los experimentos superimpuestos deben incluir:

- una simulación del nivel de manejo de los agricultores;
- el nivel de manejo de los agricultores sin ningún insumo material comprado;
- el nivel de tecnología de componentes asignado al arreglo de cultivos;
- un nivel de tecnología de componentes que se espera produzca rendimientos más altos que el arreglo de cultivos al mismo o mayor nivel de insumos.

### **Ensayos Manejados por el Investigador**

Los ensayos administrados por el investigador son responsabilidad total del equipo de investigación en sistemas de cultivo. Su propósito es evaluar en detalle los componentes específicos de manejo que deben asignarse a los arreglos de cultivo y abarcan una mayor gama de alternativas de manejo que las pruebas superimpuestas. Esto resulta en un aumento de las variables y los niveles incluidos en los tratamientos.

Las investigaciones manejadas por el investigador buscan entender mejor el tipo de respuesta a los niveles de insumo y evaluar los tratamientos de alto riesgo sobre los cuales hay muy poca información como para incluirlos en las pruebas manejadas por los agricultores. Los resultados de estas pruebas se analizan con énfasis en las diferencias de tratamiento y requieren una considerable precisión. Los resultados determinan los cambios futuros en los niveles de manejo de los arreglos de cultivo y los componentes de manejo que van a ser estudiados en los experimentos superimpuestos.

Los diseños experimentales para las pruebas manejadas por los investigadores no se discuten detalladamente en este libro. Ellos siguen el diseño experimental para pequeñas parcelas comunes en las estaciones experimentales. Debido al limitado tamaño de campo, el número de tratamientos debe mantenerse entre 6 y 12 con unas tres o más réplicas, excepto cuando se incluyen pruebas de localización múltiple, caso en el cual las réplicas dentro del campo deben reducirse a dos, siempre que el total de réplicas sea de cuatro o más. Algunas veces el diseño de las pruebas manejadas por los investigadores es similar al de las pruebas superimpuestas, pero su manejo corre a cargo de los investigadores en los campos del agricultor.

Estas pruebas manejadas por los investigadores deben usar los mismos métodos e implementos de labranza y la misma tecnología de componentes (para manejo fijo) que la usada por el cultivo correspondiente en los experimentos de arreglo de cultivos. Para los factores que se cambian, los niveles de tratamiento deben incluir aquellos usados en las pruebas de arreglo de cultivos y el tratamiento de alto nivel de los experimentos superimpuestos. Los límites a la época de siembra que se aplican a un cultivo en el arreglo de cultivos deben también aplicarse a las pruebas de tecnología de componentes para permitir



*Las pruebas de control de insectos replicadas a través de las fincas, se repiten de 3 a 4 años para cada cultivo de un arreglo determinado, antes de enunciar una recomendación. El método de pérdidas de rendimiento durante la etapa de crecimiento asegura que el uso del insecticida se justifica económicamente.*

la vinculación de los resultados de la investigación en tecnología de componentes y las pruebas de arreglo de cultivos. Donde las interacciones campo-tratamiento se consideran importantes, el número de campos debe ser por lo menos cuatro y las réplicas dentro del campo pueden reducirse a un mínimo. En la siguiente sección se dan ejemplos de pruebas manejadas normalmente por los investigadores en los sitios.

*Pruebas sobre respuesta al fertilizante* Las pruebas de respuesta al fertilizante evalúan las respuestas al nitrógeno, al fósforo y al potasio y, donde se sospechen diferencias, aquellas a elementos menores importantes. El tipo y el número de pruebas dependen de las condiciones de fertilidad del suelo en el sitio y de lo que se conozca sobre la respuesta del rendimiento a nutrientes agregados. Generalmente, tanto las pruebas replicadas como no replicadas se usan para muestrear campos dentro de un complejo ambiental de manera que las recomendaciones se basen en resultados que incluyen la variación que se presenta dentro del complejo. El Apéndice 1 trae dos ejemplos de diseños de investigación, análisis estadísticos e interpretación económica. Para referencias adicionales sobre diseño y análisis experimentales, véase Laird (1968), Cady y Laird (1973), y Waugh et al. (1973).

En los casos donde la sequía o la inundación son comunes, la comprensión de la reducción en la respuesta al fertilizante ayuda a evitar altos niveles de insumos en cultivos de alto riesgo.

*Estudios sobre pérdida de rendimiento para recomendaciones sobre control de plagas* Gran variedad de insecticidas, así como variables de formula-



*El registro del daño causado por el perforador del tallo durante la etapa vegetativa del arroz seco, determina si la plaga es responsable por la pérdida de rendimiento medida.*

ción, dosis, calendario y frecuencia de aplicación forman parte de los estudios sobre pérdida de rendimientos. No hay necesidad de evaluar gran número de recomendaciones para el posible control de insectos o seleccionar insecticidas o evaluar las dosis en el emplazamiento. Allí, la tarea de los investigadores es emplear el conocimiento sobre efectividad del insecticida, pérdidas de rendimiento observadas, tiempo, métodos y dosis de insecticidas, resistencia varietal, y costos de los insecticidas para llegar a una recomendación de control económicamente eficiente y compatible con los niveles de recurso de los agricultores (Litsinger 1977).

La siguiente lista de procedimientos asegurará el desarrollo metódico del componente de control de insectos con el menor esfuerzo investigativo y la menor ambigüedad (Litsinger et al. 1980).

- a) Conocer la tecnología de control de plagas usada actualmente por los agricultores del estudio:
  - modelos de uso de insecticidas,
  - nivel actual de gasto, y
  - habilidad para usar otros métodos de control de insectos.
- b) Definir el problema para cada cultivo y para cada etapa del cultivo (véase Apéndice 2):
  - determinar la pérdida de rendimiento monetario por daño de insectos para cada etapa de crecimiento, y
  - mediante procedimientos de muestreo normalizados, identificar las plagas que causan las pérdidas de rendimiento.
- c) Escoger la tecnología apropiada para ensayar contra los principales problemas de plagas:

- insecticidas menos costosos y más efectivos,
- variedades resistentes a los insectos,
- conservación de enemigos naturales, y
- retención de controles culturales efectivos.

El Apéndice 2 ofrece un diseño experimental para determinar una recomendación apropiada de control de insectos. Este diseño es particularmente efectivo para desarrollar la estrategia de control de plagas más eficiente para cultivos en los cuales se sospechan pérdidas substanciales de rendimiento por plagas.

*Estudios administrados por los investigadores sobre recomendaciones para control de malezas* La investigación sobre el control de malezas en un emplazamiento debe establecer el grado de pérdida de rendimiento atribuible a las malezas, determinar si el agricultor controla adecuadamente sus malezas, e identificar el grado requerido de control de malezas. Deben determinarse también métodos eficientes de control para los cultivos que se introducen o que difieren substancialmente de los existentes en el emplazamiento en su interacción con las malezas. A menudo, los cambios en el método de establecimiento (siembra de arroz seco), tiempo de siembra, o ubicación del cultivo en secuencia o combinación pueden cambiar materialmente las exigencias para el control de malezas.

Debido a que los campos varían considerablemente tanto en intensidad como en tipo de maleza, los experimentos superimpuestos en los arreglos de cultivo del agricultor o en los arreglos de cultivo experimentales son con frecuencia el método de investigación preferido. Ellos permiten un tamaño mayor de parcela y un muestreo más amplio de las variaciones, de campo a campo. En el Apéndice 3 se discuten los usos de las pruebas superimpuestas y administradas por los investigadores para el desarrollo de recomendaciones sobre control de malezas.

*Pruebas de variedades* El desempeño de las variedades es bastante estable dentro de los complejos ambientales y, a menudo, a través de éstos en un mismo emplazamiento. Sin embargo, las variedades pueden desempeñarse de manera totalmente diferente cuando se cambian los métodos de establecimiento y las estaciones de cultivo. Por ejemplo, puede ser necesario probar tanto un frijol mungo pre-monzón como un frijol mungo post-monzón, y las mejores variedades para la siembra en seco no son generalmente las mejores para el arroz transplantado.

El desempeño varietal es por tanto mucho menos sensible a la variación campo a campo. Por esta razón, la forma más eficiente de probar variedades para todos los tipos de cultivo en un emplazamiento es seleccionar un campo representativo de un complejo ambiental y replicar allí las pruebas administradas por los investigadores. El Apéndice 4 ofrece ejemplos detallados de pruebas de variedades para varios cultivos.

*Informe de resultados de pruebas administradas por investigadores* La mayor parte de los países operan diversos emplazamientos de investigación. La comparación de resultados entre los distintos emplazamientos dentro de un país a lo largo de distintas redes de sistemas de cultivo arroja datos importantes sobre los efectos de los distintos medios en el desempeño de las variedades, las prácticas de control de insectos y otros aspectos de la tecnología de componentes que comúnmente se evalúan en cada emplazamiento. Los resultados de la investigación deben ir acompañados de la descripción adecuada del emplazamiento

para ofrecer pautas sobre las razones que se asocian con las diferencias encontradas. El Apéndice 4 ofrece un ejemplo de la información de base (registro del terreno y del manejo para la prueba de variedades) propuesta por el Grupo de Trabajo sobre Sistemas de Cultivo para las pruebas manejadas por los investigadores.

## **Equilibrio entre Actividades en el Emplazamiento**

El equipo de investigación en un emplazamiento es el instrumento de la investigación en sistemas de cultivo. Es el contacto entre la estructura de la investigación agrícola y la realidad en la finca. El equipo de campo debe reconocer esta realidad en términos de los diferentes complejos ambientales con base en la topografía, las diferencias en textura, las características de irrigación y drenaje, y la inclinación del terreno.

Los miembros del equipo también deben recibir instrucción en realización de encuestas de finca para determinar su base de recursos e identificar las prácticas de manejo existentes y su relación con factores ambientales importantes en el emplazamiento. Ellos deben relacionarse con los agricultores y ser capaces de interpretar sus comentarios, además de ejecutar los análisis e interpretar los experimentos.

El equipo debe ser estimulado para convertirse en una unidad interdisciplinaria fuerte que formule hipótesis sobre el tipo de tecnología de producción requerida en los distintos complejos ambientales de los emplazamientos. Las hipótesis deben ser continuamente confrontadas con las observaciones diarias en los terrenos de los agricultores, en los terrenos de pruebas, en las pruebas superimpuestas y en las pruebas administradas por los investigadores.

La comunicación entre los miembros del equipo es de extrema importancia. El desarrollo de vínculos interdisciplinarios fuertes ayudará al compromiso de todo el equipo en operaciones de campo que normalmente son responsabilidad de un solo miembro. Por ejemplo, todo el equipo debe participar en la encuesta o selección inicial de parcelas para las pruebas de arreglos o el diseño de pruebas específicas sobre tecnología de componentes. Los miembros deben también visitar las pruebas de manera mutua y discutir conjuntamente las implicaciones. Por ejemplo, el establecimiento de leguminosas de grano después del arroz es una área donde varias disciplinas se sobreponen. El rastrojo en pie del arroz ayuda a eliminar las plagas de las leguminosas de estación temprana. También reduce las pérdidas de agua justo después de la cosecha de arroz, lo cual, junto con una siembra de labranza mínima, puede conservar la humedad residual del suelo.

La omisión de la labranza exige el desarrollo de técnicas de siembra especiales y la evaluación de los requerimientos para el control de malezas. Donde las técnicas de siembra requieren mano de obra substancial o equipo especializado, debe tenerse en cuenta la opinión de los economistas sobre la aceptación o la limitación de gasto de los agricultores.

Como resultado de estudios, los arreglos de cultivo y los experimentos de los agricultores en el emplazamiento, el equipo se convierte en una fuente segura de información sobre el comportamiento de las técnicas de producción alternativas en ese medio. Por tanto, puede contribuir en buena parte a las decisiones sobre el futuro de la investigación en el emplazamiento. Por tanto, el equipo

debe participar en la definición de prioridades de investigación para el emplazamiento y en la planificación de los experimentos y encuestas, que generalmente se hacen en reuniones nacionales y regionales. Tales reuniones proveen además una oportunidad importante para discutir con investigadores de distintas disciplinas los cuellos de botella identificados en la administración.

Es particularmente importante que el equipo esté en consulta con el personal local de extensión y de irrigación. Los administradores locales de las organizaciones responsables por estos sectores deben participar en la toma de decisiones sobre el establecimiento del emplazamiento investigativo. El personal de tales organizaciones puede ser una guía valiosa en la selección de los agricultores que van a cooperar, ofrecer detalles sobre la historia tecnológica del emplazamiento y asegurar que la investigación necesaria es valiosa para los investigadores en sistemas de cultivo.

El esfuerzo relativo que el equipo de investigación debe invertir en la descripción ambiental de las pruebas de arreglos de cultivo, las pruebas superimpuestas, las pruebas administradas por investigadores y la observación de los campos de los agricultores depende de lo que inicialmente se conozca sobre el emplazamiento, el número de años que el equipo ha estado activo en este lugar

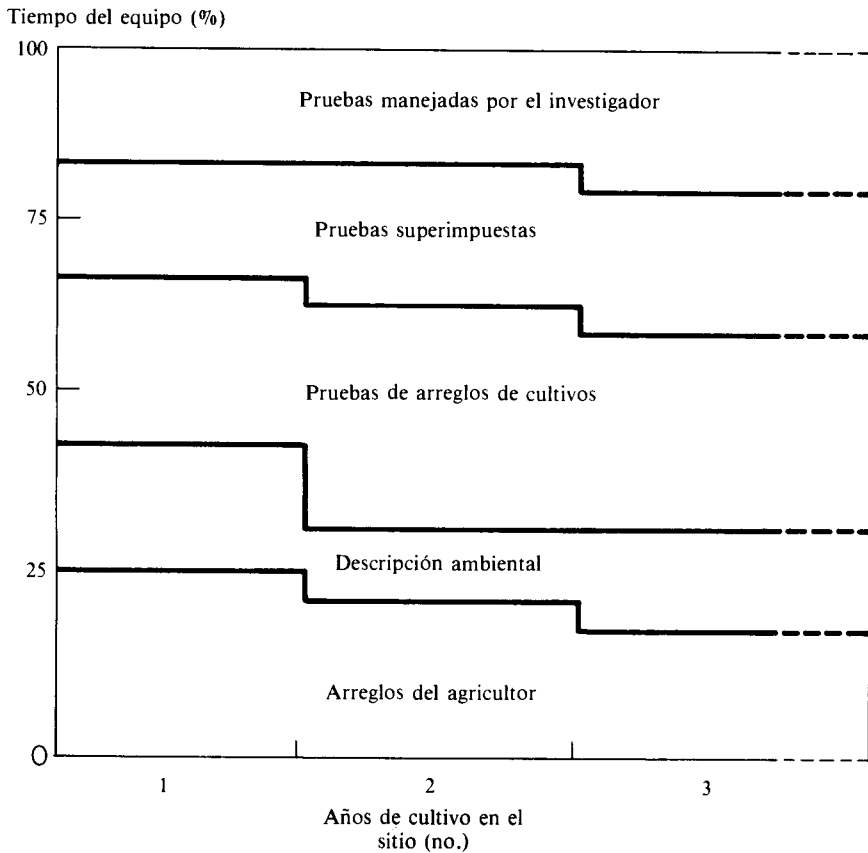


Fig. 3. Sugerencia de asignación porcentual de tiempo para el equipo de investigación relacionado con un emplazamiento para cada uno de los cinco componentes de investigación del emplazamiento.



y el tipo de problemas de producción encontrados. Los equipos de investigación no deben sobrecargarse con demasiadas pruebas.

Normalmente las pruebas de arreglo de cultivos deben dominar las actividades de investigación en el emplazamiento (Fig. 3). Durante el primer año el equipo debe realizar, aparte de los experimentos sobre arreglo de cultivos, pruebas sobre control de insectos manejadas por los investigadores (método rendimiento-pérdida), variedades, control de malezas y respuestas a insumos importantes de fertilización. Las pruebas superimpuestas avalúan la necesidad de cambios en la tecnología de componentes asignada a los arreglos de cultivo.

En los años subsiguientes, las pruebas manejadas por los investigadores no deben normalmente superar el nivel original. La investigación debe centrarse en los ensayos en arreglos de cultivos y en ensayos superimpuestos. Donde se identifiquen problemas complejos, los investigadores del sitio deberán buscar asesoría de los científicos de las estaciones experimentales e involucrarlos en la solución.

La evaluación de los arreglos de los agricultores continúa a lo largo de toda la actividad investigativa del sitio pero habría que cuidarse de no dedicar demasiado tiempo a ello. La carga de recolección de datos para la observación de los arreglos de cultivo puede reducirse a menudo después de los primeros años porque las medidas de mano de obra requerida pueden basarse en estándares para las operaciones más comunes. La descripción ambiental se destaca durante los primeros años debido a los estudios de base. Como se señaló al hablar de la descripción del sitio, el trabajo de campo para los estudios de base demanda la mayor parte del tiempo del equipo durante los dos o tres meses antes de la reunión para diseñar el arreglo de cultivo. Luego de este paso, continúa a una intensidad menor durante el primer año y los años siguientes debido a los estudios especiales diseñados para proveer la información adicional requerida para el diseño de arreglos de cultivo y la evaluación del desempeño.



## Capítulo 5

# Experimentación

Al comenzar la prueba de un arreglo de cultivos, los agricultores que participan reciben instrucciones sobre el manejo de los arreglos experimentales que, se les aclara bien, son experimentos, no demostraciones. Los agricultores reciben entonces información sobre las tareas de recolección de datos que se comparten con el personal local de investigación.

La etapa de experimentación inicia un proceso de comunicación personal basado en reuniones frecuentes con los agricultores, el cual continúa a lo largo del año de cultivo. Los arreglos existentes de los agricultores se evalúan independientemente para obtener la base de comparación con los arreglos experimentales. Esta etapa incluye también un componente de investigación sobre tecnología que puede usar experimentos superimpuestos parcialmente manejados por los agricultores, o pruebas replicadas en pequeñas parcelas establecidas y mantenidas por el equipo de investigación. La investigación puede consistir en pruebas sobre niveles de insumo diferentes de los usados en los arreglos de cultivo o en un estudio detallado de problemas críticos de producción identificados en el emplazamiento.

### Experimentación con los Arreglos de Cultivo

Los arreglos de cultivo se prueban en los campos de los agricultores para verificar las suposiciones hechas en el proceso de investigación, en particular aquellas de la etapa de diseño. Las suposiciones son:

- El sistema propuesto es biológicamente adecuado para un complejo ambiental importante en el emplazamiento. Por tanto, los rendimientos de los cultivos del arreglo deben ser adecuados y estables.
- Se puede satisfacer el requerimiento del sistema en cuanto a recursos económicos, como efectivo, mano de obra y energía.
- Los componentes de manejo del arreglo específico son económicamente eficientes.
- El sistema satisface los criterios relacionados de desempeño económico.

### Criterios de Desempeño

El primer paso del proceso de experimentación es definir criterios satisfactorios de desempeño (Fig. 1). Para ser útil, estos criterios no deben requerir computaciones complejas. Sin embargo, deben estar condicionados por el costo de los factores de producción prevalcientes en el emplazamiento y por el conocimiento que se tenga sobre la toma de decisiones de los agricultores. Generalmente, los criterios de desempeño son de dos tipos:

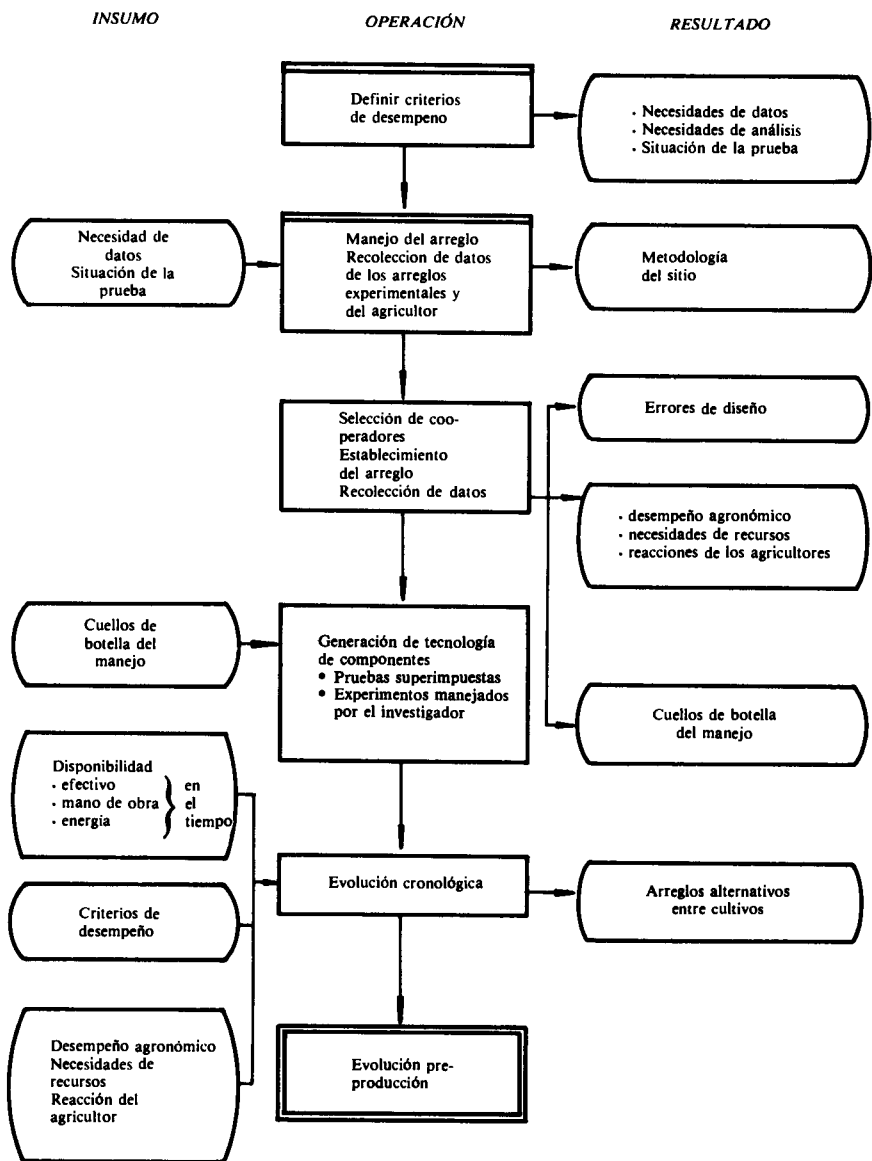


Fig. 1. Operaciones involucradas en la prueba de arreglos de cultivo, incluyendo los requerimientos de información y los resultados.

- Aquellos relacionados con los objetivos de producción y los requerimientos de recursos (criterios de disponibilidad).
- Aquellos relacionados con las productividades de los recursos o con los costos del producto (criterios de productividad).

En el primer grupo los criterios se expresan por una cantidad sencilla; por ejemplo, el arroz que debe producirse para satisfacer las necesidades de una familia agrícola, o las limitaciones de tierra, mano de obra o disponibilidad

de efectivo para la producción de un cultivo. Algunos criterios comunes de disponibilidad son:

- cantidades mínimas de arroz o de otros alimentos corrientes necesarias para el consumo de la familia;
- insumos máximos de efectivo requeridos para el arreglo, un cultivo, o una tecnología de componentes (por ejemplo, control de plagas);
- insumos máximos de mano de obra durante los períodos críticos o en actividades específicas (por ejemplo, desyerbe o cosecha);
- cantidad máxima de crédito requerida por un cultivo o por un arreglo de cultivos; y
- límites del riesgo que no puede exceder un cultivo o un arreglo de cultivos.

Los criterios de desempeño en el segundo grupo son los criterios de productividad, expresados como proporción entre una medida de los objetivos del arreglo de cultivos y una medida de los recursos necesarios para alcanzarlos:

$$\text{Criterios de productividad} = \frac{\text{objetivo}}{\text{recursos usados}}$$

Los objetivos y los recursos especificados en la proporción bien pueden ser medidas agregadas que se aplican a todo el arreglo de cultivos, o medidas parciales que se aplican a un componente de cultivo o a un solo recurso usado en el proceso de producción (Cuadro 1). Esto puede llevar a proporciones tales como el grano producido por milímetro de lluvia o ganancias netas por hora del tiempo del agricultor (Cuadro 2).

Los criterios de desempeño deben ser formulados de tal manera que destaquen la productividad de los recursos considerados críticos en la región. Un criterio de desempeño importante puede, por ejemplo, ser el rendimiento a la mano de obra contratada durante los períodos de requerimiento máximo de mano de obra.

Algunos criterios de productividad comúnmente usados son:

- rendimiento por hectárea para cada cultivo;
- rendimientos de los costos variables por hectárea;
- rendimientos de los insumos materiales y mano de obra por hectárea para el arreglo de cultivos; y
- rendimientos de la empresa agrícola.

Los beneficios a la empresa agrícola ofrecen un estimativo inicial útil del beneficio general que la familia agrícola deriva del arreglo del cultivo. Evalúa los rendimientos netos que la unidad agrícola obtiene de los recursos bajo su control — uso de la tierra poseída, tiempo del agricultor, mano de obra familiar incluyendo la de intercambio, agua, luz diurna, e implementos agrícolas.

La evaluación de los desempeños sigue el cálculo de los criterios de desempeño (parte baja de la Fig. 1). Los criterios calculados a partir de los arreglos experimentales se comparan con aquellos que se obtienen de los arreglos de los agricultores o con índices más generales de disponibilidad o productividad prevalecientes en el emplazamiento. En esta forma, la producción de arroz del arreglo puede ser evaluada frente a los requerimientos familiares. El requerimiento de efectivo puede compararse con su disponibilidad, el de crédito con la capacidad del agricultor para endeudarse, y el de mano de obra durante la producción con aquel de los arreglos existentes o con los índices de disponibilidad de mano de obra general durante ese mismo período.

Cuadro 1. Ejemplos de objetivos y recursos usados comúnmente en la formulación de criterios de desempeño para arreglos de cultivo.

Objetivo	Recurso
Calorías	Mano de obra ardua (h, día)
Ganancias netas desechables	Mano de obra agosto + septiembre (h, día)
Ganancias brutas	Efectivo (unidad)
Mano de obra generada	Costo de insumos
Mano de obra ahorrada	Energía (cal)
Ganancias netas	Mano de obra familiar (h, día)
Proteína	Mano de obra propia de la finca (h, día)
Producción de arroz	Energía fósil (cal)
Riesgo	Mano de obra de cosecha (h, día)
Rendimiento	Mano de obra contratada (h, día)
	Agua de irrigación (ha/m)
	Tierra (ha)
	Mano de obra ligera (h, día)
	Tiempo del administrador (h, día)
	Nitrógeno, fósforo, insecticida (kg.i.a.)
	Precipitación (mm)
	Mano de obra total (h, día)
	Búfalos de agua (h)
	Mano de obra para desyerbar (h, día)

Cuadro 2. Rendimientos de grano y beneficios netos por milímetro de lluvia de 11 arreglos de cultivo en una área arrocerá irrigada, Iloilo, 1975.<sup>a</sup>

Arreglo de cultivos	No. probado	Rendimiento total (kg. grano/mm)	Beneficio <sup>b</sup> (US\$/mm)
Arroz	10	1,7	0,12
Arroz - maíz	8	3,3	0,15
Arroz - sorgo	3	3,2	0,16
Arroz - maíz/maní	2	2,7	0,50
Arroz - maíz/fríjol mungo	2	2,1	0,09
Arroz - fríjol mungo	9	2,2	0,12
Arroz - caupí	10	2,2	0,10
Arroz - soya	6	2,0	0,07
Arroz - maní	6	2,1	0,34
Arroz - arroz	31	4,5	0,32
Arroz - arroz - leguminosas	13	4,7	0,29

<sup>a</sup>La precipitación durante la estación de cultivo varió de 1882 a 2114 mm entre los emplazamientos.

<sup>b</sup>Beneficios sobre costos variables, incluyendo mano de obra familiar y de intercambio, pero excluyendo costos de la tierra.

La evaluación de desempeño de los criterios de productividad sigue los mismos principios (Fig. 1). Los rendimientos de los insumos materiales o de la mano de obra pueden ser comparados con aquellos obtenidos con los patrones existentes o con los índices generales de productividad de efectivo y mano de obra prevalecientes en la región. De igual manera, el rendimiento por milímetro de lluvia puede ser evaluado frente a los rendimientos obtenidos con otros cultivos durante el mismo período, y la respuesta en rendimiento de los insumos puede compararse con aquella obtenida por los agricultores o por los investigadores en otras partes.

En la sección sobre análisis de ensayos de arreglos de cultivo y en el Apéndice 6 aparecen otros ejemplos y el cálculo de criterios de desempeño seleccionados.

### **Manejo de Pruebas de Arreglo de Cultivos**

Un aspecto importante de la metodología de ensayos es la naturaleza del ensayo de arreglos en la finca — prueba de los arreglos en la finca con un manejo diseñado por el proyecto, discutido con los agricultores y ejecutado por éstos (Harwood (1975)).

- El ensayo en la finca permite la identificación de muchos problemas de manejo que no se manifiestan en las pequeñas parcelas donde el investigador tiene completo control sobre el tiempo de las operaciones y a menudo hace sutiles modificaciones de manejo para evitar problemas. Rara vez el lugar de una prueba manejada por un investigador es resultado de una selección al azar dentro de un complejo ambiental definido; a menudo se determina con el experimento en mente.
- Los conflictos de recursos entre el sistema propuesto y el sistema existente son difíciles de medir en una prueba administrada por el investigador porque los insumos de mano de obra y energía son suministrados por éste.
- La modificación de manejo que hace el agricultor de los arreglos de cultivo, particularmente el calendario de operación, son indicaciones dicientes de conflictos de recursos. Las observaciones del agricultor, aunque no sean fácilmente interpretadas, proporcionan pautas valiosas sobre el potencial y las limitaciones de los sistemas de cultivo ensayados bajo su propio manejo.
- Mediante el uso de tratamientos superimpuestos que no interfieren con la producción de cultivos de los agricultores, las alternativas a la tecnología de componentes especificada para un arreglo pueden ser evaluadas más realísticamente que en una prueba manejada por los investigadores.

La investigación con participación del agricultor requiere sin duda una estructuración cuidadosa de la situación de prueba a la cual se expone el agricultor. La experiencia ha mostrado que la relación entre el equipo de investigación y los agricultores debe estructurarse en respuesta a las características de la comunidad. Generalmente los agricultores deben ser fuertemente estimulados a participar en la investigación. En la mayoría de los sitios de investigación sobre sistemas de cultivo, los agricultores reciben del proyecto insumos como los fertilizantes y otros químicos agrícolas. De otra parte, los agricultores también deben ser estimulados a evaluar críticamente los arreglos de cultivo propuestos, y a comentar francamente sobre su desempeño y las dificultades que anticipan. En este proceso, las observaciones de los agricultores deben ser interpretadas con cuidado. Una forma práctica de evitar una mala interpretación y verificar la opinión del agricultor es hacer que el equipo de investigación le presente lo que considera que es su reacción hacia el arreglo de cultivo.

Un equipo de investigación debe estar consciente de los problemas potenciales que pueden surgir con algunos arreglos de cultivo, tales como el caso de precipitación no esperada o de los daños por ratas y aves, y considerar alternativas para tales situaciones. El equipo debe también considerar las demoras en ciertas operaciones y evaluar con los agricultores si estas ameritan modificación del arreglo de cultivos en alguno de los campos. En tal caso, el arreglo

original debe considerarse modificado y las razones para su modificación deben quedar documentadas. Cuando un cultivo falla en un arreglo, el equipo debe haber decidido anticipadamente si se protegerá a los agricultores contra las pérdidas en que puedan incurrir. En los experimentos con arreglos de cultivo los agricultores normalmente no son compensados, pero sus ganancias son generalmente muy por encima de las que hubieran tenido por fuera de los experimentos, especialmente cuando recibe los insumos materiales.

### **Diseño Experimental**

Las pruebas de arreglos de cultivos comparan arreglos que difieren en tipo y número de cultivos, método de establecimiento, calendario y manejo. Esto hace imposible probar arreglos usando réplicas de diseños experimentales de pequeñas parcelas. Puesto que el objetivo es evaluar los arreglos de cultivo con base en su desempeño en los complejos ambientales para los cuales fueron diseñados, los complejos ambientales se convierten en el área experimental y los terrenos dentro de estos complejos se convierten en las parcelas. En el diseño completamente al azar que se usa, se supone que las réplicas son un muestreo de la variación en las condiciones de campo dentro del complejo ambiental.

Estas pruebas involucran a menudo nuevos cultivos y un cambio en el tiempo de operación usado para los arreglos existentes en el área. Por esta razón las pruebas deben ser manejadas por los agricultores para evaluar su capacidad de manejo del arreglo. Esto ofrece oportunidades para identificar conflictos entre las operaciones requeridas por el arreglo y la base de recursos de los agricultores, o el clima, o las condiciones del terreno. Los arreglos de cultivo se ensayan en parcelas grandes (1000m<sup>2</sup> si es posible) para permitir la medición de uso de la mano de obra y el tiempo requerido para las operaciones realizadas en la ejecución de los arreglos. Este ensayo permite análisis precisos de costo-beneficio para los arreglos.

Se sugieren las siguientes pautas generales para el diseño de las pruebas de arreglo de cultivo:

- El equipo de investigación debe seleccionar de dos a tres complejos ambientales en los cuales centrar su investigación.
- Para cada complejo ambiental, el equipo debe seleccionar unos tres arreglos de cultivo experimental y unos dos arreglos de cultivo predominante de los agricultores para evaluación. En algunos complejos ambientales, parte de los arreglos pueden ser los mismos.
- En total cada arreglo debe replicarse por lo menos en cinco campos y en cuatro campos por complejo ambiental.

Este diseño debe ser modificado a medida que el equipo adquiere más experiencia en el emplazamiento. Durante el primer año, se pueden estudiar más de tres arreglos por complejo ambiental. Durante el segundo, el número de arreglos puede reducirse y el de réplicas aumentarse a un total por lo menos de cinco y un mínimo de cuatro por complejo ambiental. Durante el tercer año, el equipo debe centrarse en los arreglos más promisorios. Esto le permitiría aumentar el número de réplicas por arreglo a un total de seis como mínimo y cuatro por complejo ambiental (Cuadro 3). Se recomienda que el equipo de investigación maneje de 40 a 50 campos de prueba de arreglos y supervise de 15 a 30 campos con arreglos de los agricultores para un total de unos 70 campos.

*Arreglos de cultivos del agricultor* La selección de los arreglos de cultivos



Cuadro 3. Ejemplo de la variación año a año en el diseño de pruebas de arreglos de cultivos que reflejan una tendencia hacia la reducción en los arreglos experimentales y aumento en las réplicas.

Complejo ambiental	Réplicas (no.) de arreglos de cultivo												Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	11 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>		
Año 1														
1			4	5	4	5	4		4	5				31
2	4	5	4						4		4			21
3	4		4		4		4				4	5		25
Total	8	5	12	5	8	5	8		8	5	8	5		77
Año 2														
1			4	6				5	4	5				24
2	6	5	4						4		4			23
3		5	4					5			4	5		23
Total	6	10	12	6				10	8	5	8	5		70
Año 3														
1			4	6				4	4	5				23
2		6	4						4		4			18
3		6	4					4			4	5		23
Total		12	12	6				8	8	5	8	5		64

<sup>a</sup>Arreglos predominantes de los agricultores.

Cuadro 4. Ejemplo del número de campos a supervisar en tres complejos ambientales con miras a evaluar los arreglos predominantes de los agricultores como parte de la prueba de arreglos de cultivo.<sup>a</sup>

Complejos ambientales estudiados	Arreglos predominantes	Campos (no.)			
		AT	FM-AT	M-AT	AT-AT
Planicie de textura liviana	AT, FM-AT	4	5		
Llano de textura liviana	AT, M-AT	4		4	
Planicie de textura pesada irrigada parcialmente	M-AT, AT-AT			4	5
Total		8	5	8	5

<sup>a</sup>AT = arroz transplantado, FM = frijol mungo, M = maíz.

de los agricultores debe ser tal que se logre una representación adecuada del uso predominante para los complejos ambientales estudiados en el emplazamiento. Los dos tipos principales de arreglo existentes, generalmente aquellos que los investigadores aspiran a reemplazar con alternativas más productivas, deben ser seleccionados. El número de réplicas de cada arreglo por complejo ambiental es el mismo que por arreglos experimentales. El Cuadro 4 muestra cómo los arreglos predominantes de los agricultores en cada complejo ambiental se incluyen en la prueba descrita en el Cuadro 3. Un enfoque más amplio (usado en algunos emplazamientos de la red asiática) es supervisar todos los arreglos de cultivo en 12 a 48 fincas. El muestreo de fincas puede ser estratificado para que represente distintos tamaños de finca, complejos ambientales u otros factores que parezcan diferenciar la administración. El último enfoque es mucho más exigente en términos de recolección de datos y a menudo se asocia con estudios sobre métodos de prueba que emplean programación lineal u otras técnicas de presupuestación para toda la finca.

*Selección de los agricultores participantes* Los agricultores no representativos del sitio o la región deben ser excluidos. A partir del estudio de base (véase Capítulo 3, Cuadros 7-9) se pueden identificar las características más

comunes mediante la exclusión del 25% más bajo y más alto. Esto es muy importante cuando se trata del tamaño de la finca, la propiedad, el sistema dominante de cultivo, la mano de obra familiar y la tracción animal o de otro tipo. Los agricultores que participan en pruebas de arreglos de cultivo no son normalmente los agricultores escogidos en actividades de seguimiento de arreglos de cultivo de los agricultores o para mantener el seguimiento de los registros de la finca. Existe una ventaja en escoger agricultores de la periferia del sitio para el seguimiento de los arreglos de los agricultores seleccionados (mientras se tienen en cuenta las consideraciones sobre el complejo ambiental). Estos agricultores están generalmente menos recargados con las actividades del equipo del sitio y proveen un cálculo confiable del sistema de producción original por un período más largo.

### **Recolección de Datos de los Arreglos de Cultivos**

Esta sección describe los métodos de recolección de datos desarrollados para uso en la evaluación del desempeño de los arreglos experimentales y los arreglos existentes de los agricultores.

Los datos necesarios para la evaluación de los arreglos de cultivo fueron discutidos extensamente en la cuarta y quinta reunión del Grupo de Trabajo en Sistemas de Cultivo (1976b, 1977). El procedimiento de observación de los arreglos de cultivo desarrollado en estas reuniones ha sido aplicado por tres años en los sitios de la red manejados por el IRRI. La siguiente descripción de los requerimientos para la recolección de datos con destino a la prueba de arreglos de cultivo incluye modificaciones basadas en experiencias nuestras recientes. La recolección de datos está dividida en cuatro grupos de datos relacionados con el clima, las características del campo, el desempeño del cultivo y las operaciones del campo. Esto se describe con más detalle en el Apéndice 5.

*Clima* Los datos sobre precipitación diaria deben ser recogidos en el sitio. Cuando los sitios de investigación comprenden varias aldeas, hay que utilizar varios medidores de lluvia tan centralmente como sea posible en relación con los campos. El número del campo que está bajo cada medidor debe ser anotado para asegurar el registro adecuado de precipitación diaria.

Los datos adicionales se pueden recoger en las estaciones meteorológicas más cercanas. Cuando sea posible, debe incluirse la temperatura máxima y mínima, la evaporación y la radiación solar total, o alternativamente las horas de sol.

*Terreno* El registro de una parcela tiene por objeto identificar las características de la parcela y de los arreglos de cultivo que se van a sembrar en ella. El registro de la parcela se aplica al área del campo usada para la prueba de arreglo de cultivo. El área puede ocupar toda la tierra de una finca, o solo parte de ella. Idealmente, toda la parcela recibe el mismo manejo que el arreglo de cultivo que se está experimentando.

Las características de la parcela necesarias para el análisis de resultados en el sitio son: tamaño de la parcela (área), arreglo antes cultivado en el campo, niveles superior e inferior de agua subterránea, textura del suelo superior, y fuente y disponibilidad de riego.

Para comparación cruzada entre sitios y uso de resultados para estudios de extrapolación o evaluación de capacidad del uso de la tierra se requieren más datos. Estos datos adicionales son: la textura del perfil de suelos, la posi-

ción del campo en el complejo general, la clasificación oficial del tipo de suelo, el pH, datos sobre fertilidad del suelo como sea el contenido de materia orgánica, nitrógeno, fósforo, el contenido de potasio de la capa superior, las deficiencias o toxicidades de los elementos menores, y el comportamiento de expansión y compresión de la capa superior. El Apéndice 5 ofrece un ejemplo de registro de parcela y notas explicativas sobre los métodos para hacerlo. Este formulario debe completarse antes de comenzar el año de la cosecha y debe ser examinado al final para revisar los planteamientos originales en relación con el agua subterránea, el riego suplementario, el drenaje, etc., y para añadir nueva información sobre otros aspectos de ser necesario.

*Registros del cultivo* Para cada cultivo del arreglo hay que recoger una serie de datos con el objeto de identificar claramente el tipo de cultivo, la variedad, los métodos de establecimiento, las tasas de sembrado o el espaciamiento de plantas o ambos, el manejo del cultivo y su desempeño. En los cultivos mixtos hay que guardar registros de cada cultivo.

Para el desempeño de cultivo, hay que registrar la población obtenida, las pérdidas en rendimiento por malezas, enfermedades y plagas; la fecha de cosecha, y el rendimiento. Un ejemplo del registro de cultivo desarrollado como parte del control completo de arreglos de cultivos es el que aparece en el Apéndice 5 con notas de índole exploratorio.

### **Registro de las Operaciones de Producción de Cultivo**

En esta sección se discute la recolección de datos para cada operación, insumos materiales, fuente de energía, y cultivo producido. Un ejemplo de formato para el registro de las operaciones de la parcela es el del Apéndice 5 que permite incluir el tipo de operaciones así como la mano de obra e insumos materiales asociados con la tierra, el establecimiento de cultivos, su cuidado y su recolección. Por ser la mano de obra un insumo importante y altamente variable entre las parcelas, se discute primero.

*Horas de mano de obra* Muchos son los métodos para registrar el uso de mano de obra. El más sencillo es sumar las horas de trabajo y multiplicarlas por el número de trabajadores. Tres personas que trabajan dos horas cada una trabajarán un total de seis horas. Una suposición implícita en este sistema es que todos los individuos dedicados a un oficio particular trabajan la misma cantidad. Si éste no es el caso, se pueden emplear equivalencias por persona pero habrá que hacerlo para todo el estudio.

Al anotar las horas de trabajo hay la cuestión de qué horas anotar. Un hombre deja su casa a las 6:00 a.m. y llega al campo a las 6:30. Ara hasta las 9:30, descansa 30 minutos, continúa arando hasta las 11:30 y regresa a casa al mediodía. ¿Cuántas horas ha arado? La respuesta puede variar de 4,5 a 6 horas, pero el procedimiento normal es registrar los momentos en que empieza y termina la operación en el campo, incluyendo los descansos normales. El traslado hacia y desde el campo no debe ser excluido, así que deben registrarse 5 horas.

El día de trabajo generalmente aceptado es de 8 horas. Poco se gana con escoger otra norma excepto confusión. Las equivalencias de horas de trabajo se basan en la habilidad de una persona para desempeñar trabajo físico fuerte. Muchas operaciones en la producción de un cultivo no requieren gran fortaleza física. El uso de estas equivalencias-hombre puede producir una seria subes-

timación de los requerimientos de mano de obra. Muchas niñas de 14 años pueden transplantar y cosechar tanto arroz como un hombre en un día normal de trabajo. Exceptuando estudios especiales, no se recomienda usar estas equivalencias como unidad para medir mano de obra.

Aparte de los costos, cada operación en la parcela puede definirse mediante cuatro tipos de información:

- fecha en que se realiza la operación,
- tiempo de mano de obra requerido para ello,
- tipo y cantidad de material usado, y
- fuente de energía.

Para ciertas operaciones, pueden emplearse tiempos normalizados:

- Limpieza de residuos* Se registran las horas necesarias para limpiar el campo y se carga al próximo cultivo.
- Arado, rastrillado y preparación de almácigos* De ser posible, se deberán registrar las horas reales incluyendo los períodos de descanso normal. El registro del número de aradas o rastrilladas es subjetivo, pero un enfoque sencillo es asumir que una arada incluye cualquier número de pasadas mientras no haya un descanso de dos o más días. En el análisis se empleará el número total de horas a menos que se consideren aspectos detallados del proceso de arado o rastrillado.
- Siembra y transplante* Estas operaciones varían menos en requerimientos de tiempo y tiempos normales porque se puede establecer y usar un tipo particular de siembra.
- Replante y poda* Se necesita el tiempo real.
- Fertilización* El tiempo empleado en fertilización es un porcentaje tan bajo del total que tres normas son suficientes — basal, superficial temprano, superficial tardío. Cuando existen métodos especiales de colocación, se registra el tiempo real usado.
- Aplicación de químicos para el control de plagas* Cuando el cultivo es bajo (arroz) use un requerimiento de mano de obra estándar, y cuando es alto (maíz, yuca, etc.), use un segundo. El tiempo requerido para la aplicación de herbicidas es probablemente el mismo sin importar la altura de la planta. Todas las otras operaciones de control de plagas (particularmente el desyerbe manual) deben registrar las horas de trabajo real.
- Recolección* Incluye corte o recolección de frutos y traslado del producto desde el campo. Excluye el trillado, el aventado, la selección o cualquier operación subsiguiente.

**Materiales** El tipo y la unidad de medición de los materiales deben ser especificados claramente, de lo contrario sus costos no pueden ser computados correctamente. Por ejemplo, es necesario especificar el tipo de fertilizantes (úrea, sulfato de amonio, etc.), la unidad de medición (kg, bolsas, etc.), y el porcentaje de ingrediente activo. El precio (y por tanto el costo), está relacionado con el tipo de material y la unidad de medición.

**Energía** La cantidad de horas de energía empleadas debe incluir el descanso de los animales pero no el traslado hacia y desde el campo. Anotar si la fuente de energía es animal o un tractor de dos o cuatro ruedas.

**Resultados** La producción por parcela puede obtenerse mediante el uso de una área de muestra o la medida de rendimiento de una parcela completa,

o ambas cosas. Usualmente, los cálculos basados en el área de muestra (o corte de cosecha) son 10 a 20% más altos que el rendimiento total de la parcela. Cualquiera que sea el método escogido, todas las parcelas deben ser manejadas de la misma forma. Hay que revisar todos los productos que tienen valor porque ellos deben ser considerados como parte de las ganancias brutas.

**Precios** Normalmente los precios no se registran como parte de la observación del arreglo de cultivos. Los precios usados en el análisis deben ser los precios en la puerta de la finca. Para insumos como los fertilizantes, el costo de transporte (del vendedor a la finca) debe ser agregado al precio pagado al vendedor. Si los vendedores están cerca, puede ignorarse. Generalmente los precios de los insumos materiales pueden tomarse como constantes a través de los meses en los años del cultivo.

De manera similar, el precio de los productos debe ser lo que el agricultor puede obtener si los vende en la finca en el momento de la cosecha; si los productos se venden generalmente en un mercado y los costos de transporte son substanciales, hay que considerarlos de manera explícita y deducirlos del precio de mercado para obtener el precio en la puerta de la finca. El método más sencillo para obtener precios realistas de los productos es averiguar el precio semanal en los centros de mercado cercanos durante la cosecha de los cultivos incluidos en los arreglos experimentales de los agricultores. El precio en la puerta de la finca por periodo puede entonces calcularse mediante la sustracción del costo de transporte hasta el mercado.

**Salarios** Los diferentes cultivos y técnicas de manejo implican diferentes tasas de requerimientos de mano de obra para las varias operaciones. Por ejemplo, la siembra directa de semilla de arroz se asocia a menudo con mayores requerimientos de mano de obra para el desyerbe y menos para la siembra cuando se compara con el arroz transplantado. Si la tasa salarial para desyerbe es distinta de aquella para transplante, los costos variables para estos métodos de establecimiento se ven afectados. Para facilitar el análisis, el valor de la energía de tracción, ya sea animal o de máquina, se incluye con la mano de obra del operador en la preparación de la tierra. Obviamente, el costo por hora de preparación de tierra con energía mecánica o animal difiere de la tasa por persona que trabaja con un instrumento manual y la diferencia debe reflejarse en precios distintos. La preparación de la tierra por hombre y máquina cuesta más que aquella por hombre y animal.

Un sencillo paso inicial hacia los precios variables debe ser la incorporación de distintas tasas de salario por operación. Las tasas para los cultivos comunes en un emplazamiento pueden ser identificadas mediante distintas técnicas, por ejemplo entrevistas con unos 10 agricultores, o entrevistas con informantes claves como los líderes comunales. El Cuadro 5 muestra cómo resumir la información dada por 10 agricultores en el caso de un cultivo particular.

A menudo los agricultores de un emplazamiento tienen calendarios similares de cultivo para los sistemas existentes y preparan la tierra, desyerban y cosechan más o menos al mismo tiempo. Las tasas de compensación de mano de obra estacionalmente variables se reflejan en la variación de los costos de mano de obra asociados con las operaciones. La forma de compensación puede diferir por operación. Los cosechadores, por ejemplo, reciben a menudo una cuota del producto. El trabajo de desyerbe se paga a menudo en efectivo, con o sin la provisión de alimento o de cuota del cultivo.



*La prueba manejada por el investigador se usa para evaluar la respuesta diferencial de nitrógeno en un cultivo de arroz seco sembrado después de sorgo y caupí.*

Las tasas de salario obtenidas para cada operación pueden ser usadas directamente en el análisis de costo y beneficio de los arreglos más comunes de los agricultores. Estos salarios se usan para operaciones asociadas con cultivos en los arreglos experimentales de cultivo que son del mismo tipo y que se presentan más o menos al mismo tiempo que los arreglos de los agricultores. Cuando la operación difiere mucho de cualquier operación en los arreglos existentes, hay que escoger una tasa de salario que refleje el tipo de operación y la demanda de mano de obra en ese momento.

### **Análisis de los Experimentos de Arreglo de Cultivos**

El análisis de los experimentos de arreglos de cultivos abarca el desempeño agronómico y económico de los arreglos dentro de los complejos ambientales y debe realizarse cada año. Debido a las diferencias anuales de clima, costos de insumos y precios de los productos, se pueden necesitar resultados de varios años para lograr una evaluación confiable de los resultados de los experimentos. Al considerar cuidadosamente los cambios en clima y precios, los investigadores pueden sopesar su evaluación de los resultados de los experimentos para obtener un mejor estimativo del desempeño de los arreglos bajo las condiciones más comunes del sitio.

Para comparar el desempeño de los diversos tipos de arreglo se pueden emplear sencillas pruebas de  $T$  para establecer si existen diferencias. Al combinar los arreglos en diferentes grupos dentro y a lo largo de los complejos ambientales, se pueden hacer diversas comparaciones que dan al investigador una idea de la importancia estadística de las diferencias encontradas. Criterios impor-

Cuadro 5. Muestra de una computación de salarios por operaciones de cultivo a partir de una encuesta a 10 agricultores.<sup>a</sup>

Entrevista no.	Salario (M) pagado por 1 día (8 h) de trabajo												
	Preparación de tierra (persona más animal)			Transplante			Desyerbe			Cosecha			
	Efectivo pagado	Valor de la alimentación	Valor total <sup>b</sup>	Efectivo pagado	Valor de la alimentación	Valor total	Efectivo pagado	Valor de la alimentación	Valor total	Efectivo pagado	Valor de la alimentación	Valor de la cuota del cultivo	Valor total
1	15	5	20	5	5	10	7	0	7	0	5	16	21
2	12	5	17	5	3	8	5	0	5	0	3	8	11
3	20	0	20	4	3	7	8	0	8	0	6	32	38
4	18	3	21	4	5	10	4	5	9	0	8	10	18
5	12	7	19	5	3	8	6	0	6	0	3	20	23
6	17	0	17	7	0	7	5	4	9	0	6	15	21
7	12	10	22	4	2	6	7	0	7	0	4	10	14
8	25	0	25	5	4	9	5	0	5	0	7	11	18
9	10	7	15	5	6	11	7	0	7	0	7	16	23
10	12	7	19	5	2	7	5	3	8	0	6	9	15
Total			195			83			71				202
Prom/día (83 ÷ 10)			19,5			8,3			7,1				20,2
Prom/h (83 ÷ 8)			2,4			1,0			0,9				2,5

<sup>a</sup>Los cosechadores reciben una cuota de la cantidad que ellos cosechan. La información sobre la cuota normal de un trabajador adulto por 1 día se obtuvo de los entrevistados.

<sup>b</sup>Este valor representa la compensación a una persona más animal. Se asume que el salario de una persona sola que ara con un animal es la mitad del valor total.

tantes para evaluar el desempeño de un arreglo son el tamaño de la variación en rendimiento y las medidas económicas de cada cultivo y del arreglo total. El desempeño de los cultivos individuales y de los arreglos debe ser comparado dentro y a lo largo de los complejos ambientales estudiados en el sitio. El estudio detallado de los promedios y las desviaciones estándar para estas formas alternativas de agrupación de resultados de los experimentos con arreglos ofrece una perspectiva útil.

*Desempeño agronómico* El primer paso en el análisis de un experimento de arreglo de cultivos es la comparación del número y tipo de arreglos realizados con aquellos realmente diseñados. Los agricultores pueden haber cambiado ciertos cultivos componentes o técnicas de establecimiento del diseño original. El fracaso de un cultivo (dejar de sembrar es un cambio en el arreglo) debe ser evaluado en todos los arreglos. El Cuadro 6 compara los arreglos diseñados y los ejecutados para cada complejo ambiental y señala los problemas de adaptación.

La comparación entre los arreglos propuestos y los realmente ejecutados muestra que el arreglo arroz-arroz-arroz en un complejo ambiental de nivel freático superficial y el arreglo maíz-arroz-cultivo de ladera en un complejo ambiental de nivel freático profundo son los mejor adaptados. El arroz-arroz-cultivo de ladera tuvo éxito más frecuentemente en el complejo ambiental de nivel freático superficial que en el profundo.

En un estudio de cada cambio en el arreglo de cultivos o de cada fracaso de un cultivo tendiente a identificar la causa debe tenerse en cuenta que años con características particularmente extrañas pueden producir el fracaso de un arreglo normalmente aceptable.

El fracaso de un arreglo puede estar asociado con el complejo ambiental. Cuando existe esta sospecha, hay que comparar los arreglos diseñados ejecutados en los diversos complejos ambientales. Las causas del fracaso de un arreglo pueden dividirse en aquellas que se relacionan con lo apropiado del clima y del complejo ambiental y aquellas que se relacionan con problemas de manejo. La falta de lluvias tempranas puede retardar tanto el establecimiento del primer cultivo que los agricultores decidan no sembrar una segunda cosecha. Como se ve en el Cuadro 7, los campos que se siembran temprano tienen mucha más oportunidad de completar el arreglo propuesto de 3 cultivos que los campos que se establecen más tarde. Más aún, registros de precipitación a largo plazo en el sitio de la investigación demuestran que, para asegurarse del desempeño apropiado de los arreglos de cultivo del arroz seco y del arroz transplantado, la primera cosecha debería sembrarse antes del primero de mayo.

Los análisis adicionales de los rendimientos individuales o de las operaciones de cultivo pueden con frecuencia indicar relaciones importantes para el diseño futuro de arreglos de cultivo. Estas relaciones pueden obtenerse a partir de comparaciones de:

- rendimientos y fechas de siembra,
- rendimientos y precipitación durante el período de crecimiento o partes del mismo,
- precipitación acumulada y épocas de siembra o preparación de tierra, o
- período de descanso entre dos cultivos.



Cuadro 6. Ejemplo de la comparación de los arreglos propuestos y ejecutados en la prueba de arreglos de cultivo, Manaoag, Pangasinan, Filipinas, 1977-78.

Arreglo de cultivos	Arreglos (no.)			
	Capa freática superficial		Capa freática profunda	
	Propuesto	Ejecutado	Propuesto	Ejecutado
Arroz-arroz-cultivo de ladera	31	14	21	3
Maíz-arroz-cultivo de ladera	0	—	17	12
Arroz-arroz-arroz	9	8	0	—
Arroz-arroz-barbecho	0	5	0	9
Arroz-cultivo de ladera	0	13	0	13
Arroz-barbecho	—	—	—	1
Total	40	40	38	38

Cuadro 7. Tiempo de establecimiento del arreglo en relación con la factibilidad de un arreglo propuesto de 3 cultivos.<sup>a</sup>

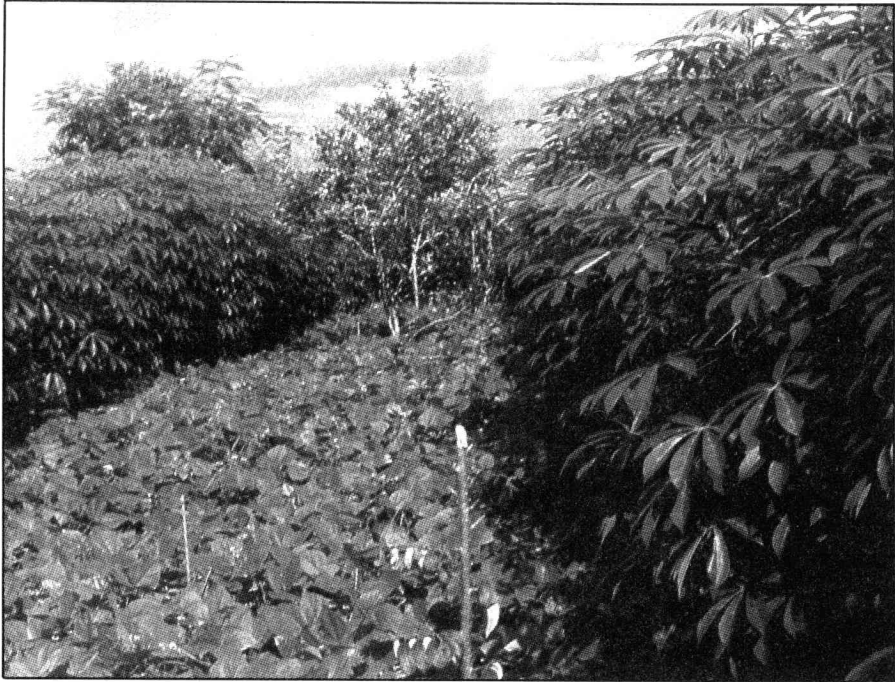
Tiempo de siembra	Arreglos ejecutados (no.)		
	AS-AT-CA	AS-AT	AS-CA
Antes del 31 de mayo	13	6	5
Después del 31 de mayo	3	10	11

<sup>a</sup>AS = arroz seco, AT = arroz transplantando, CA = cultivo de ladera

Los investigadores también pueden tener interés en comparar la productividad potencial de los complejos ambientales que han seleccionado. Esto puede hacerse comparando la productividad y la varianza en la productividad de los arreglos de mejor desempeño en cada complejo ambiental como medida del potencial de los arreglos en tal complejo.

Otro análisis importante de los arreglos es la comparación del desempeño del mismo cultivo en diferentes arreglos. El mismo cultivo en este contexto significa aquel que se establece en la misma forma y aproximadamente al mismo tiempo durante la estación de cultivo, pero puede ser precedido o seguido por un cultivo diferente y ser parte, por tanto, de arreglos distintos. Resulta útil reunir los resultados de cada cultivo y compararlos. Esto permitirá una comparación más válida de los efectos que los complejos ambientales (Cuadro 8) y los cultivos previos tienen sobre el desempeño del cultivo que está siendo evaluado.

Además de medir el desempeño de varios arreglos alternativos, la etapa de experimentación indica la capacidad del equipo para diseñar arreglos mejorados para cada complejo ambiental estudiado en el sitio. También permite evaluar el grado en que los determinantes del arreglo, usados como variables estratificadoras en los diversos complejos, explican las diferencias en la adaptación del arreglo y serán usadas para futuras recomendaciones. Así, los resultados de los ensayos pueden llevar a modificaciones en la descripción del sitio mediante un cambio en la definición del complejo ambiental. La prueba de arreglos de cultivo en la finca arroja claves importantes sobre las limitaciones tecnológicas al aumento de la producción, tales como períodos largos de descanso entre las cosechas (Cuadro 9); falta de técnicas para el establecimiento de cultivos en campos de arroz previamente anegados; efectos patológicos y alelopáti-



*Las técnicas del cultivo intercalado permiten un uso más intensivo de la tierra en campos áridos. Esta es la etapa yuca/arroz de un arreglo arroz + maíz + (yuca/arroz).*

cos de sembrar cultivos en secuencia; control de malezas en el arroz seco; fertilización de cultivos de secano plantados con labranza en la humedad residual del suelo; y el retoño de las variedades de arroz. En el Cuadro 9 la comparación del período entre la cosecha del arroz pregerminado y siembra del arroz transplantado como métodos de establecimiento del segundo cultivo en arreglos de arroz-arroz muestra que el período que va de la cosecha del primer cultivo de arroz a la siembra del segundo es más largo en los campos donde se transplanta que en los campos donde se siembra pregerminado.

Cuadro 8. Ejemplo de participación del rendimiento del arroz según determinantes del complejo ambiental. Los rendimientos promedios, afectados por determinantes usados en la clasificación del complejo ambiental, muestran que los rendimientos del primer cultivo de arroz fueron altos, mientras que los rendimientos del segundo cultivo fueron bajos, pero mejores en campos con texturas pesadas y niveles freáticos superficiales que en campos con texturas livianas y niveles freáticos profundos.

Cultivo	Rendimiento promedio (t/ha)			
	Nivel freático superficial	Nivel freático profundo	Texturas <sup>a</sup> pesadas (a, al, fa)	Texturas <sup>b</sup> livianas (fla, fl, far, f)
1 <sup>a</sup> cosecha de arroz	4,6	5,6	4,8	4,9
2 <sup>a</sup> cosecha de arroz	2,6	1,3	2,2	1,3

<sup>a</sup>a = arcilla, al = arcilla limosa, fa = franco arcilloso.

<sup>b</sup>fla = franco limo-arcilloso, fl = franco limoso, far = franco arenoso, f = franco.



*La siembra sin ninguna labranza de cultivos de zonas áridas ahorra la humedad del suelo y el tiempo de crecimiento.*

*Evaluación económica del desempeño del arreglo* Esta sección describe métodos para comparar los arreglos experimentales con los existentes con el fin de juzgar la aceptabilidad de los resultados de la investigación para los agricultores. Las comparaciones, sin embargo, no son sustituto para los comentarios consignados cuidadosamente de los agricultores sobre los arreglos experimentales. Mediante interacción con los agricultores, los investigadores deben lograr una comprensión clara de los aspectos atractivos y no atractivos de los arreglos que experimentan. Los análisis cuantitativos y la evaluación de los resultados analíticos son un complemento necesario para realimentar las respuestas obtenidas de los agricultores, además de permitir la documentación y proporcionar una base objetiva para la comparación entre diferentes años y sitios.

La sección sobre criterios de desempeño mostró que muchos criterios de disponibilidad y productividad pueden ser formulados a partir de los datos sobre arreglos de cultivo. Las evaluaciones más adecuadas dependerán de las condiciones socioeconómicas del sitio. Consideremos, por ejemplo, un sitio con limi-

Cuadro 9. Comparación de los períodos de descanso entre dos sistemas de cultivo de arroz.

Método de establecimiento	Número de campos	Períodos de descanso (días)
Arroz húmedo	60	16,0
Arroz transplantado	23	26,0
Diferencia		10,0 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Significativo al 1% de nivel de probabilidad.

tado acceso al mercado en el cual los agricultores produzcan ante todo para su propio consumo y no puedan vender mucho de su producto. Para los agricultores de este sitio el aumento de la producción alimenticia por unidad de efectivo y mano de obra invertida puede ser un objetivo más importante que el aumento de las ganancias por encima de los costos variables. Otro sitio, donde la tierra se cultiva solo parcialmente por falta de energía y mano de obra, puede requerir la evaluación del desempeño del arreglo con base en las ganancias a los costos de mano de obra y de energía. La mayoría de los sitios de investigación sobre sistemas de cultivo, sin embargo, están suficientemente orientados hacia el mercado como para permitir el uso del criterio de desempeño monetario. A riesgo de simplificar en exceso, esta sección ofrece un procedimiento para evaluar la aceptabilidad de los nuevos arreglos por los agricultores con base en dos pruebas relativamente sencillas.

El costo de cálculo y el análisis de rendimiento son el primer paso en la evaluación del desempeño. El Apéndice 6 ofrece un ejemplo detallado de los análisis de costo-beneficio y el uso de estos presupuestos parciales en calcular algunos criterios comunes de desempeño, como los rendimientos por encima de los costos variables (RAVC) y los rendimientos a factores seleccionados de producción. Sencillamente, el RAVC es la diferencia entre el valor de todos los cultivos producidos en un arreglo y el valor de todos los insumos variables — incluyendo aquellos no comprados en el mercado — usados para sembrar estos cultivos. En el Cuadro 10 aparece una demostración simplificada de una cuenta de costo-beneficio. Un arreglo experimental se ensaya comparando primero el RAVC del arreglo experimental con el de los arreglos prevaletientes de los agricultores en el mismo complejo ambiental. Los arreglos prevaletientes son aquellos que los agricultores usan en el 30% o más del área de un complejo

Cuadro 10. Ejemplo de una cuenta simplificada de costos variables, ganancias brutas y ganancias por encima de los costos variables.

	Primer cultivo: maíz			Segundo cultivo: arroz			Todos los cultivos
	Cantidad	Precio	Costo	Cantidad	Precio	Costo	
				<i>Insumo</i>			
Mano de obra y energía	(h)	(M/h)	(M)	(h)	(M/h)	(M)	M
Preparación de la tierra	80	2,00	160	100	2,00	200	360
Siembra	30	1,00	30	80	1,00	80	110
Desyerbe	30	2,00	60	20	1,00	20	80
Cosecha	20	2,50	50	160	2,50	400	450
Subtotal:			300			700	1000
Materiales	(kg)	(M/kg)	(M)	(kg)	(M/kg)	(M)	(M)
Semilla	50	2,00	100	50	2,00	100	200
Fertilizante	80	2,50	200	200	2,50	500	700
Insecticida	0	0,00	0	20	5,00	100	100
Subtotal:			300			700	1000
Total:			600			1400	2000
				<i>Producto</i>			
	Cantidad	Precio	Valor	Cantidad	Precio	Valor	Valor
	(kg)	(M/kg)	(M)	(kg)	(M/kg)	(M)	(M)
Ganancia bruta	1500	1,00	1500	3000	1,00	3000	4500
Ganancias por encima de los costos variables			900			1600	2500

Cuadro 11. Uso de la tierra en 4 complejos ambientales.<sup>a</sup>

Arreglo	Area en finca promedio (%)	Arreglo	Area en finca promedio (%)
Complejo ambiental 1		Complejo ambiental 3	
Arroz-arroz	50*	Arroz + yuca	30*
Arroz-barbecho	40*	Maíz-arroz	25*
Maíz-arroz-frijol mungo	10	Maíz-maíz	20
		Arroz-frijol mungo	15
Complejo ambiental 2		Complejo ambiental 4	
Arroz-arroz	70*	Arroz-arroz	40*
Arroz-frijol mungo	20	Arroz-barbecho	40*
Arroz-barbecho	10	Arroz-retoños	20

<sup>a</sup>Cifras marcadas con un asterisco corresponden a los arreglos prevalecientes y las ganancias por encima de los costos variables deben ser comparadas con aquellas para las alternativas experimentales.

ambiental, o los dos más comunes, si éstos no llegan al 60% del área del complejo ambiental. Los arreglos menores son aquellos a los cuales les asignan menos del 30%. En el Cuadro 11 aparecen posibles situaciones de asignación de tierra.

Es probable que los agricultores se sientan atraídos por una tecnología nueva que sea substancialmente más rentable que la que ellos emplean actualmente. La tecnología experimental cuyo RAVC no logra sobrepasar en 30% aquel del arreglo prevaleciente de los agricultores encierra poca promesa de ser adoptado por los agricultores. El 30% es una regla empírica basada en la experiencia de los investigadores en sistemas de cultivo.

Un arreglo experimental que durante dos o tres años de prueba ofrece un RAVC 30% mayor que el del arreglo prevaleciente de los agricultores puede ser recomendado para introducción. Este es el primer criterio para probar arreglos experimentales. La confiabilidad de la prueba descansa en la suposición de que los agricultores desean aumentar sus ganancias por encima de los costos variables. La sencilla regla del 30%, sin embargo, puede llevar a conclusiones erróneas sobre la posibilidad de adopción por parte de los agricultores como en los siguientes casos:

- si un nuevo arreglo experimental, al tiempo que ofrece el 30% más de ganancias netas, ofrece una tasa más baja de ganancias sobre los costos adicionales que el arreglo prevaleciente de los agricultores que aún puede expandirse en el mismo complejo ambiental, o
- si un arreglo menor ignorado en el análisis es en realidad una introducción reciente de desempeño superior en etapa de expansión en el complejo ambiental considerado, o
- si el arreglo experimental agota rápidamente un recurso limitado como el agua de manantial o el efectivo para insumos o mano de obra en un período crítico.

En el último caso, la adopción estará confinada a una área menor. Otros recursos que pueden limitar la expansión del área sembrada con ciertos arreglos son la energía de tracción (bueyes o búfalos de agua), la disponibilidad de crédito, la disponibilidad de insumos especializados (particularmente semilla), la prioridad dada a la tierra para los cultivos de subsistencia, y la falta de mercados para el producto.

En ocasiones áreas de un complejo ambiental se siembran con uno o dos arreglos menores que muestran un RAVC mucho más alto que otros arreglos.

El equipo de investigación debe determinar si los arreglos menores fueron introducidos recientemente o si son un tipo de arreglo que no puede ocupar mucha tierra en razón de alguna limitación de recursos. Si el arreglo ha sido introducido recientemente y no hay una razón obvia para limitar su expansión, éste y los prevalecientes de los agricultores deben compararse en una prueba ulterior de los arreglos experimentales.

Para evitar la primera fuente posible de error indicada anteriormente, debe usarse una prueba adicional con base en la proporción costo-beneficio marginal (MBCR). El MBCR del arreglo prevaleciente ( $F$ ) y cualquier reemplazo potencial de éste ( $E$ ) puede ser computado como sigue:

$$\text{MBCR} = \frac{\text{rendimientos brutos } (E) - \text{rendimientos brutos } (F)}{\text{costos variables totales } (E) - \text{costos variables totales } (F)} = \frac{\text{MVP}}{\text{MVC}}$$

donde MVP es el producto del valor marginal y MVC es el costo del valor marginal. El análisis de costo-beneficio marginal generalmente se aplica a diferentes arreglos de cultivo, con insumos y productos normalizados en términos de valor.

De acuerdo a la teoría económica, cuando un agricultor obtiene el máximo beneficio de todos los recursos y tecnología (arreglos de cultivo) disponibles, el MBCR implícito en todos los cambios posibles entre dos arreglos debe ser igual. En realidad se presentan nuevos arreglos de cultivo al agricultor, o sus recursos cambian. El agricultor tiene entonces varias alternativas de donde escoger para la inversión adicional que él está dispuesto a hacer. En tales casos, el MBCR evalúa cuál arreglo en una serie de alternativas tiene más probabilidades de reemplazar al existente. Esta será la alternativa que ofrezca el más alto MBCR por cambiar del patrón existente al patrón alternativo.

Esta prueba se basa en varias observaciones que parecen aplicables a la mayoría de emplazamientos de investigación en sistemas de cultivo:

- Los arreglos experimentales requieren inversiones mayores de mano de obra y efectivo por hectárea que los arreglos de los agricultores.
- Los arreglos de cultivo que muestran un mayor RAVC tienen generalmente costos mayores por hectárea, y tasas marginales de ganancia iguales o más bajas por unidad de costo; generalmente son evidentes los rendimientos constantes o decrecientes a los recursos entre los arreglos de los agricultores y los experimentales.
- Toda la tierra se asigna de tal manera a actividades de cultivo que la adopción o difusión de cualquier arreglo determinado implica la reasignación de tierra de un arreglo a otro.
- La adopción o expansión del área en un arreglo de cultivos generalmente tiene lugar cuando un agricultor desea invertir más mano de obra y materiales por hectárea en un complejo ambiental que previamente.

El propósito de la segunda prueba es sugerir cierto cuidado si una nueva tecnología que ofrece rendimientos netos 30% más altos también implica un desembolso adicional de efectivo con una tasa de ganancia baja.

La segunda prueba es fácil de aplicar. Por cada arreglo existente considerado para reemplazo, se hace un cuadro sencillo en que el costo y los rendimientos para los arreglos experimentales, el arreglo prevaleciente del agricultor,

Cuadro 12. Ejemplo de una prueba de aceptabilidad del arreglo de alternativas para arroz-barbecho en el complejo ambiental 1.

	Area en finca típica (%)	Costo variable total (A) (M/ha)	Rendimiento total (B) (M/ha)	Rendimientos por encima del costo variable (B-A) (M/ha)	Costo marginal (C) (M/ha)	Rendimientos marginales (D) (M/ha)	MBCR <sup>a</sup> para reemplazo de arroz-barbecho (C+D) (M/M)
Arroz-barbecho (base)	50	800(A1)	2000(B1)	1200			
Arroz-frijol mungo	30	1100(A2)	2500(B2)	1400	300(A2-A1)	500(B2-B1)	1,7
Arroz-retoño (exp)		1000(A3)	2700(B3)	1700	200(A3-A1)	700(B3-B1)	3,5
Arroz-arroz (exp)		2200(A4)	4100(B4)	1900	1400(A4-A1)	2100(B4-B1)	1,5

<sup>a</sup>Proporción marginal costo-beneficio.

y todos los arreglos alternativos se colocan en orden ascendente de RAVC por hectárea (Cuadro 12). La comparación de los rendimientos netos (regla del 30%) y los MBCR permite entonces determinar los arreglos experimentales alternativos que se expandirán en el área sembrada con los arreglos de los agricultores. Un cambio prospectivo hacia un nuevo arreglo de cultivos debe ofrecer un MBCR más alto que cualquier cambio entre los arreglos actuales de los agricultores en complejos ambientales similares.

El Cuadro 12 muestra la situación donde un agricultor típico asigna el 50% de su tierra a una sola cosecha de arroz y el 30% a arroz seguido por frijol mungo. El restante 20% de la tierra se asigna presumiblemente a varios arreglos menores. Al determinar si un nuevo arreglo puede tener impacto substancial en un área se ignora la posible reasignación de tierra a partir de tales arreglos menores.

Primero se debe considerar una alternativa del agricultor entre las tecnologías actuales. Si un agricultor desea ganar más invirtiendo más en insumos agrícolas — su única alternativa es cambiar la tierra del arreglo arroz-barbecho al arreglo de más alto rendimiento arroz-mungo. Sin embargo, como el arroz-mungo solo es 17% más rentable que el arroz-barbecho, el cambio no es atractivo. De otra parte, como es una tecnología tradicional tal vez haya mucho más certeza sobre su siembra y su resultado que una tecnología completamente nueva. En este caso es probable que el agricultor esté dispuesto a aceptar un incentivo de beneficio menor del 30% para cambiar su tierra a un arreglo distinto.

En resumen, sin nueva tecnología, es de esperar que los agricultores cambien gradualmente hacia arroz-frijol mungo a medida que dispongan de los recursos adicionales para pagar por los costos variables. Hay que anotar que por cada M1,0 adicional que el agricultor gasta en insumos cuando cambia de arroz-barbecho a arroz-frijol mungo, él recibe M1,7 de ganancia neta o M0,7 de ganancia por encima del costo variable.

Luego hay que considerar la posible introducción de una nueva tecnología en el sistema, el arreglo arroz-arroz. ¿Lo adoptarán los agricultores? ¿Tiene probabilidad de reemplazar el arreglo arroz-barbecho o el arroz-frijol mungo? El arreglo arroz-arroz ofrece un rendimiento por encima del costo variable de M1.900, 58% más alto que el que ofrece el arreglo arroz-barbecho, superando así la regla del 30%. Sin embargo, como es a menudo el caso con una tecnología mejorada, los costos variables totales son 2,75 veces el desembolso para el arreglo arroz-barbecho, una inversión marginal de M1.400/ha, sobre lo cual

el agricultor puede esperar recibir M1,5 por cada M1,0 invertido en mano de obra y materiales adicionales. El solo costo adicional relativamente alto de la nueva tecnología sugiere cautela, no obstante su rentabilidad. Pero es más, el agricultor tiene la alternativa de invertir cualquier recurso adicional que tenga en el arreglo relativamente menos costoso arroz-fríjol mungo para una tasa más alta de ganancia — M1,7 vs M1,5/m. Es probable que este cambio se abra camino hasta que la mayor parte de la tierra esté sembrada con arroz-fríjol mungo antes de que los agricultores consideren el arreglo arroz-arroz.

No es probable que el arreglo arroz-arroz reemplace el arroz-fríjol mungo, en tanto una porción significativa de tierra esté sembrada con arroz-barbecho. Aunque el arroz-arroz ofrece 36% de ganancias más por encima de los costos variables que el arroz-fríjol mungo, el aumento en la siembra de frijol mungo después del arroz es, sin embargo, una inversión marginal que paga más.

Ahora hay que considerar la tecnología experimental, el arroz seguido por retoño de arroz. ¿Es probable reemplazar el arreglo arroz-barbecho, o el arreglo arroz-fríjol mungo? El arreglo arroz-retoño ofrece un RAVC 41% más alto que el arreglo arroz-barbecho y requiere relativamente poca inversión adicional de M200. Sin embargo, más importante, el agricultor puede ganar M3,5 por cada M1,0 adicional invertido. Este es el más alto MBCR ofrecido por cualquier tecnología. Por tanto, al contrario de lo que sucede con el arreglo arroz-arroz, en aquellos sitios donde la tecnología propia del agricultor, arroz-fríjol mungo, ofrece un mayor MBCR, el arroz-retoño es claramente una alternativa prometedora para el arroz-barbecho. Se espera que los agricultores que desean obtener más ingresos mediante inversiones adicionales en cultivos adopten el arroz-retoño o expandan el área así sembrada.

¿Es probable convertir el arroz-fríjol mungo en arroz-retoño? El RAVC del arroz-retoño es solamente 21% mayor que el del arroz-fríjol mungo. Por tanto, si el arroz-retoño es nuevo para los agricultores y está asociado con riesgos, la regla del 30% es probablemente una buena pauta. Esto es, mientras los agricultores no se compenetren con la tecnología arroz-retoño — ensayándola en lugar de arroz-barbecho — es poco probable que retiren sus inversiones del arreglo arroz-fríjol mungo en favor del arreglo arroz-retoño.

El nuevo arreglo de cultivos debe por tanto:

- ofrecer rendimientos 30% más altos que el actual arreglo de cultivos sembrado por los agricultores en un área relativamente grande de tierra de calidad similar, y
- ofrecer un MBCR más alto que el cambio entre cualquiera de dos arreglos de cultivo actuales sembrados en áreas proporcionalmente grandes o de calidad similar.

Como nota final, hay que revisar cuidadosamente las cantidades de cualquier inversión adicional en un nuevo arreglo de cultivos, cuanto más costosa sea una tecnología por unidad de área, comparada con la tecnología actual, más cautelosos serán los agricultores en adoptarla, pese a un favorable RAVC o MBCR. Sin embargo, si el MBCR es alto, los altos costos por unidad de área no son un impedimento porque un agricultor puede simplemente hacer una inversión marginal en un área más pequeña de tierra. Sin duda las pequeñas parcelas de cultivos de alto rendimiento y alto costo (tabaco, ajo, tomate y otros vegetales) son encontrados a menudo en fincas de bajos insumos.



## Informe Resumido Anual de Resultados de los Experimentos con Arreglos de Cultivos

Para facilitar una visión general de los resultados del experimento con los arreglos de cultivos, un comité del Noveno Grupo de Trabajo en Sistemas de Cultivo (Hobbs et al. 1980) preparó una serie de formularios de resúmenes que permiten informar ordenadamente el tiempo, las especificaciones de manejo de los arreglos, los resultados de los ensayos y los análisis económicos.

El informe anual resumido sobre los arreglos consiste en un resumen del tiempo, una descripción del complejo ambiental, un compendio de la administración del arreglo, un resumen del desempeño individual de los arreglos, y un resumen del desempeño de todos los arreglos probados en un complejo ambiental.

Cuadro 13. Resumen anual del tiempo usado por la Red Asiática de Sistemas de Cultivo al informar los resultados de la prueba de arreglos de cultivos.

Resumen del tiempo												
País: _____			Lugar: _____			Año: _____						
Luvia semanal durante este año de cosechas. Empezar 2 semanas antes de plantar el primer cultivo.												
1° _____	14° _____	27° _____	40° _____									
2° _____	15° _____	28° _____	41° _____									
3° _____	16° _____	29° _____	42° _____									
4° _____	17° _____	30° _____	43° _____									
5° _____	18° _____	31° _____	44° _____									
6° _____	19° _____	32° _____	45° _____									
7° _____	20° _____	33° _____	46° _____									
8° _____	21° _____	34° _____	47° _____									
9° _____	22° _____	35° _____	48° _____									
10° _____	23° _____	36° _____	49° _____									
11° _____	24° _____	37° _____	50° _____									
12° _____	25° _____	38° _____	51° _____									
13° _____	26° _____	39° _____	52° _____									
Fecha del primer día de la primera semana en el registro de lluvia _____												
Temperatura mensual. Radiación y evaporación solar												
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°
Max (°C)												
Min (°C)												
Rad. solar (cal/cm <sup>2</sup> )												
Evaporación por día												
Tipo de bandeja de evaporación: _____												

El resumen del tiempo (Cuadro 13) se limita a registrar la precipitación semanal total para el cultivo, comenzando dos semanas antes de sembrar el primer cultivo en cualquiera de los arreglos estudiados o practicados por los agricultores en el sitio. Para identificar la precipitación con el año calendario, es importante anotar en el formulario el primer día de la primera semana que se registra la precipitación. Además de la precipitación semanal, deben registrarse los promedios mensuales para las temperaturas máxima y mínima, la radiación solar y la evaporación en bandejas. Cuando esta información no se encuentra disponible en el sitio, debe obtenerse en la estación metereológica o experimental más cercana. Es importante especificar el equipo de evaporación empleado para permitir la conversión a las medidas normalizadas cuando sea necesario.

El formulario de descripción del complejo ambiental (Cuadro 14) enseña, en términos generales, el complejo ambiental en que se ensayan los arreglos. Para cada complejo ambiental estudiado en los sitios se hace un resumen. Normalmente, los investigadores del sitio consideran de dos a cuatro complejos ambientales.

El resumen del manejo del arreglo (Cuadro 15) describe la preparación de tierra, el método de siembra, la fertilización, el manejo del control de plagas usado para cada cultivo probado en el arreglo específico. El resumen debe completarse para cada arreglo que se prueba. El formulario también consigna la identificación del complejo ambiental en el cual se probó el arreglo.

El resumen de desempeño del arreglo individual (Cuadro 16) registra rendimiento, ganancia bruta, costo de producción, y ganancia sobre los costos para cada cultivo en un arreglo individual. Este resumen tiene cabida para solo un tipo de arreglo diseñado para uno de los complejos ambientales estudiados. Los promedios de las tres a siete réplicas que normalmente se usan en la prueba de un arreglo particular en un complejo ambiental y el número de campos en

Cuadro 14. Descripción del complejo ambiental usado al informar sobre los resultados de la prueba de sistemas de cultivo.

Descripción del complejo ambiental <sup>a</sup>	
Pais: _____	Lugar: _____ Año: _____
Longitud: _____	Latitud: _____ Elevación (m): _____
Arreglo de cultivos: _____	
Complejo ambiental: _____	Gama _____ ( 0-15 cm)
Series de suelo (nombre local): _____	Textural del suelo _____ (15-30 cm)
pH del suelo: _____	Tierra húmeda <input type="checkbox"/> Tierra seca <input type="checkbox"/>
Agua subterránea más baja (m): _____	Agua subterránea más alta (m): _____
Rango de la pendiente: _____	
Frecuencia de inundación (años por cada 10) _____ en qué meses _____	

<sup>a</sup>Normalmente los emplazamientos de sistemas de cultivos consideran 2-4 complejos ambientales. Complete este formulario por cada complejo ambiental.

Cuadro 15. Resumen del manejo del arreglo empleado para informar los resultados de la prueba del arreglo<sup>a</sup>

Resumen de manejo del arreglo											
País: _____		Sitio: _____				Año: _____					
Arreglo de cultivo: _____											
Complejo Ambiental: _____											
		Arreglo de cultivo									
		Cultivo 1		Cultivo 2		Cultivo 3		Cultivo 4		Cultivo 5	
Nombre del cultivo											
Variedad											
Fecha primera arada											
Número de aradas											
Número de rastrilladas											
Fecha de siembra (a,m,d)											
Método de siembra (SS,SH,TP)											
Tasa de siembra (kg/ha)											
Espaciamiento entre hileras (cm)											
Espaciamiento entre túmulos (cm)											
Semillas o plántulas (no/túmulo)											
Edad plántulas (días)											
Fertilizante basal	Fuente	kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha		kg/ha	
N											
P (óxido)											
K (óxido)											
Otros											
Lateral	Fuente	Tiempo DDS	Tasa kg ia /ha)	Tiempo DDS	Tasa kg ia /ha)	Tiempo DDS	Tasa kg ia /ha)	Tiempo DDS	Tasa kg ia /ha)	Tiempo DDS	Tasa kg ia /ha)
N											
Otros											
Plaguicidas	Tipo										
1.											
2.											
3.											
4.											
5.											
6.											
7.											
8.											
9.											
10.											
Desyerbe no químico		Tiempo	DAP	Tiempo	DAP	Tiempo	DAP	Tiempo	DAP	Tiempo	DAP
1°											
2°											
Fecha de cosecha											

<sup>a</sup>Este resumen emplea las abreviaciones siguientes: SS = siembra seca, para sembrar cultivos de altura o arroz en suelo no anegado; SH = siembra húmeda para echar semilla de arroz en suelos saturados de agua; TP = transplante; DDS = días después de sembrar, cuando la siembra puede ser con semilla o transplante; ia = ingrediente activo.

Cuadro 16. Resumen del desempeño del arreglo de cultivos individual para el informe anual de resultados de la prueba.

Resumen del desempeño individual de los arreglos de cultivo <sup>a</sup>						
País: _____		Sitio: _____		Año: _____		
Arreglo de Cultivo: _____				Experimental <input type="checkbox"/>		
				o		
				Del agricultor <input type="checkbox"/>		
Complejo ambiental: _____						
Observación	Arreglo de Cultivos					Total
	Cultivo 1	Cultivo 2	Cultivo 3	Cultivo 4	Cultivo 5	
Réplicas (No. campos)						
Rendimiento (t/ha)						
— desviación estándar						
— fracasos (no.)						
Ganancias netas						
Costos mano de obra						
Costos de energía						
Costos materiales						
costos <sup>b</sup>						
costos						
Total costos variables						
Ganancias sobre los costos variables						
Ganancias sobre los costos de mano de obra						
Ganancias sobre los costos de energía						
Ganancias sobre los costos materiales						
Ganancias sobre los costos de _____ <sup>c</sup>						
Ganancias sobre los costos de _____						

<sup>a</sup> Debe completarse para cada arreglo por complejo ambiental. Normalmente este formulario abarca en promedio de 3 - 7 réplicas.

<sup>b</sup> Los costos de mano de obra incluyen el valor de todo el trabajo ya sea aportado por los investigadores, la familia, por intercambio, o contratado.

<sup>c</sup> Costos y ganancias sobre otros factores considerados importantes, por ej., costos de mano de obra familiar, mano de obra para cosechar, insecticidas, etc.

que cada cultivo del arreglo se replicó se anotan en el formulario. Un emplazamiento donde se prueban tres clases de arreglos en tierra tipo A y cuatro en tierra tipo B, tendrá siete resúmenes individuales de desempeño del arreglo.

El sumario final es el resumen del desempeño del arreglo en el complejo ambiental (Cuadro 17). Su diseño permite registrar las ganancias brutas, los costos y los rendimientos sobre los costos de todos los arreglos probados en un complejo ambiental y debe incluir por lo menos uno de los arreglos prevale-

Cuadro 17. Resumen de los resultados obtenidos en el arreglo de cultivos durante el primer año en un determinado complejo ambiental.

Resumen del desempeño del arreglo de cultivos en determinado complejo ambiental

País: \_\_\_\_\_ Sitio: \_\_\_\_\_ Complejo Ambiental: \_\_\_\_\_ Año: \_\_\_\_\_

Observaciones	Arreglo 1 <sup>a</sup>	Arreglo 2 <sup>a</sup>	Arreglo 3	Arreglo 4	Arreglo 5	Arreglo 6
Campos ensayados (no.)						
Fracasos (no.)						
Ganancias netas						
Costos de mano de obra <sup>b</sup>						
Costos de energía						
Costos materiales						
costos <sup>c</sup>						
costos						
Total de costos variables						
Ganancias sobre costos variables						
Ganancias sobre costos materiales						
Ganancias sobre costos de _____ <sup>c</sup>						
Ganancias sobre costos de _____						

<sup>a</sup> El primero o los dos primeros arreglos deben ser los prevaletentes del agricultor.

<sup>b</sup> Los costos de mano de obra deben incluir todo el trabajo empleado ya sea aportado por el investigador, la familia, por intercambio o contratado.

<sup>c</sup> Costos y ganancias sobre otros factores considerados importantes, por ej., requerimientos totales de efectivo, costos de mano de obra familiar, mano de obra para la cosecha, insecticidas, etc.

cientes de los agricultores. La información sobre el arreglo o los arreglos de los agricultores proviene de la supervisión directa de los campos de los agricultores seleccionados sembrados con los tipos de arreglo más común en el complejo ambiental. Para el emplazamiento de investigación en arreglos de cultivo, hay que llenar un resumen del desempeño de los arreglos de cultivo en el complejo ambiental por cada complejo estudiado.

## **Investigación sobre Tecnología de Componentes**

En esta sección se subraya la relación entre las pruebas en finca que estudian los componentes tecnológicos y las pruebas de arreglos manejadas por los agricultores. La dificultad de simular las prácticas de los agricultores y los sesgos hacia arriba asociados normalmente con la medición del rendimiento de los experimentos en pequeñas parcelas ha llevado a la formulación de dos tipos de pruebas de tecnología de componente.

Las pruebas superimpuestas se ubican en los campos de ensayos del arreglo, tienen un número pequeño de tratamientos, son manejadas, al menos parcialmente, por los agricultores, y evalúan varios componentes como fertilización y manejo de malezas, insectos y enfermedades. El grado de manejo por parte del agricultor depende de los tratamientos que se incluyan en la prueba pero generalmente abarca factores críticos como preparación de la tierra y siembra. Los ensayos sugeridos en las secciones que siguen son particularmente apropiados para fomentar la evaluación interdisciplinaria de niveles de manejo alternativos para los arreglos de cultivo estudiados.

Las pruebas manejadas por los investigadores son generalmente pruebas en pequeñas parcelas replicadas dentro de un campo y manejadas enteramente por los investigadores. Su discusión se centra en la interpretación en relación a los resultados obtenidos en las pruebas superimpuestas y de arreglos de cultivo.

### **Ensayos Superimpuestos**

*Diseño experimental* Los ensayos superimpuestos se usan para evaluar el desempeño de la tecnología de componente asignada a un arreglo de cultivo experimental contra las formas alternativas. En algunas ocasiones se pueden comparar varias alternativas (nivel de fuentes, métodos, etc.).

El número de ensayos superimpuestos y de tratamientos está limitado por el número de arreglos probados. Puesto que el objetivo central de las pruebas superimpuestas es evaluar lo apropiado de la tecnología de componente usada en experimentos del arreglo, estas pruebas deben seguir un formato normalizado que permita una evaluación de los principales componentes de manejo que involucren insumos de efectivo o de mano de obra. Para el diseño de las pruebas superimpuestas, se sugiere las siguientes pautas :

- a) Seleccionar de dos a cuatro factores de la tecnología de componente que influyan notoriamente sobre el desempeño del arreglo de cultivos. Al hacer la selección, se debe considerar el costo de cada componente. De interés particular son los componentes que implican un alto costo de efectivo o de mano de obra. Los factores que van a ser estudiados pueden comparar una combinación de insumos, tales como ningún control de insectos vs. control de insectos (que consiste en varias actividades durante la estación de cultivo). También pueden comparar

insumos de acción sencilla, como el control de insectos recomendado para el arreglo vs. el control de insectos recomendado para el arreglo más un control adicional profiláctico (de perforadores del tallo, por ejemplo) durante la etapa reproductiva del arroz. Los factores de más interés dependerán del cultivo y del arreglo involucrado y de las condiciones del terreno. Algunos equipos pueden querer superimponer dos niveles de un factor sencillo, por ejemplo, tasas de fertilizantes nitrogenados, en razón de que otros factores parecen menos importantes cuando se estudian los resultados de investigaciones anteriores en el sitio.

- b) Identificar el nivel de manejo del agricultor en cada uno de estos factores, en términos de tipo y cantidad de materiales y mano de obra utilizada. La simulación del control de malezas del agricultor exige un conocimiento particular del momento y la intensidad del desyerbe de los agricultores (¿Dejan ellos cierto tipo de malezas, o malezas por debajo de un cierto tamaño, etc.?). El paquete de manejo del agricultor en las pruebas superimpuestas (tratamiento nivel F) puede ahora especificarse en términos de operaciones, tiempo de operación, y cantidad y tipo de variedades que se van a usar.
- c) Para evaluar las ganancias que los agricultores derivan de sus insumos materiales comprados, se necesita un tratamiento que no use los más costosos de ellos al seleccionar los factores de manejo de la prueba (tratamiento nivel L). El tratamiento es lo que esencialmente se describe antes en (2) sin insumos seleccionados de material. Nótese que los insumos de los agricultores para los componentes de manejo no incluidos en las pruebas superimpuestas deben seguir usándose.
- d) Tener en cuenta el nivel de cada factor seleccionado que se ha usado en el arreglo de cultivo (tratamiento nivel P). Este nivel será la mejor estimación que tenga el equipo del nivel de insumos que ofrece las mayores ganancias netas y ofrece a los insumos comprados y a la mano de obra ganancias aceptables para los agricultores del sitio. El nivel del arreglo de cultivos cambiará de un año a otro si los resultados de las pruebas superimpuestas administradas por los investigadores indican la necesidad de cambiar los niveles de insumo.
- e) Identificar el nivel alto para el componente de manejo seleccionado para incluirse en la prueba (tratamiento nivel H). Las pruebas superimpuestas deben incluir tratamientos que comparen el tratamiento del arreglo con los tratamientos de mayor nivel para cada uno de los componentes importantes — control de malezas, de insectos y fertilización (donde sea aplicable o posible) que se aproxime al máximo de retornos netos. Este nivel debe ser 30% o más por encima del nivel del arreglo de cultivo. De esta forma, las ganancias adicionales obtenidas mediante el aumento del nivel de insumos para cada uno de los factores más allá del usado en el arreglo, pueden ser empleadas como criterio para considerar un aumento futuro en el nivel del componente de administración.

Normalmente las pruebas superimpuestas no se replican dentro del campo del arreglo, pero deben repetirse en por lo menos cinco campos donde se ensaya el arreglo. La Fig. 2 muestra el plan del campo para una prueba superimpuesta de un arreglo de cultivos. El Cuadro 18 enseña los tratamientos y el análisis de varianzas para los diseños de dos, tres y cuatro factores.

En el Cuadro 19 se dan ejemplos del tipo de tratamientos de los arreglos y los tratamientos alternativos. Estos tratamientos han sido combinados en una

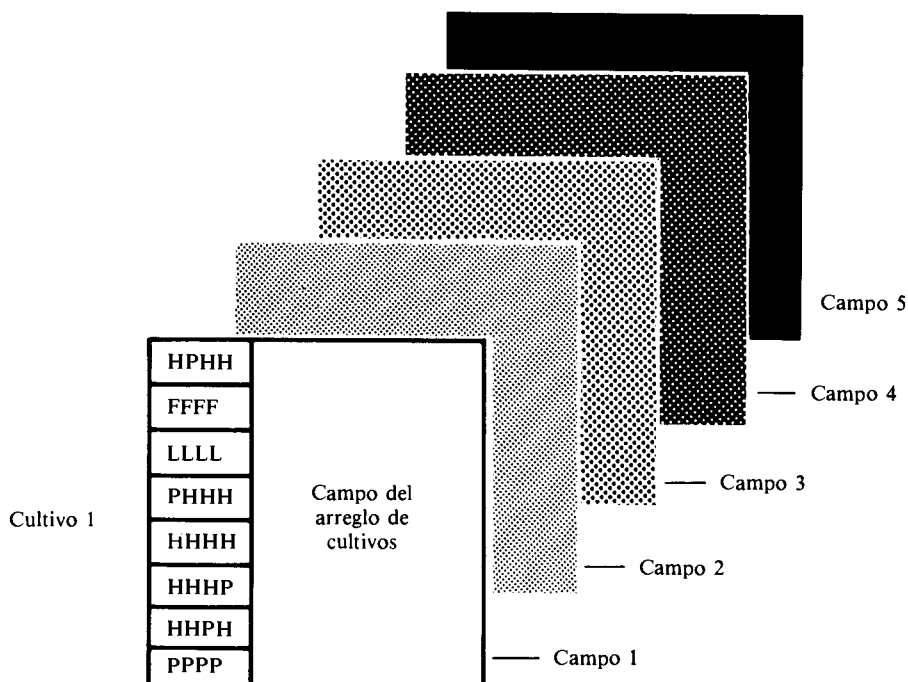


Fig. 2. Diseño de pruebas superimpuestas para uso en evaluación de tecnología de componente. El ejemplo es un ensayo de 4 factores replicado en cinco campos. El cuadro 18 define los niveles de tratamiento F,L,P y H.

muestra de diseño de tratamiento para una prueba superimpuesta de tres factores (Cuadro 20). Estos tratamientos, cuando se ordenan en el diseño de tratamiento de tres factores del Cuadro 18, dan lo siguiente para los ensayos superimpuestos :

Número	Tratamiento Clave	Combinación de niveles		
		Control de insectos	Control de malezas	Tasa de nitrógeno
1	LLL	1	7	5
2	FFF	1	7	6
3	PPP	9	8	3
4	HHH	10	15	4
5	HPP	10	8	3
6	PHP	9	15	3
7	PPH	9	8	4

Esta prueba superimpuesta de tres factores puede ser modificada para acomodar más de un nivel de un factor. Asumamos que un investigador también desea evaluar 90 kg N/ha a la iniciación de la panícula, con el resto de los tratamientos a nivel del arreglo. Para hacer esto, él puede incluir un tratamiento adicional, PPA, que usaría los niveles 10-8-12 del Cuadro 19. Para análisis e interpretación, este tratamiento debe ser considerado como una alternativa al tratamiento PPH.



El tamaño de la parcela de las pruebas en finca debe ser mayor que el de las pruebas en la estación de investigación. Se sugieren los siguientes tamaños de parcela:

- Arroz (ASS, ASP, AT)  $4 \times 6$  m
- Maíz  $6 \times 8$  m

Cuadro 18. Diseños de tratamiento para los ensayos superimpuestos.<sup>a</sup>

Tratamiento no.	2 Factores	3 Factores	4 Factores
1	LL	LLL	LLLL
2	FF	FFF	FFFF
3	PP	PPP	PPPP
4	HH	HHH	HHHH
5	PH	HPP	HPPP
6	HP	PHP	PHPP
7		PPH	PPHP
8			PPPH

<sup>a</sup> L = tratamiento de insumos bajos. F = nivel del agricultor. P = nivel usado en el arreglo de cultivos. H = insumo de alto nivel.

Análisis de varianza de los ensayos superimpuestos de arriba, asumiendo 5 réplicas (campos) de la prueba del arreglo de cultivos.

Fuente	Grados de libertad			Cuadrado promedio
	2 Factores	3 Factores	4 Factores	
Total	30	35	40	
Promedio	1	1	1	
Campos	4	4	4	F
Tratamientos (T)	5	6	7	T
Residual T × F	20	24	28	TF

Cuadro 19. Ejemplos de niveles de tratamiento para ser incluidos en pruebas superimpuestas de un cultivo de arroz seco.<sup>a</sup>

Factor	Niveles seleccionados de tratamiento	
Control de insectos (pulgón del arroz) ASS	1. Ninguno	9. Sevin aerosol 85 WP a 5 DI (0,75 kg i.a./ha)
Control de insectos (ASS)	2. 0,5 kg i.a./ha Furadan 3G basal en surcos	10. P2 + Sevin a 5 DI
Fertilidad (ASS)	3. 0-30-0 basal 30-0-0 IP	11. 30-30-0 basal 60-0-0 IP
Fertilidad (ASS)	4. 30-30-0 basal 60-0-0 IP	12. 30-30-0 basal 90-0-0 IP
Fertilidad (ASS)	5. Ninguno	13. 30-30-30 basal 60-0-0- IP
Fertilidad (ASS)	6. 40-0-0 IP	14. 30-30-30 basal 30-0-0 IP
Control de malezas (ASS)	7. 1 desyerbe manual	15. Butacloro 2 kg i.a./ha + desyerbe manual
Control de malezas (ASS)	8. Butacloro 2 kg i.a./ha	16. Butacloro + 1 desyerbe manual + 1 desyerbe en puntos necesarios

<sup>a</sup> ASS = arroz sembrado en tierra húmeda o seca o *arroz seco*. DI = días después de la inundación. IP = iniciación de la panícula.

Cuadro 20. Ejemplos de un diseño de tratamiento superimpuesto para un cultivo de arroz seco con niveles de tratamiento señalados en el Cuadro 19. Esta es una prueba sencilla de 3 factores que evalúa un aumento de insumos: insecticidas, nitrógeno (30 kg N/ha adicional a la iniciación de la panícula) y control de malezas (un desyerbe manual adicional).

Factor	Variable	No. del tratamiento en Cuadro 19			
		Bajo	Agricultor	Arreglo	Alto
1	Control de insectos	1	1	9	10
2	Control de malezas	7	7	8	15
3	Nitrógeno (1)	5	6	3	4

- Sorgo  $5 \times 8$  m
- Frijol mungo, caupí y soya  $4 \times 6$  m

Estos son tamaños mínimos de parcela. Los tamaños pueden aumentar según las dimensiones del campo en el cual se realice la prueba del arreglo y los requerimientos especiales de los tratamientos superimpuestos (ver Litsinger 1977). Para estudiar el efecto de los tratamientos de control de insectos, el tamaño de parcela en cultivos de arroz debe ser de  $5 \times 6$  m. Para evitar poner barreras a las parcelas donde no se hace control de insectos o se hace a nivel muy bajo con parcelas donde se realiza control de insectos a niveles muy altos, las parcelas con control de insectos deben situarse en los extremos de los experimentos (HHP, donde P es control de insectos; y LLL).

Para un sitio de investigación dado, los tamaños de los campos tienden a estar dentro de un rango definido, así que el equipo de investigación puede seleccionar el tamaño de la parcela y los factores que van a incluirse en los ensayos superimpuestos.

*Análisis e interpretación* Se pueden emplear análisis de varianza sobre los datos de las pruebas superimpuestas utilizando campos como bloques, pero las interacciones bloque x tratamiento son comunes e inflarán a menudo el cálculo de error. Valores altos de F para los bloques deben ser vistos con sospecha y, cuando ocurren, requieren un análisis detallado de las respuestas a los tratamientos. Las cifras sobre insectos y presión de malezas, así como la información sobre suelos y terrenos contenida en los formularios para el control del arreglo pueden servir para estratificar los campos por niveles altos o bajos de plagas o por categorías de respuesta a factores nutritivos. Un método alternativo de análisis de experimentos superimpuestos separa el error original SS, que se computa como un bloque x interacción SS de tratamiento, en un bloque-lineal x interacción SS de tratamiento y un bloque-desviación x SS de tratamiento. El primero se encuentra mediante regresión de los rendimientos de los tratamientos individuales sobre las medianas del bloque del cual vinieron, y el último mediante la diferencia a partir del error SS original.

El uso donde la dominación estocástica por simple graficación de resultados puede ofrecer una útil visión sobre la significación de las diferencias de tratamiento encontradas en las pruebas superimpuestas. Flinn (1979) ofrece una descripción de este método. La interpretación de la respuesta de rendimiento obtenida se basa en un número de comparaciones entre medias de tratamiento. Estas comparaciones pueden ser estadísticamente evaluadas usando el término apropiado de error.

- a) La respuesta del rendimiento al nivel de insumos materiales de los agricultores.

$$FFF - LLL = RF$$

Junto con los estimativos de costos de los insumos materiales, esta respuesta al rendimiento permite el cálculo de las ganancias sobre los insumos materiales obtenidos por los agricultores.

- b) Respuesta en rendimiento adicional de los niveles de manejo del arreglo.

$$PPP - FFF = RP$$

Análisis de costo-beneficio dan ganancias sobre insumos derivadas de los niveles crecientes de insumo por encima de los usados por los agricultores. Los resultados pueden ser comparados con los que obtienen los agricultores para ver si los rendimientos están disminuyendo rápidamente.

- c) Respuesta en rendimiento adicional de un paquete alto de insumos:

$$HHH - PPP = RH$$

Los análisis de costo-beneficio permiten un análisis similar al hecho para  $PPP - FFF$ , pero a niveles todavía más altos de insumo.

- d) La respuesta en rendimiento de los altos niveles de insumo asociados con cada factor en presencia de los otros factores a nivel del arreglo:

$$\text{Factor 1. } HPP - PPP = R1$$

$$\text{Factor 2. } PHP - PPP = R2$$

$$\text{Factor 3. } PPH - PPP = R3$$

Los análisis de costo-beneficio de estas respuestas individuales evalúan el beneficio de aumentar cada factor en presencia de todos los otros factores a nivel del arreglo. Este es el indicador más sencillo y generalmente más confiable de cualquier cambio que pueda requerirse en el arreglo de cultivos.

- e) Respuesta conjunta de rendimiento a dos factores con el otro factor al nivel alto de insumo:

$$\text{Factor 1 y 2: } HHH - PPH = R12$$

$$\text{Factor 2 y 3: } HHH - HPP = R23$$

$$\text{Factor 1 y 3: } HHH - PHP = R13$$

Estas respuestas de rendimiento son más difíciles de interpretar, pero su comparación con la suma de las respuestas individuales en rendimiento puede ayudar a los investigadores a evaluar si se presentan interacciones substanciales de tratamiento.

- f) Interacciones: Este diseño de tratamiento no permite separar los efectos de la interacción entre dos factores de la de tres factores. Sin embargo esta última es generalmente de menor importancia, en particular a una suficiencia relativamente alta de insumos asociada con los niveles P y H. Los siguientes controles sobre la no aditividad de efectos del tratamiento son útiles:

Cálculo del efecto de interacción (A)	Interpretación si A es substancialmente diferente de cero
$A_t = RH - (R1 + R2 + R3)$	Existe interacción(es) de 2 o 3 factores
$A_{12} = R12 - (R1 + R2)$	¿interacción entre factor 1 y 2? <sup>a</sup>
$A_{13} = R23 - (R2 + R3)$	¿interacción entre factor 2 y 3? <sup>a</sup>
$A_{23} = R13 - (R1 + R3)$	¿interacción entre factor 1 y 3? <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Probable, pero no se puede excluir la interacción entre 3 factores.

En la ausencia de interacciones, los efectos del tratamiento son aditivos, de manera que la respuesta al aumento de factores 1 y 2 (R12) debe igualar la suma de las respuestas al aumento del factor 1 solamente (R1) y el factor 2 solamente (R2). Por tanto, si cualquiera de las Aes de arriba es substancialmente diferente de cero (juzgado contra la variabilidad encontrada entre las réplicas o estadísticamente probada contra el Residual, Cuadro 18), la presencia de la interacción es probable.

### Pruebas Manejadas por el Investigador

Los análisis y la interpretación de las pruebas manejadas por el investigador (MI) de los componentes de fertilización, selección varietal y control de malezas, insectos y enfermedades siguen los procedimientos usuales establecidos para las estaciones experimentales. En el contexto del método de investigación relacionado con el sitio, es importante comparar los resultados de las pruebas manejadas por el investigador con aquellos de las pruebas superimpuestas (SI) y del arreglo de cultivos (AC).

El tratamiento del arreglo puede mostrar diferencias en rendimiento para un cierto cultivo entre las pruebas de arreglos y pruebas MI. Las respuestas en rendimiento de las pruebas MI pueden, por tanto, tener que interpretarse a nivel de los rendimientos del AC, porque la prueba AC debe ser considerada como el mejor cálculo del desempeño del tratamiento del arreglo en el complejo de producción bajo estudio. Se sugiere que el investigador combine las medianas de la prueba AC y la prueba SI del nivel de tratamiento del arreglo (P) para calcular un estimativo del desempeño de P (vea el Cuadro 21). Las respuestas a las alternativas de tecnología de componente pueden entonces ser adaptadas a este nivel de rendimiento YP, y los resultados de las pruebas MI y SI pueden combinarse como promedios ponderados para llegar a un estimativo ajustado general de la respuesta del rendimiento. Esta respuesta del rendimiento debe ser usada en los análisis de costo-beneficio para evaluar el beneficio de los insumos adicionales.

La evaluación de los niveles de la tecnología alternativa de componentes estudiada puede realizarse generalmente mediante análisis sencillos de costo-

Cuadro 21. Comparación de las medias de los tratamientos de las pruebas manejadas por el investigador (MI), superimpuestas (SI), y arreglo de cultivos (AC) — segunda cosecha de arroz húmedo parcialmente irrigado (Complejo ambiental 2).

Tratamiento	Rendimiento (t/ha)	Observaciones en media (n)	
		Campos (f)	Observaciones (no./campo)
Rendimiento del arreglo de cultivos	2,9	6	3
Promedios de pruebas SI seleccionadas:			
1) Tratamiento del arreglo (P)	3,2	5	1
2) P + fungicida	3,8	5	1
3) P + 30 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,3	5	1
Promedios de pruebas MI seleccionadas:			
1) Tratamiento del arreglo (P)	3,4	3	3
2) P + fungicida	4,3	1	3
3) P + 30 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,6	2	3

beneficio. Como regla general, la tecnología de componentes adicional debe proporcionar un MBCR mayor de 2 para ser considerada como factible de inclusión en las futuras recomendaciones sobre arreglos de cultivo (ver Cuadro 21). Con base en el Cuadro 21:

- a) El desempeño de la tecnología de componentes del nivel del arreglo (YP) se calcula como el promedio de las medianas del nivel del arreglo obtenidas en pruebas de arreglos y en pruebas SI ponderadas con base en el número de campos y de observaciones por campo:

$$YP = \frac{3 \times 6 \times 2.900 + 1 \times 5 \times 3.200}{3 \times 6 + 1 \times 5} = \frac{682}{23} = 2.965 \text{ kg/ha}$$

- b) Respuesta al fósforo.

La respuesta ajustada del fósforo en las pruebas MI:

$$\frac{(3.600 - 3.400)}{3.400} \times 2.965 = 174 \text{ kg/ha (en 2 campos)}$$

La respuesta ajustada del fósforo para las pruebas SI:

$$\frac{(3.300 - 3.200)}{3.200} \times 2.965 = 92 \text{ kg/ha (en 5 campos)}$$

La respuesta general ajustada del fósforo:

$$\frac{2 \times 174 + 5 \times 92}{2 + 5} = 115 \text{ kg/ha}$$

- c) Respuesta del fungicida

Respuesta ajustada del fungicida en las pruebas MI:

$$\frac{(4.300 - 3.400)}{3.400} \times 2.965 = 785 \text{ kg/ha (en 1 campo)}$$

Respuesta ajustada del fungicida en las pruebas SI:

$$\frac{(3.800 - 3.200)}{3.200} \times 2.965 = 556 \text{ kg/ha (en 5 campos)}$$

Respuesta general ajustada del fungicida:

$$\frac{785 + 5 \times 556}{6} = 594 \text{ kg/ha}$$

- d) Análisis de costo-beneficio:

Componente	Respuesta general ajustada del rendimiento (kg/ha)	Valor de la respuesta del rendimiento (A) (M/ha)	Costo adicional del componente <sup>a</sup> (B) (M/ha)	Ganancia neta adicional (M/ha)	MBCR <sup>b</sup> (A ÷ B)
Fungicida	594	891	210	681	4,8
Fósforo	115	172	150	22	1,1

<sup>a</sup> Incluye el valor de los materiales más la mano de obra para aplicación y cosecha del rendimiento adicional.

<sup>b</sup> Proporción marginal costo-beneficio.

e) Evaluación económica.

Para el tratamiento adicional con fungicida, las ganancias netas adicionales son tan superiores al costo adicional que la proporción costo-beneficio es mayor de 2. Por tanto, la adición del tratamiento con fungicidas debe ser considerada seriamente en las futuras recomendaciones sobre el nivel de arreglos.

El fósforo adicional escasamente rindió su propio costo y la proporción costo-beneficio fue menor de 2. No hay razón para pensar en aumentar la recomendación de fósforo.

## Capítulo 6

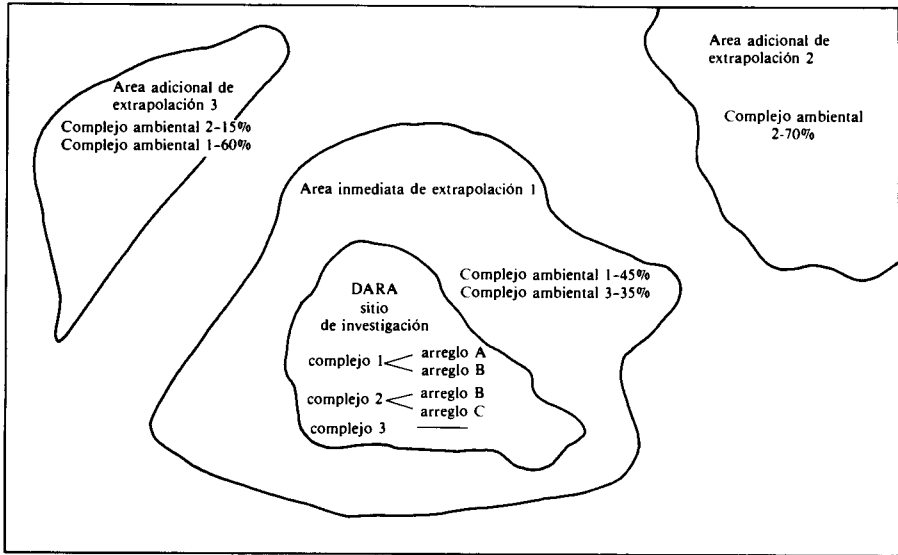
# Ensayos Pre-producción y Programas Piloto de Producción

La etapa de pre-producción en la investigación de sistemas de cultivo incluye los ensayos multilocalizados y la organización, ejecución y evaluación de un programa piloto de producción.

### Prueba Multilocalizada

En las pruebas multilocalizadas, los arreglos de cultivo exitosos en la etapa de ensayo se evalúan en muchos emplazamientos representativos del complejo ambiental para el cual tales arreglos se diseñaron. La especificación del complejo ambiental es un aspecto importante de las pruebas multilocalizadas, porque permite a los investigadores ofrecer a los organismos de extensión o producción una clara delineación de la capacidad de adaptación de los arreglos recomendados. Se sugieren los siguientes procedimientos para los ensayos de multilocalización.

- a) Identificar un área de extrapolación mediante las clasificaciones o los registros de precipitación, irrigación de la tierra, o los mapas de suelos cuando existan. El área de extrapolación debe ser por lo general suficientemente grande como para merecer futuros programas de producción. Cuando la extrapolación parece posible en grandes áreas, es aconsejable dividir las regiones (preferiblemente que coincidan con las divisiones existentes de tipo oficial) no mayores de 5000 hectáreas y tratarlas separadamente para la extrapolación de los resultados investigativos. Para un ejemplo de identificación de áreas de extrapolación, véase Morris y Rumbaoa (1980).
- b) Dentro del área de extrapolación seleccionada hay que identificar la localización y la frecuencia aproximada de los complejos ambientales identificados en el sitio de la investigación.
- c) Localizar las pruebas del arreglo en una distribución agrupada a lo largo del complejo o complejos ambientales deseados en las áreas de extrapolación (Fig. 1). Debido a que las áreas de extrapolación se componen de distintos complejos ambientales, es importante asegurar un diseño experimental para estas pruebas que permita la comparación del desempeño de los arreglos entre las áreas de extrapolación, aun si los investigadores están convencidos de la similitud de los complejos ambientales en las diferentes áreas de extrapolación (Cuadro 1).
- d) Establecer y manejar las pruebas. Los ensayos de multilocalización son generalmente administrados por el investigador. Los agricultores deben



*Fig. 1. Ejemplo de identificación de áreas de extrapolación y sus complejos ambientales para la asignación de terrenos de prueba localizados de manera múltiple. Los arreglos fueron desarrollados en el sitio de DARA para los complejos ambientales de tipo 1 y 3. Solo para los complejos ambientales 1 y 2 los arreglos experimentales A, B y C fueron suficientemente atractivos como para ser recomendados para mayor evaluación. La prueba de localización múltiple fue diseñada para evaluar estos tres arreglos en el área inmediatamente vecina al sitio en dos áreas separadas. Es importante limitar el tamaño de un área de extrapolación.*

estar involucrados en la preparación de la tierra, el mantenimiento del cultivo y el desyerbe, pero el personal de extensión o de investigación aplicada debe asegurar la aplicación puntual de los químicos para la fertilización y el control de enfermedades y plagas. Es importante ceñirse estrictamente al manejo especificado del arreglo:

- No irrigar una prueba donde haya lluvia, incluso si el secamiento del suelo afecta el cultivo.
- No aplicar control profiláctico de plagas o enfermedades a menos que esté especificado.
- Aplicar el control de plagas solo cuando se haya alcanzado el umbral económico especificado.
- Usar solamente el equipo de preparación de tierra especificado.
- Adherirse estrictamente a las fechas y métodos de siembra especificados.
- No cambiar los campos entre cultivos si el arreglo prueba una secuencia de cultivos.

Las muestras de rendimiento por corte deben ser usadas para calcular los rendimientos, y en los complejos ambientales con precipitación natural, ésta debe registrarse semanalmente.

- e) Evaluar el desempeño del arreglo a partir de los datos de rendimiento, asumiendo que los costos de mano de obra e insumos son los obtenidos en las pruebas.
- f) Marcar los resultados de las pruebas sobre un mapa del área e intentar asociar el mal desempeño de los cultivos del arreglo con factores de suelo o tierra.



Cuadro 1. Diseño de una prueba multilocalizada de arreglos A, B y C desarrollados en el sitio de investigación en sistemas de cultivo DARA en la Fig. 3, Capítulo 4. Los números en el cuadro representan el número de campos del complejo ambiental en el cual se prueba el arreglo para cada una de las áreas de extrapolación descritas en el ejemplo previo. Nótese que el arreglo B no fue probado en el complejo ambiental 2, área de expansión 3, porque no había suficiente tierra en esa clase para justificar el esfuerzo.

Arreglo <sup>a</sup>	Área de expansión				
	1		2	3	
	Complejo ambiental	Complejo ambiental	Complejo ambiental	Complejo ambiental	Complejo ambiental
	1	3	2	1	3
A ASS-AT	6	—	—	6	—
B Maíz-arroz-frijol mungo	6	—	6	6	—
C ASS-arroz retoño-soya	—	—	6	—	—

<sup>a</sup> ASS = arroz seco, AT = arroz transplantado.

g) Describir las condiciones en que el arreglo es adecuado y formularlas como una recomendación. Esto significa que el área de adaptación tiene que ser mapeada o asociada con límites geográficos existentes, o ser descrita en términos diferenciadores de emplazamiento — como textura del suelo o características de drenaje — que son fácilmente identificados por los funcionarios de extensión con base en una sencilla observación del campo.

Las pruebas de multilocalización deben ser hechas por los organismos de extensión o de producción o en colaboración estrecha con ellos a fin de asegurar la familiaridad con el arreglo o los arreglos recomendados y fomentar la realimentación de problemas que puedan surgir durante la etapa de extensión. Haws y Dilag (1980) también hicieron énfasis en el uso de los resultados de los ensayos de multilocalización para la formulación de propuestas de producción piloto y para generar el interés y el apoyo de los administradores locales y regionales.

Las pruebas de multilocalización de los arreglos ofrecen una oportunidad final para la evaluación de los tratamientos superimpuestos. Con ellos se pueden comparar las variedades o tasas de semilla, el espaciamiento, o las intensidades del control de malezas. Es importante asegurar que los tratamientos superimpuestos no interfieran con el tiempo de siembra del cultivo siguiente, lo que significa que las variedades utilizadas en tales pruebas deben tener una duración similar de crecimiento. Las secciones sobre ensayos superimpuestos en los capítulos sobre diseños y prueba dan más detalles.

Los arreglos de cultivo que presentan alternativas atractivas a los métodos existentes de producción conforman la base de los programas de producción piloto. Obviamente tales programas son los más fáciles de estructurar en torno a recomendaciones de bajo costo que no requieren la creación de mercados para nuevos productos. Las pruebas multilocalizadas deben, por tanto, continuar unos 2 o 3 años después del comienzo de un programa de producción piloto para poder controlar el desempeño del arreglo y permitir la comparación con los rendimientos obtenidos por los agricultores en el programa piloto de producción.

## **Programas Piloto de Producción**

La organización de programas piloto de producción involucra factores relacionados con la tecnología de producción, la estructura institucional existente y la política oficial. Este manual tiene por objeto describir métodos de investigación en sistemas de cultivo por lo cual no entra en detalles sobre las formas de estructurar, manejar y controlar las necesidades de desarrollo en programas de producción.

La introducción exitosa de arreglos de cultivo mejorados en los sistemas de producción de los agricultores depende substancialmente de la forma en que se organicen los programas de producción. Igualmente, los investigadores en sistemas de cultivo deben estar más al tanto de las consecuencias que un cambio de tecnología tiene para los programas piloto de producción. Los cambios en el apoyo institucional requerido — como el de producción de semillas, cambio en los calendarios de crédito o el apoyo en mercadeo — toman a menudo tiempo para ser ejecutados, y se necesita una comunicación pronta entre los investigadores y el personal de extensión. La sección describe los conceptos que subyacen a los programas de producción y discute brevemente los métodos usados para proporcionar crédito adicional, insumos comprados, mercados, y algún tipo de protección contra el riesgo.

### **Enfoques de Intervención o de Sumisión**

Rara vez los investigadores identificarán arreglos de cultivos que lleven a mejoras substanciales de producción operando enteramente dentro de las limitaciones de recursos de la pequeña finca. Por lo general, los aumentos de producción que pueden lograrse se relacionan con el grado en que estas limitaciones se superan. Como se comentó en el diseño de arreglos de cultivo (Capítulo 4, Cuadro 1), los investigadores pueden decidir sobre qué nivel de apoyo institucional está diseñada su tecnología y hacer frente a las consecuencias institucionales en la etapa de transferencia de tecnología. Este es el enfoque intervencionista al desarrollo tecnológico.

Alternativamente, los investigadores pueden tratar de limitar sus diseños de tecnología investigativa para que encajen completamente dentro de las limitaciones existentes en la finca — el enfoque sumiso al desarrollo tecnológico. Este enfoque exige una investigación más compleja a largo plazo que el enfoque intervencionista y generalmente resulta en una ganancia de producción más reducida a corto plazo (Zandstra et al. 1979).

En la Fig. 2 se describe el lugar de la intervención o de la sumisión en el programa para obtener la adopción de la nueva tecnología por parte de los agricultores.

### **Programas de Producción**

Los arreglos de cultivo más recomendados demandan recursos adicionales, generalmente en la forma de efectivo, mano de obra, semillas, químicos agrícolas específicos, tipos de equipo, demanda agregada para el producto, y capacidad de los agricultores para asegurar el riesgo. Un arreglo de cultivos aceptable — definido en la sección de evaluación económica de los arreglos de cultivo — pronto puede pagar por los costos adicionales de los recursos, pero

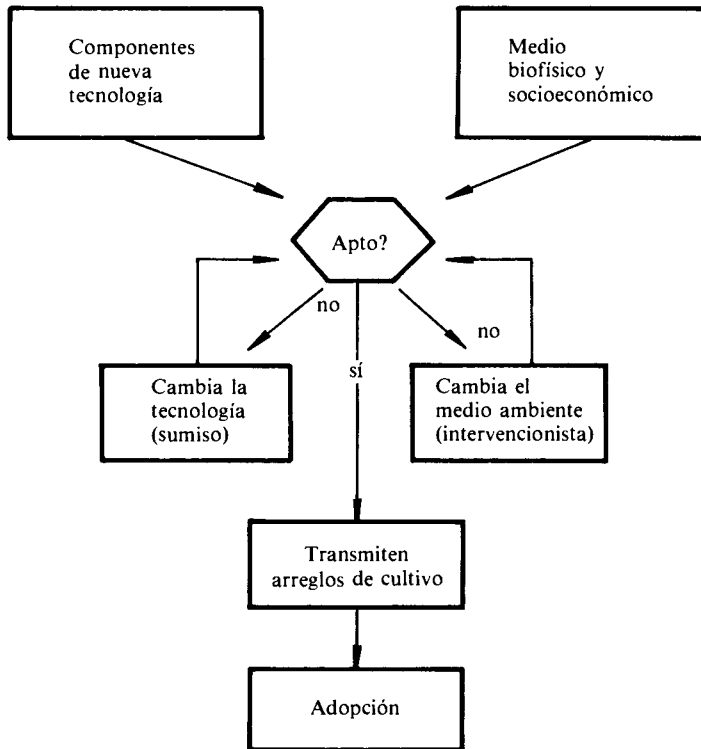


Fig. 2. Alternativas para lograr la aceptación de tecnología por parte del agricultor: modificación de la tecnología o del medio ambiente (Zandstra et al. 1979).

su adopción por los agricultores todavía estará condicionada a la disponibilidad de estos recursos.

Un programa de producción provee una institución que aumenta la estructura institucional existente hasta el grado requerido para la adopción del arreglo recomendado (Zulberti et al. 1979). Los factores que exigen mayor atención dependen de la tecnología que se va a introducir. Algunos factores comunes que requieren intervención por parte del programa de producción son:

- comprensión de las recomendaciones por parte de los agricultores.
- disponibilidad de crédito.
- disponibilidad de mano de obra durante los períodos críticos de la estación de crecimiento.
- disponibilidad y calidad de los insumos comprados, tales como semillas, químicos, y equipo especializado.
- demanda de los productos en el mercado.
- estabilidad previa de los productos.
- capacidad de los agricultores para asumir el riesgo.

Un programa de producción debe intentar poner a disposición de la comunidad agrícola los recursos adicionales que requiere la nueva tecnología. Esto requiere estructuración y coordinación cuidadosas de las actividades de varias organizaciones de servicio público.

## Programas Piloto de Producción

A menudo un programa piloto de producción tiene por objeto determinar la estructura de apoyo que se necesita en un programa de producción con el fin de definir claramente las tareas que deben completar varias instituciones y el tiempo en que deben realizarse. Los programas piloto de producción permiten una evaluación final del desempeño del arreglo de cultivo recomendado, el costo de su extensión a los agricultores y otros, y los beneficios derivados de él (Nicolas et al. 1980). Un programa piloto de producción debe ser diseñado para determinar:

- a) la intervención requerida por el programa de producción para proveer la información necesaria, crédito, insumos comprados, y mercados;
- b) la estructura de manejo requerida para asegurar la entrega a tiempo de estos factores de producción, incluyendo una definición clara de las tareas que debe realizar cada institución involucrada;
- c) el desempeño del sistema de entrega para los factores de producción, que requiere la evaluación de la opinión de los agricultores sobre la calidad y propiedad de las recomendaciones y la oportunidad y disponibilidad de los factores de producción;
- d) el grado de adopción de la práctica recomendada por parte de los agricultores y las razones para la no adopción, cuando se presenta;
- e) el costo del sistema de entrega en términos de personal de extensión y supervisión; y
- f) los beneficios adicionales de la adopción de las recomendaciones en comparación con los sistemas de producción existentes.

Los resultados del programa piloto de producción deben ser evaluados cada año (en el caso de un ciclo de producción anual) y, asumiendo un éxito continuo, introducir las modificaciones necesarias hasta que el programa sea suficientemente estable y manejable para expandirlo a una área mayor.

*Información* Las recomendaciones sobre producción agrícola deben ser tan sencillas y claras como sea posible. Es ilógico esperar que los agricultores manejen información detallada sobre el desempeño varietal en condiciones diferentes, todas las especies de insectos, todos los síntomas de enfermedades de un cultivo, y las deficiencias minerales. En cierto sentido, la estructura investigativa en el país, el equipo de investigación del emplazamiento y los programas de extensión deben proveer la capacidad de procesamiento de la información adicional a la comunidad agrícola.

Las recomendaciones del arreglo como las especifica el equipo de investigadores pueden ser complejas; ellas incluyen varios cultivos y calendarios de operación, y tiempos, métodos y niveles de las asignaciones de insumo para cada uno de los cultivos involucrados. Tales recomendaciones contienen instrucciones para tres tipos de acciones:

- a) *Acciones fijas*, las recomendaciones generales aplicables a todo el área piloto del proyecto e independientes del complejo ambiental.
- b) *Acciones condicionadas a los recursos fijos*, tales como complejo ambiental o, más específicamente, textura del suelo, presencia o ausencia de riego, o simplemente localización. De hecho esto lleva a un número de recomendaciones sencillas que difieren para cada tipo de tierra.

- c) *Acciones condicionadas a los componentes variables*, tales como los niveles umbral de insectos o enfermedades, historia anterior del campo, las condiciones de tierra-agua en ciertos momentos durante la estación de crecimiento, y la presencia o ausencia de otros componentes de las recomendaciones.

Una recomendación condicionada a un recurso fijo:

- Para tierras de fondo con suelos de textura fuerte, un arreglo de cultivos arroz-arroz, pero para planicies con textura ligera y sabanas de textura pesada, el arroz seguido de frijol mungo.

Recomendación de componentes condicionada a un suceso variable:

- Aplicar 20 kg  $P_2O_5$ /ha como aplicación basal, pero no fertilizador P después de una cosecha de maíz premonzón que ha recibido por lo menos 30 kg de  $P_2O_5$ /ha.
- Aplicar 0,75 kg a.i. de endosufán/ha para controlar los barrenadores del tallo si hay más de 5% de muertes en la etapa del brote.

La comunicación requerida para las recomendaciones condicionadas a sucesos variables es compleja y puede ser necesario que los servicios de extensión controlen las condiciones con los agricultores y produzcan recordatorios en el momento adecuado durante la estación de crecimiento. La comunicación con los agricultores depende mayormente de los niveles de estructura social y de educación en la región, que influyen sobre la efectividad de canales de comunicación tales como las carteleras noticiosas, los comités de la aldea, las asociaciones de agricultores y reuniones en general, los hábitos de escuchar radio y la aceptación del material impreso. Un primer paso básico es la asignación de extensionistas con capacidad de comunicación. El siguiente — comunicación adecuada entre investigadores y extensionistas — permite a estos familiarizarse completamente con la estructura de las recomendaciones y ser capaces de identificar los eventos fijos y variables a los cuales se condiciona la recomendación. Esto exigirá la capacitación del personal de extensión por parte de los investigadores que formulan las recomendaciones. Para un ejemplo de un calendario de capacitación empleado en preparar personal de extensión para un proyecto piloto que introdujo un sencillo arreglo de cultivos, véase Haws y Dilag (1980).

*Crédito* El uso del crédito para la producción es común, incluso en las áreas más subdesarrolladas de la pequeña agricultura. El crédito puede extenderse y ser cubierto en forma de servicios materiales o en efectivo. Puede ser facilitado por los parientes, los amigos, los prestamistas privados, las asociaciones de agricultores o los bancos oficiales o privados. Los términos del crédito y las condiciones de elegibilidad varían tan ampliamente como las fuentes.

Por tanto, el componente de crédito de un programa de producción piloto puede estructurarse de innumerables formas. Hay que analizar cuidadosamente las necesidades de crédito de todo el año para poder cumplir las prácticas recomendadas. Generalmente el crédito debe cubrir el costo de todos los insumos comprados de material y los servicios pagados en efectivo.

El calendario de pago del crédito debe permitir un tiempo considerable entre cosecha y venta, y tomar en cuenta las reducciones sustanciales de precio que la venta temprana del producto puede acarrearle al agricultor. A menos que estas reducciones se reflejen realísticamente en los cálculos de costo-beneficio,

un arreglo aparentemente benéfico puede convertirse en una propuesta de pérdida para un agricultor. Existen numerosos aspectos asociados con la estructuración de los programas de crédito para los pequeños agricultores. Los siguientes factores son importantes y deben ser considerados:

- a) El crédito debe ser oportuno para que los agricultores dispongan de fondos para las primeras operaciones de producción (preparación de tierra) bastante antes del tiempo programado. Los insumos que deben comprarse con el crédito, o a cambio de efectivo, deben estar a disposición de la comunidad agrícola en ese momento. El almacenamiento y el empaque deben ser tales que se pueda prevenir el daño durante la estación de cultivo y que se puedan enviar cantidades suficientemente pequeñas para los campos más pequeños.
- b) Los planes de crédito en el campo deben usar medidas realistas de tiempo y producción. El plan debe basarse en los niveles de rendimiento obtenidos en el manejo de la práctica recomendada por parte de los agricultores, porque los experimentos manejados por el investigador comúnmente llegan a cifras de rendimiento 30 a 60% mayores que los experimentos administrados por el agricultor.

Debido a las prácticas de cultivo múltiple del agricultor, el crédito debe fundamentarse en el plan del arreglo para el campo y aunque puedan necesitarse pagos inmediatos, los pagos finales no deben hacerse sino mucho después de completar los arreglos de cultivo (Gómez 1977). Hay que hacer provisión para permitir el replanteamiento del calendario de pago del crédito en caso de fuerza mayor.

- c) A menudo el crédito proviene de los fondos oficiales y se canaliza a través de organismos gubernamentales (bancos). Estos organismos deben ser persuadidos de que la determinación del acceso al crédito se hace mejor con base en el potencial de producción del campo y el arreglo de cultivo seleccionado. El acceso al crédito que se fundamenta estrictamente en consideraciones colaterales aumenta a menudo la disparidad entre los niveles de bienestar en las fincas y puede reducir la eficiencia asignativa del crédito.
- d) Si el personal de extensión agrícola es responsable o está involucrado en el fomento al pago de los préstamos, se le debe permitir al menos decidir la elegibilidad de crédito, y reestructurarlos en caso de fuerza mayor. Existen numerosos argumentos contra la participación del personal de asistencia técnica en la recolección del crédito porque pone de relieve un papel de supervisión más que de apoyo en relación con los agricultores. Este personal, sin embargo, está en posición única para evaluar la rentabilidad potencial de un crédito a un agricultor o la capacidad del agricultor de aplicar la recomendación.

*Disponibilidad de mano de obra* Las demandas de mano de obra de los arreglos varían substancialmente con el tiempo. Durante la etapa de diseño del arreglo, deben haberse identificado los mayores conflictos de demanda y disponibilidad. Durante los ensayos, sin embargo, se gana poca experiencia en solucionar limitaciones de mano de obra, aparte de introducir técnicas o equipos que ahorren este recurso. Cuando la adopción de los arreglos recomendados requiere equipo nuevo adicional, puede crearse una rápida demanda de ese equipo como consecuencia de la adopción parcial inicial. La disponibilidad de

crédito para compras de equipo puede determinar la tasa de introducción de equipo y el grado de adopción del arreglo.

*Mercados* Una amplia variedad de instituciones influye sobre el desempeño de los mercados. Por tanto, es difícil identificar las fuentes específicas de probables deficiencias. Cualquiera de las funciones de los sistemas de mercadeo — reunión, transporte, procesamiento, distribución y precios—puede, si se realiza ineficientemente, producir dificultades (Smith 1977). Estas funciones se asocian con el mercado para productos así como con el mercado, igualmente importante, para insumos comprados — semillas mejoradas, fertilizantes, máquinas, químicos, etc.

La introducción de recomendaciones que requieren el uso de nuevos insumos exige experiencia en anticipar las demandas y coordinar la orden de compra de estos insumos. En los programas piloto de producción, el proyecto puede aportar tal experiencia. Finalmente, estas actividades tendrán que ser asumidas por las instituciones existentes y deben incluir control de la calidad para los insumos químicos y las semillas.

Smith (1977) subraya la importancia de evaluar los costos y los recursos reales usados en el mercadeo como parte de un programa de producción piloto. El desarrollo de mercados para los muchos cultivos nuevos en el área requieren investigaciones específicas y acción oficial.

*Planes integrados de producción* Los cuellos de botella insumo-suministro pueden ser evitados mediante una planificación cuidadosa de programas integrados de producción. A menudo estos usan arreglos contractuales y aseguran la disponibilidad de insumos y un mercado de productos que funciona bien para los agricultores. Tales programas pueden ser oficiales o privados. En el último caso a menudo se trata del planificador de productos comerciales de alto valor como tabaco, café y cacao. Sin embargo, no existe razón para que estos enfoques no puedan ampliarse a los cultivos alimenticios si existe un MBCR suficientemente grande para los insumos adicionales requeridos por las recomendaciones (Zandstra et al. 1979). No existe evidencia de tales arreglos de producción integrada para la introducción de tecnología que involucre uso de tierra para cultivos múltiples durante una estación completa de crecimiento.

*Riesgo* Los pequeños agricultores asumen el riesgo, básicamente mediante la asignación a un solo cultivo de un capital prestado substancial. Su capacidad para asumir riesgos puede limitar la adopción de tecnología de altos insumos. Hay una gran cantidad de literatura sobre medición del riesgo y reacción de los agricultores. Sin embargo, ha habido poca experimentación con métodos para compartir el riesgo entre los agricultores y los organismos de crédito o los planes de producción integrada. Cuando los contratos de producción aseguran la disponibilidad de insumos y los mercados del producto, un componente substancial del riesgo del agricultor es asumido por el programa. Para ir más allá se necesitan arreglos contractuales complejos y cálculos costosos de los rendimientos (Zandstra et al. 1979).

Cuando los arreglos de cultivo han sido probados por varios años y han mostrado una estabilidad substancial, tal vez es suficiente hacer arreglos apropiados para replanificar el calendario de préstamos en el caso de calamidades naturales no previsibles.

## **Coordinación de Actividades Institucionales**

Las actividades del programa piloto en comunicación, provisión de crédito, y seguridad de la disponibilidad de insumos y mercados normalmente involucran varias instituciones oficiales privadas. El programa piloto de producción interviene de manera fuerte en la comunidad de la aldea; a menudo amenaza las instituciones existentes o las relaciones de dependencia social y política en la región. Para tener éxito, los programas piloto para los pequeños agricultores deben estar basados, por tanto, en un genuino compromiso político de mejorar la situación de los pequeños agricultores. Los planificadores y los administradores de los programas piloto de producción deben involucrar todos los grupos afectados por el plan. Cuando hay aspectos de mercadeo involucrados, se debe tener mucho cuidado de no antagonizar a los servicios de mercado existentes.

Un enfoque útil para la coordinación de actividades es conformar un comité de manejo que asesore sobre la política del programa piloto (Nicolas et al. 1980), compuesto de agricultores locales (líderes o representantes de los grupos de agricultores), líderes políticos locales (gobernadores, alcaldes, etc.) y directores regionales de instituciones de extensión, crédito (representantes de bancos), e investigación y mercadeo agrícola. El comité deberá definir el alcance del programa y las tareas por las que cada grupo asume responsabilidad.

La actividad general del programa piloto debe ser presentada en forma de calendario, si es posible gráficamente, en forma de diagrama de Técnicas de Evaluación y Revisión del Proyecto (PERT). Todas las acciones que se deben completar en ciertos momentos necesitan ser identificadas mediante análisis cuidadosos. El grupo de extensión debe determinar el número de puntos de contacto entre el programa y los agricultores, y clasificarlos en cuatro tipos:

- a) Contactos requeridos con los agricultores individualmente a nivel de la finca.
- b) Contactos requeridos con los grupos de agricultores en las áreas aldeanas (reunión de grupos o carteles).
- c) Contactos requeridos con agricultores individuales en las oficinas (oficinas bancarias o de extensión), y
- d) contactos con una muestra de agricultores individuales en el campo (inspección).

Nótese que un punto de contacto debe incluir toda visita de personal del proyecto (extensión, crédito, mercadeo o político) a la comunidad agrícola, y cualquier visita a nivel de aldea o de pueblo que haga el agricultor al proyecto y que esté asociada con el proyecto piloto de producción.

Los contactos deben reducirse a aquellos necesarios para asegurar una transferencia fácil de información y bienes. Hay que tener cuidado de evitar viajes innecesarios de los agricultores a las oficinas y combinar varias actividades en cada punto de contacto. Hay que elaborar también una lista de acciones para completar y los prerrequisitos en cada punto de contacto (Cuadro 2). De este esbozo y del calendario mencionado antes (PERT) de los puntos de contacto, puede hacerse una agenda (acciones y fechas límites) para los agricultores, el personal de extensión, la institución de crédito, y el grupo responsable por la disponibilidad de insumos y los proveedores.

La realización de programas piloto de producción puede requerir incentivos especiales que motiven al personal de extensión (Haws y Dilag 1980). Cuando



**Cuadro 2. Ejemplo de un análisis de actividad y prerrequisitos para el agricultor y el programa piloto de producción para un punto de contacto seleccionado. (Contacto Tipo No. 3: Cada agricultor individual visita las oficinas para recoger el préstamo (efectivo e insumos) Fecha: de diciembre 1 a enero 10.)**

Prerrequisitos (programa)	Acciones	Prerrequisitos (agricultor)
<p>1. Miembros del personal de extensión tienen y comprenden las recomendaciones por tipo de campo. Se han proporcionado los mensajes para ser discutidos con los agricultores. Se ha especificado la flexibilidad tolerada en la recomendación. El plan de información debe ser obtenido del agricultor. Están listos el formulario de tipo de campo, el crédito y el contrato TA.</p>	<p>1. El agricultor visita la oficina de extensión. • El banco inspecciona el formulario de tipo de campo (parcela, tamaño). • El banco formula recomendaciones. • El banco recoge la cuota de inscripción. • El banco firma el crédito y el contrato de asistencia técnica (TA). • El banco entrega el permiso de crédito para los insumos materiales en efectivo.</p>	<p>1. El agricultor debe ser un prestatario aprobado.</p>
<p>2. Los fondos crediticios del proyecto están disponibles. La lista de suministradores aprobados se aficha</p>	<p>2. El agricultor visita el banco. • El banco confirma el crédito y el contrato de TA, guarda copia. • El banco endosa el permiso de entrega de insumos materiales. • El banco libera el componente de efectivo.</p>	<p>2. El agricultor tiene: crédito y contrato TA firmado por la finca y la extensión; el permiso de entrega de crédito para insumos de efectivo y materiales.</p>
<p>3. Los materiales están disponibles La calidad (particularmente de la semilla) ha sido inspeccionada.</p>	<p>3. El agricultor visita los suministradores aprobados. • Entrega de los insumos materiales.</p>	<p>3. El banco endosa los permisos de entrega de insumos materiales.</p>

sea posible, estos incentivos deben fomentar las visitas de campo; estos incentivos pueden incluir las provisiones para la movilización del personal y el cubrimiento de gastos durante estas visitas. Los incentivos en forma de pagos extras pueden ser difíciles de mantener una vez que el programa crezca más allá de la etapa piloto, cuando existe el peligro de que el personal de extensión no recibe tanta atención, apoyo o incentivos financieros como en la etapa piloto. Este efecto de dilución a menudo reduce el impacto del proyecto en etapas posteriores.

La etapa de ejecución debe estar acompañada de un proceso de control y evaluación que permita acción correctiva sobre problemas tales como entrega a destiempo de préstamos y falta de insumos y transporte. El control debe también permitir la evaluación del desempeño de la recomendación, medida por los estimativos del rendimiento y el grado de adopción o modificación de las prácticas recomendadas por parte del agricultor. Para una comparación de la adopción de los agricultores asociada con diferentes programas de producción véase Zandstra (1979, pp 226-228).

La coordinación de los programas piloto de producción requiere el apoyo entusiasta del personal de los organismos locales, y tal apoyo debe ser generado dándoles reconocimiento total en los informes y las reuniones.

## Referencias

- Ali, Jakhro Anwar. 1979. Variability of rice yield response to fertilization in a Santa Rita series in Iloilo in relation to some soil chemical properties. Tesis de doctorado, sin publicar, University of the Philippines en Los Baños, Laguna, Philippines.
- Barlow, C., S. Jayasuriya, N. Roxas, L. Yambao, C. Bantilan y C. Maranan. 1979. Measuring the economic benefits of new technologies to small rice farmers. IRRRI Res. Pap. Ser. 28. 21 p.
- Beek, J. J. y J. Bennema. 1972. Land evaluation for agricultural land use planning, an ecological method. Department of Soil Science and Geology, University of Agriculture, Wageningen, The Netherlands.
- Beek, K. H. 1978. Land evaluation for agricultural development. Some explorations of land use systems analysis with particular reference to Latin America. Tesis de doctorado, Agricultural University Wageningen, ILRI, Wageningen, The Netherlands.
- Brady, N. C. 1977. Increased food production through expansion and intensification of soil and land use. Pages 3-18 *en* Society of the Science of Soil and Manure, Japan. Proceedings of the international seminar on soil environment and fertility management in intensive agriculture (SEFMIA) Tokio-Japón, 1977. Tokio.
- Cady, F. B., and R. J. Laird. 1973. Treatment design for fertilizer use experimentations. CIMMYT Res. Bull. 9. Londres 40, Mexico, D.F.
- Cropping Systems Working Group. 1976a. Third Cropping Systems Working Group Meeting, 16-18 February 1976, Thailand. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Cropping Systems Working Group. 1976b. Fourth Cropping Systems Working Group Meeting, 20, 24, 25 September 1976, Philippines. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Cropping Systems Working Group, 1977. Fifth Cropping Systems Working Group Meeting, 15-22 February 1977, Bangladesh. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Doorenbos, J., and A. H. Kassam. 1979. Yield response of water. FAO Drainage and Irrig. Pap. 33.
- FAO (Food and Agriculture Organization) 1971. Soil survey project. Bangladesh, Agricultural development possibilities. AGL:SF/PAK 6, Tech. Rep. 2.
- Flinn, J. C. 1979. Agro-economic considerations in cassava intercropping research. *En* E. Weber, B. Nestle, and M. Campbell, eds. Intercropping with cassava. Proceedings of the International Workshop held at Trivandrum, India, 27 November-1 December 1978. International Development Research Centre, Ottawa, Ontario, Canada.
- Garrity, D. P., R. R. Harwood, H. G. Zandstra, and E. C. Price. 1979. Determining superior cropping patterns for small farms in a dry-land rice environment: test of a methodology. IRRRI Res. Pap. Ser. 33. 11 p.
- Gomez, A. 1977. Cropping systems approach to production program: the Philippine experience. Pages 441-450 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium in cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Harwood, R. R. 1974. Resource utilization approach to cropping systems improvement. *En* International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics. International workshop on farming systems, 18-21 November, 1974. Hyderabad, India.
- Harwood, R. R. [1975]. Farmer-oriented research aimed at crop intensification. Pages 12-32 *en* International Rice Research Institute. Proceedings of the cropping systems workshop. Los Baños, Philippines.
- Harwood, R. R. y E. C. Price. 1976. Multiple cropping in tropical Asia. *En* R. I. Papendick, P. A. Sanchez, and G. B. Triplett, eds. Multiple cropping American Society of Agronomy Spec. Publ. 27.
- Haws, L. D. y R. T. Dilag, Jr. 1980. Development and implementation of pilot production programs. Paper presented at the Cropping Systems Conference, 3-7 March 1980. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

- Hobbs, P. R., E. J. Clay y M. Z. Hoque. 1979. Cropping patterns in deep-water areas of Bangladesh. Pages 197-213 *en* International Rice Research Institute. Proceedings of the 1978 international deepwater rice workshop. Los Baños, Philippines.
- Hobbs, P. R. Syarifuddin. A. K. y H. Manzano. 1980. Report of the Committee on Cropping Patterns. *En* Cropping Systems Working Group, 1980. 9th Cropping Systems Working Group Meeting, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Hoque, Z., P. R. Hobbs y N. I. Miah. 1976. Report on the 1975-76 boro crop cut studies in the BRRI Pilot Project Area. Rice Cropping Systems Bull. 5. BRRI, Bangladesh Sept. 1976. 20 p.
- Houser, G. F. 1970. A standard guide to soil fertility investigations on farmers fields. Soils Bull. 11, FAO, Rome.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1976. Annual report for 1975. Los Baños, Philippines, 470 p.
- IRRI (International Rice Research Institute). 1978. Research highlights for 1977. Los Baños, Philippines. 122 p.
- Ismail Inu G., H. S. Subprapto, Saberjasa, Joharisasa, Suryatna Effendi y J. L. McIntosh. 1978. Cropping systems research in transmigrating areas. Southern Sumatra. Director General of Transmigration and Central Research Institute for Agriculture. Bogor, Indonesia.
- Laird, R. J. 1968. Field technique for fertilizer experiments. CIMMYT Res. Bull. 9. Londres 40, Mexico, D.F.
- Litsinger, J. A. 1977. Pest-management research methodology on farmers' fields in a cropping systems program. Pages 313-324 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Litsinger, J. A., M. D. Lumaban, J. P. Bandong, P. C. Pantua, A. T. Barrion, R. F. Apostol y Ruhendi. 1980. A methodology for determining insect control recommendations. IRRI Res. Pap. Ser. 46. 31 p.
- Mathema, S. B., y M. G. van der Veen. 1978. Socioeconomic research on farming systems in Nepal: a key informant survey in five cropping systems research sites. H.M.G. Dept. of Agriculture Integrated Cereals Project, Nepal. 1978.
- McIntosh, J. L. y S. Effendi. 1979. Network methodology and cropping systems research in South and Southeast Asia. *En* Cropping Systems Working Group Report. Central Research Institute for Agriculture, July 1979. Bogor, Indonesia.
- Menegay, M. R. [1975]. Socioeconomic factors affecting cropping systems for selected Taiwan farmers. pages 231-251 *en* International Rice Research Institute. Proceedings of the cropping systems workshop. Los Baños, Philippines.
- Moormann, F. R. y N. Van Breemen. 1978. Rice: soil, water, land. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 185 p.
- Morris, R. A., H. G. Zandstra y H. C. Gines. 1979. An application of cropping systems research to an environmental complex. Paper presented at the American Society of Agronomy Meetings, 5-9 August 1979. Fort Collins Colorado, USA. (mimeo).
- Morris, R. A. y H. G. Zandstra. 1979. Land and climate in relation to cropping patterns. Pages 255-274 *en* International Rice Research Institute. Rainfed lowland rice: selected papers from the 1978 international rice research conference. Los Baños, Philippines.
- Morris, R. A. y F. M. Rumbaoa, Jr. 1980. Rainfall recurrence analysis for extrapolating rice-based cropping patterns. pages 223-233 *en* World Meteorological Organization and the International Rice Research Institute. Proceedings of a symposium on the agrometeorology of the rice crop. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Nicolas, J. S., E. C. Price, R. T. Dilag, Jr. y L. D. Haws. 1980. An evaluation of the Iloilo Province Kabsaka Program for 1978-1979. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines (mimeo.)
- Panabokke, C. R. 1974. Application of rainfall confidence limits to crop water requirements in dry zone agriculture in Sri Lanka, J. Mat. Sci., Sri Lanka, 2.
- Panabokke, C. R. 1976. The need for research in cropping systems in Sri Lanka. *En* Proceedings of the cropping systems workshop, Maha Illuppallama, Sri Lanka, April 20-21, 1976. Department of Agriculture, Peradeniya, Sri Lanka.
- Perrin, R. K., D. L. Winkelmann, E. R. Moscardi y J. R. Anderson. 1976. From agronomic data to farmer recommendations: an economics training manual. CIMMYT, Mexico City.
- Raymundo, M. E. 1977. Physical environment in rice-based cropping systems. Lecture for the six-month Cropping Systems Training Course, 22 Dec. 1977, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. (mimeo.)
- Saefuddin, A. S. N.; A. Hidayat y S. Tadjuddin. 1977. Preliminary results of cropping systems research in Indramayu, 1976-77. Pages 127-144 *en* Report of the sixth cropping systems working

- group meeting, Sri Lanka, December 13-17, 1977, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Smith, E. D. 1977. Assessment of the capacity of national institutions to introduce and service new technology. Pages 425-441 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Strout, A. M. 1975. Some definitional problems with "multiple crop diversification." *Philipp. Econ. J.* 27(14): 308-316.
- Waugh, D. L., R. P. Kate, Jr. y L. A. Nelson. 1973. Discontinuous models for rapid correlation, interpretation and utilization of soil analysis and fertilizer response data. *North Carolina Tech. Bull.* 7.
- Wong, L. E. 1975. Cropping systems and high utilization of arable land in Korea. *En Studies on the multiple cropping systems in Korea (symposium)*. Seoul National University, 1975. Published by the Crop Improvement Research Institute, Office of Rural Development, Seoul, Korea.
- Zandstra, H. G. 1976. A framework in which to relate environmental factors to cropping systems potential. *En Workshop on environmental factors in cropping systems*, April 9-10, 1976. International Rice Research Institute, Office of Rural Development, Seoul, Korea.
- Zandstra, H. G. 1977. Cropping systems research for the Asian rice farmer. Pages 11-30 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Zandstra, H. G. 1979. Cropping systems research for the Asian rice farmer. *Agric. Systems* 4:135-152.
- Zandstra, H. G. y V. R. Carangal. 1977. Crop intensification for the Asian rice farmer. *Agric. Mech. Asia*, Summer 1977 issue, p. 21-30.
- Zandstra, H. G. y E. C. Price. 1977. Research topics critical for the identification of rice-based cropping systems. Paper presented as background paper for research programming meeting on cropping systems program, 3 May 1977, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. (mimeo.)
- Zandstra, H. G., K. G. Swanberg, C. A. Zulberti y B. L. Nestel. 1979. Experiences in rural development, the Cacqueza project. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.
- Zulberti, C. A., K. G. Swanberg y H. G. Zandstra. 1979. Technology adaptation in a Colombian rural development project. Pages 143-165 *en* A. G. Valdez, G. M. Scobie, and J. A. Dillon, eds. *Economics and the design of small farm technology*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

## Otras Lecturas

Presentamos referencias seleccionadas de artículos generales sobre cada una de las actividades de investigación en sistemas de cultivo

### Descripción del Emplazamiento

#### *Tierra*

- Conacher, A. J. y J. B. Dalrymple. 1977. The nine unit land surface model: an approach to pedo-geomorphic research. *Geoderma* 18:1-154.
- Desaunettes, J. R. 1977. Catalogue of landforms for Indonesia — examples of a physiographic approach to land evaluation for agricultural development. Working Paper 13. Land Capability Appraisal, Project Soils Research Institute, Bogor, Indonesia.
- Hanna, W. E., L. A. Daugherty y R. W. Arnold. 1975. Soil-geomorphic relationship in a first-order valley in Central New York. *SSSAP* 39:716-722.
- Moormann, F. R. y N. van Breemen. 1978. Rice: soil, water, land. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 185 p.
- Oschwald, W. R., F. F. Riecken, R. I. Diderksen, W. H. Scholates y F. W. Schaller. 1965. Principal soils of Iowa. Spec. Rep. 42. Iowa State University Science and Technological Cooperative Extension Service.
- Ruhe, R. 1969. Quarternary landscapes of Iowa. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.

#### *Clima*

- Jackson, I. J. 1977. Climate, water and agriculture in the tropics. Longman, London.
- Morris, R. A. y H. G. Zandstra. 1979. Land and climate in relation to cropping patterns. Pages 225-274 *en* International Rice Research Institute. Rainfed lowland rice: selected papers from the 1978 International Rice Research Conference. Los Baños, Philippines.
- Olderman, L. R. y D. Suardi. 1977. Climatic determinants in relation to cropping patterns. Pages 61-81 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Owen, W. F. 1966. The double developmental squeeze on agriculture. *Am. Econ. Rev.* 56:43-67.
- Raj, P. C. A. 1979. Onset of effective monsoon and critical dry spells. Water Technological Centre. Indian Agricultural Research Institute, New Delhi.
- Sastry, P. S. N. 1976. Climate and crop planning with particular reference to rainfall. Pages 51-63 *en* International Rice Research Institute. Climate and rice. Los Baños, Philippines.
- Viessman, W., T. E. Harbaugh, and J. W. Kuapp. 1972. Introduction to hydrology. Intext Educational Publication, New York.
- Zandstra, H. G., J. F. Angus y M. M. Tamisin. 1980. Climatic factors in rice-based cropping systems. Pages 127-139 *en* World Meteorological Organization and the International Rice Research Institute. Proceedings of a symposium on the agrometeorology of the rice crop. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

#### *Aspectos económicos y sociales*

- Banta, G. R. 1977. Information required for description of cropping systems. Pages 151-165 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer. Los Baños, Philippines.
- Bernsten, R. 1979. Design and management of survey research: a guide for agricultural researchers. CRIA/IRRI Cooperative Program. Central Research Institute for Agriculture, Bogor, Indonesia.
- Calkins, P. H. 1978. Why farmers plant what they do. *Tech. Bull.* 8(78-74). Asian Vegetable Research and Development Center, Taiwan.

- Cobos, A. B. y S. C. Gongoza. Una metodología para identificación y análisis de sistemas de producción agropecuarios en áreas de pequeños productores. Tech. Bull. 61. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, Colombia.
- Collinson, M. P. 1972. Farm management in present agriculture: a handbook for rural development planning Africa. Praeger, New York.
- Djauhari, A. 1977. Cropping patterns in Indramayu and Central Lampung areas: result of baseline survey. Agricultural Economics Department, Central Research Institute for Agriculture, Bogor, Indonesia.
- Hart, R. D. 1976. One farm system in Honduras: a case study in farm systems research. Paper given at Farming Systems Research and Development Workshop, Consortium for International Development, 2-4 August 1979, Fort Collins.
- Hildebrand, P. E. 1979. Summary of the Sondeo methodology used by ICTA. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (mimeo.)
- Jodha, N. S., M. Asokan y J. G. Ryan. 1977. Village study methodology and resource endowments of the selected villages in ICRISAT's village level studies. Occasional Pap. 16. Economic Program, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Hyderabad, India.
- Menegay, M. R. [1975]. Socioeconomic factors affecting cropping systems for selected Taiwan farmers. Pages 231-251 *en* International Rice Research Institute. Proceedings of the cropping systems workshop. Los Baños, Philippines.
- Norman, D. W. 1972. An economic survey of three villages in Zaria Province. (2. Input-output study, Vol. 1, Text). Samuru Misc. Pap. 37. Institute for Agricultural Research. Samaru, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria.
- Seetisarn, M. 1977. Farm and aggregate-level description of multiple cropping. Pages 139-150 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.

## Diseño de Arreglos de Cultivos

### *Consideraciones agronómicas*

- Brammer, H. 1977. Incorporation of physical determinants in cropping pattern design. Pages 83-95 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Doorenbos, J. y A. H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Drainage and Irrigation Pap. 33.
- Gines, H. C., R. Torres y R. A. Morris. 1980. The new cropping systems program site in Solana, Cagayan: a preliminary overview. Paper presented at the 1st Annual Review of the Agricultural research and development program of CIADP, PADAP, and BRDBP. IRR1, Cropping Systems Program. (mimeo.)
- Zandstra, H. G. 1980. Effects of soil moisture and texture on the growth of upland crops after wetland rice. Paper presented at the Cropping Systems Conference, 3-7 March 1980, International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.

### *Consideraciones económicas*

- Jodha, N. S. 1977. Resource base as a determinant of cropping patterns. Pages 101-126 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Mathema, S. B. y M. G. van der Veen. 1980. Parcel farm and community level variables influencing cropping intensity: Pumdi Bhumdi, Nepal. Cropping Systems Program Tech. Rep. Agronomy Division. Department of Agriculture, Ministry of Food and Agriculture. His Majesty's Government, Kathmandu, Nepal.
- Price, E. C. 1977. Economic criteria for cropping pattern design. Pages 167-181 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Valdez, A., G. M. Scobie y J. L. Drillon. 1979. Economics and the design of small farmer technology. Iowa State University Press, Ames, Iowa.

## Ensayos

### *Arreglos de cultivos*

- Barlow, C., S. Jayasuriya, V. Cordova, N. Roxas, L. Yambao, C. Bantilan y C. Maranan. 1979. Measuring the economic benefits of new technologies to small rice farmers. IRR1 Res. Pap. Ser. 28. 21 p.

- De Datta, S. K., K. A. Gomez, R. W. Herdt y R. Barker. 1978. A handbook on the methodology for an integrated experiment-survey on rice yield constraints. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 59 p.
- Norman, D. W. y R. W. Palmer-Jones. 1977. Economic methodology for assessing cropping systems. Pages 241-259 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Perrin, R. K., D. L. Winkelmann, E. R. Moscardi y J. R. Anderson. 1976. From agronomic data to farmer recommendations: an economic training manual. Inf. Bull. 27. Centro International de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Mexico City.

#### *Control de malezas*

- Burrill, L. C., J. Cardenas, y E. Locatelli. 1976. Field manual for weed control research. International Plant Protection Center, Oregon State University, Corvallis, Oregon. 59 p.
- Moody, K. 1977. Assessment methods for determining crop losses caused by weeds. Pages 135-140 *en* Fifth BIOTROP weed science training course, lecture notes. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Shaw, W. C. 1979. Integrated weed management systems technology. Paper presented at the Coston Weed Science Research Conference, 7-11 January 1979, Phoenix, Arizona.
- Wilkinson, R. E., ed. 1972. Research methods in weed science. Southern Weed Science Society, Atlanta, Georgia.

#### *Control de plagas de insectos*

- Litsinger, J. A., M. D. Lumaban, J. P. Bandong, P. C. Pantua, A. T. Barrion, R. F. Apostol y Ruhendi. 1980. A methodology for determining insect control recommendations. IRRRI Res. Pap. 46 31 p.
- Perrin, R. M. 1977. Pest management in multiple cropping systems. *Agro-ecosystem* 3:93-118.
- Van Emden, H. F. 1977. Insect-pest management in multiple cropping systems — a strategy. Pages 325-343 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.

#### *Fertilidad de suelos*

- Cady, F. B. y R. J. Laird. 1973. Treatment design for fertilizer use experimentations. CIMMYT Res. Bull. 26.
- Kemphorne, O. 1952. The design and analysis of experiments. John Wiley, New York.
- Waugh, D. L., R. B. Cate, Jr. y L. A. Nelson. 1973. Discontinuous models for rapid correlation, interpretation, and utilization of soil analysis and fertilizer response data. International soil fertility evaluation and improvement program. Tech. Bull. 7:1-77.

#### *Ensayo de variedades*

- Carrangal, V. R. y E. C. Godilano. 1977. Varietal performance testing of rice and upland crops in IRRI and the Philippine cropping systems outreach sites in 1976-77. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. (mimeo.)
- Catedral, I. G. y R. M. Lantican. 1977. Evaluation of legumes for adaptation to intensive cropping systems. II. *Glycine max*. Philipp. J. Crop Sci. 2:67-71.
- Francis, C. A., C. A. Flor y S. R. Temple. 1976. Adopting varieties for intercropping systems in the tropics. Pages 235-253 *in* R. A. Papendick, P. A. Sánchez y G. B. Triplett, eds. Multiple cropping. ASA Spec. Publ. 27. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Francis, C. A. y J. H. Sanders. 1978. Economic analyses of bean and maize systems: monoculture versus associated cropping. *Field Crops Res.* 1:319-335.
- Lantican, R. M. y I. G. Catedral. 1977. Evaluation of legumes for adaptation to intensive cropping systems. I. Mungbean *Vigna radiata* (L.) Wilczek. Philipp. J. Crop Sci. 2:62-66.
- Thung, M. y J. H. Cock. 1979. Multiple cropping cassava and field beans: status of present work at the International Centre of Tropical Agriculture (CIAT). Pages 7-16 *en* Intercropping with cassava: proceedings of an international workshop held at Trivandrum, India, 27 Nov.-1 Dec. 1978. Ottawa, Ontario, IDRC.
- Wiley, R. W. 1978. Intercropping: its importance and its research needs. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Hyderabad, India.



## Introducción de Nueva Tecnología

- Benor, D. y J. Q. Harrison. 1977. Agricultural extension: the training and visit system. Washington. International Bank for Reconstruction and Development (IBRD).
- Gomez, A. 1977. Cropping systems approach to production program: the Philippine experience. Pages 227-239 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Harwood, R. R. 1979. Small farm development. IADS Development-Oriented Literature Series. Westview Press.
- Haws, L. D. 1979. Utilization of site related research in multilocation testing. Pages 19-32 *en* Report of the 8th Cropping Systems Working Group. May 28-31, 1979, Nepal. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Mosher, A. T. 1971. To create a modern agriculture. Organization and Planning Agricultural Development Council, New York.
- Morris, R. A. y F. M. Rumbaoa, Jr. 1980. Rainfall recurrence analysis for extrapolating rice-based cropping patterns. Pages 223-233 *en* World Meteorological Organization and the International Rice Research Institute. Agrometeorology of the rice crop. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines.
- Nicolas, J., D. Galang, D. Garrity, G. Huelgas, A. Garcia y E. C. Price. 1976. Removing constraints that limit adoption of the rice-sorghum pattern in Tanauan, Batangas. IRRI Agricultural Economics Department Staff Pap. 76-31. Los Baños, Philippines. (mimeo.)
- Norman, D. W. y H. M. Henry. 1979. Developing a suitable technology for small farmers. International Development.
- Schultz, T. W. 1964. Transforming traditional agriculture. Yale University Press, New Haven.
- Smith, E. D. 1977. Assessment of the capacity of national institutions to introduce and service new technology. Pages 425-439 *en* International Rice Research Institute. Proceedings, symposium on cropping systems research and development for the Asian rice farmer, 21-24 September 1976. Los Baños, Philippines.
- Zandstra, H. G., K. G. Swanberg, C. A. Zulberti y B. L. Nestel. 1979. Experiences in rural development, the Caqueza project. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.



# Apéndices

## Apéndice 1

### *Determinación de las Tasas de Fertilizante para los Cultivos en los Sistemas de Cultivo*

R. A. Morris

Agrónomo, Multiple Cropping Department, IRRI, Los Baños, Philippines.

Con el fin de determinar las tasas de fertilizante para los arreglos de cultivos, hay que hacer las siguientes preguntas :

- ¿Cuál es el cultivo y cuál es el requerimiento de nutrientes tanto para rendimientos altos — como para rendimientos moderados?
- ¿Qué se sabe sobre los patrones de consumo de nutrientes durante el crecimiento del cultivo?
- ¿Cuál es el tipo de suelo y cuánto de cada nutriente requerido puede suministrar?
- ¿Cuáles son las recomendaciones actuales de fertilizante para cada unidad o región de suelo que se mapea? ¿Es fácil realizar análisis de suelo y son sus datos confiables? (Es decir, ¿se ha calibrado la prueba de suelos para los suelos y los cultivos del arreglo?) Es importante saber pronto si un elemento es deficiente. Más tarde, puede ser necesario determinar los niveles “óptimos” para varios complejos ambientales reconocidos. Finalmente, se puede necesitar determinar los efectos residuales y comparar los métodos practicables de mejorar la eficiencia del fertilizante.
- ¿Puede estratificarse el emplazamiento con base en sus rasgos?

Otras preguntas se relacionan con la capacidad de hacer investigación :

- ¿Cuán diversificada es el área que va a estudiarse?
- ¿Qué tanto es el personal de investigación y qué tan familiarizado está con la investigación sobre fertilidad de suelos, los diseños experimentales y los métodos de análisis de datos?
- ¿Cuáles son los objetivos inmediatos y los de largo plazo?

En cuanto análisis e interpretación de datos — un estudio sobre fertilizantes solo está completo cuando los datos son adecuadamente interpretados — debe preguntarse lo siguiente :

- ¿Cuáles son los precios actuales del fertilizante y el producto?
- ¿Comprarán los agricultores el fertilizante bajo los anuncios de préstamos de producción auspiciados por el gobierno?
- ¿Serán subsidiados los fertilizantes — o se reducirá algún subsidio actual?
- ¿Qué tan específica debe ser la recomendación del fertilizante? Y, puede justificarse una recomendación específica?

El enfoque de investigación se verá afectado por la información sobre antecedentes como experimentos anteriores de respuesta al fertilizante, resultados de las pruebas de suelos, mapas e información relacionada. El enfoque también se verá afectado por el número y experiencia del personal de investigación y la complejidad del sitio.

### *Diferencias de Respuestas del Cultivo a los Fertilizantes*

Hay que tener presente que se esperan diferentes respuestas a los fertilizantes de un campo a otro, inclusive cuando se escogen campos similares en suelos y regímenes de agua. Las diferencias se deben en parte a las diferencias en los materiales del suelo, las prácticas anteriores de manejo, y la historia del cultivo. En algunos campos, los agricultores pueden haber aplicado grandes cantidades de fertilizante, que aún tienen efecto residual. En otros campos, la disponibilidad de nutrientes para el cultivo que viene puede ser alta porque el cultivo precedente solamente tomó pequeñas cantidades de nutrientes debido a la sequía.

Hay numerosas razones para no esperar reproducción en las respuestas al fertilizante. El objetivo debe ser encontrar una tasa de fertilizante que sea cercana a la *óptima* para un gran número de campos en una área, debido a que la tasa es un componente de una prueba de viabilidad económica de un arreglo de cultivos para un área grande. Por tanto, hay que probar varios campos en un programa de investigación de fertilizantes, y, si el tiempo lo permite, probar esos campos por varios años.

Las recomendaciones se especifican a menudo en términos de sacos de fertilizante o incrementos de fertilizante de 10 o 20 kg/ha. No se requieren datos costosos que ofrezcan mayor precisión en los cálculos.

## ***Enfoques Alternativos***

Al comienzo de la investigación sobre tasas de fertilizantes, hay que examinar cada complejo ambiental del sitio que haya sido seleccionado para la investigación en sistemas de cultivo (véase Capítulo 3, Selección de Complejos Ambientales). Hay que reconocer los tipos de suelo, las clases de textura, la mineralogía y las condiciones hidrológicas predominantes. Hay que examinar los mapas existentes de suelos y las investigaciones previas así como consultar a los científicos de suelos para determinar qué eficiencias generales pueden esperarse. El proceso de diseño del arreglo determinará los cultivos y los períodos de crecimiento para los cuales se deben determinar las recomendaciones de fertilizantes. Generalmente para estos cultivos se conocen los requerimientos aproximados de nitrógeno, fósforo y potasio, proveyendo un punto de partida para el diseño inicial del arreglo y los ensayos de recomendación de fertilizantes.

Se presentan dos enfoques que difieren en complejidad de diseño y análisis y en dificultad conceptual.

- Ejemplo 1. Asumamos, a partir de estudios previos en el área, que el cultivo responde a por lo menos 50 kg N/ha. Las respuestas al fósforo y al potasio son inciertas. El interés está en ensayar la respuesta a unas tasas mayores de nitrógeno y a la deficiencia de fósforo y potasio. Se tiene suficiente personal para realizar un experimento convencional moderadamente grande más seis pequeñas pruebas superimpuestas de N-P-K y se cuenta con alguien dentro del personal que está familiarizado con la computación del análisis estadístico básico con una calculadora de bolsillo.

Este ejemplo evalúa varias combinaciones de tratamiento en la gama en que puede presentarse la respuesta al fertilizante. Adicionalmente, se da un ejemplo de una prueba de interacciones de tratamiento con campos en análisis de varianza (AOV) del ensayo superimpuesto.

En el Cuadro 1 se muestran doce combinaciones seleccionadas de tratamiento para los experimentos convencionales. Para los ensayos superimpuestos se escogió un subgrupo de seis combinaciones de tratamiento (Cuadro 2). Esto permitirá examinar la respuesta al fósforo, al potasio y la interacción fósforo-potasio a 70 kg N/ha, y al nitrógeno sin fertilizante de fósforo o potasio. Los AOV también aparecen en los Cuadros 1 y 2.

Además del AOV rutinario en las pruebas superimpuestas, la Suma de Error Cuadrático (Error SS), que es equivalente computacionalmente a una interacción SS de Bloque  $\times$  Tratamiento, se dividió en una interacción SS de Bloque (línea)  $\times$  Tratamiento ( $B_L \times T$ ). Si existe una interacción Bloque  $\times$  Tratamiento, que puede presentarse cuando hay efectos de campo mayores, la interacción probablemente se expresará más fuertemente en el Bloque (linear)  $\times$  Componente de Tratamiento. Al sustraer el  $B_L \times T$  SS del Error SS, se espera que el restante (Bloque (desviación)  $\times$  Tratamiento SS) sea un estimativo más correcto del Error SS. Un test  $F$  sobre  $B_L \times T$  sugerirá si ambos el  $B_L \times T$  y el  $B_{dev} \times T$  deben ser considerados por parte del Error SS. Cuando el  $B_L \times T$  SS es grande, las respuestas al tratamiento no pueden considerarse como uniformes en todos los campos. Dependiendo del término de la interacción, las respuestas de algunos tratamientos aumentarán o disminuirán a medida que aumentan las medias del campo.

En este análisis de los datos de experimentos superimpuestos, los tratamientos no interactuaron fuertemente con las medias de bloque. Por tanto, el AOV apropiado es el que no tiene error dividido, por ejemplo, el AOV original de los datos de experimentos superimpuestos.

Con base en el AOV tanto de los experimentos convencionales como de los superimpuestos, se presentaron diferencias de tratamiento. El fósforo y el potasio no influyeron sobre el rendimiento, el nitrógeno sí. Los resultados (niveles de rendimiento, respuestas al tratamiento y error) concuerdan aproximadamente entre los dos tipos de experimentos, sugiriendo que deberá presentarse un comportamiento similar hacia las aplicaciones de fertilizantes en muchos campos del área.

Cuadro 1. Un ejemplo de un experimento convencional de 12 tratamientos con fertilizante de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tratamiento No.	Tratamiento con			Rendimiento de grano (t/ha) por finca				
	N	P	K	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	$\bar{X}$
1	50	0	0	3,54	4,11	3,47	3,39	3,62
2	50	0	30	4,05	3,83	4,12	3,16	3,79
3	50	30	0	4,15	4,12	3,59	3,52	3,84
4	50	30	30	3,50	4,18	4,00	4,02	3,92
5	70	0	0	3,90	3,85	4,17	3,94	3,97
6	70	0	30	4,30	3,87	3,96	3,43	3,89
7	70	30	0	4,10	3,68	4,22	3,91	3,98
8	70	30	30	3,91	4,30	4,07	4,16	4,11
9	90	0	0	4,09	4,31	4,59	4,32	4,33
10	90	0	30	3,94	3,87	4,07	4,63	3,88
11	90	30	0	3,92	4,10	4,07	4,03	3,03
12	90	30	30	4,08	4,07	4,49	3,93	4,14

Fuente	DF	ANOVA		
		SS	MS	F
Bloque	3	0,265	0,088	
N	2	1,036	0,518	6,55
P	1	0,266	0,266	3,36
K	1	0,252	0,252	3,18
N × P	2		—	
N × K	2	0,00	—	
P × K	1	0,00	—	
N × P × K	2	0,00	—	
Error	33	2,611	0,0791	

Rendimiento (t/ha)	ANOVA	
	P -	P +
K -	3,97	3,95
K +	3,85	4,06
N <sub>50</sub>		3,52
N <sub>70</sub>		3,86
N <sub>90</sub>		4,23

Se puede aplicar análisis económico a los datos de respuesta al nitrógeno, pero a partir de una inspección superficial, parece que la respuesta fue más bien lineal para la gama probada. Bajo una presunción sencilla de maximización del beneficio, la tasa más alta de nitrógeno sería, por tanto, más rentable que la tasa mediana, siempre y cuando el costo de un incremento de nitrógeno sea menor que el valor del rendimiento adicional. Con respuestas similares a las del nitrógeno en este ejemplo, la disponibilidad de insumos, las limitaciones de costo y los factores de riesgo deben ser considerados conjuntamente por agrónomos y economistas.

• Ejemplo 2. Este ejemplo muestra una definición más completa de la respuesta del campo al fertilizante, permite calcular las tasas óptimas de dos nutrientes para diferentes relaciones de costo-precio e incluye también un análisis y una interpretación económica completos. En un sitio donde se manejan cinco o más cultivos en arreglos de cultivo, este enfoque más completo debe restringirse a los cultivos más importantes y de mayor respuesta.

Asumamos que se conocen los límites superiores de la respuesta al fertilizante tanto de nitrógeno como de fósforo y que el potasio no es un factor limitante en el área de la investigación. Es más, se tiene una fuerte sospecha de que el nitrógeno es un limitante mayor que el fósforo y se tiene personal suficiente para realizar 6-10 experimentos de 9-12 combinaciones de tratamiento replicadas dos veces en cada campo.

Para decidir las tasas, se puede seguir el método esquemático en cinco pasos que aparece en la Figura 1.

Cuadro 2. Ejemplo de una prueba superimpuesta de 6 tratamientos con nitrógeno-fósforo-potasio en toneladas por hectárea  $\times$  100.

Tratamiento no.	Tratamiento	Rendimiento de grano (t/ha $\times$ 100) por finca						AOV					
		1	2	3	4	5	6	$\bar{X}$	Fuente	df	SS	MS	F
1	50-0-0	336	434	451	411	402	375	401,5	Total	34	69.071		
2	90-0-0	439	416	506	459	482	431	455,5	Finca	5	32.178		
3	70-0-0	443	398	457	370	454	350	412,0	Tratamientos	5	11.212	2.242	
4	70-30-0	412	419	412	398	499	386	421,0	N	2	9.837	4.918	4,79
5	70-30-30	416	368	482	370	397	402	405,8	Recordatorio	3	1.375	458	< 1
6	70-0-30	417	377	493	364	490	387	421,3	Error	25	25.681	1.027	
$\bar{X}$		410,5	402,0	466,8	395,3	454,0	388,5						

Tratamiento no.	Sxx	Sxy	Syy	Reg SS	Res SS	B	AOV					
							Fuente	df	SS	MS	F	
1	5.445	3.011	8.589	1.665	6.924	0,55	Fincas	5	32.178	6.436		
2	5.445	4.822	5.697	4.327	1.369	0,89	Tratamientos	5	11.212	2.242		
3	5.445	6.457	10.554	7.760	2.794	1,19	$B_L \times T$	5	4.615	923		< 1
4	5.445	4.015	8.004	3.000	5.004	0,74	$B_{Dev} \times T$	20	21.066	1.053		
5	5.445	4.873	8.712	4.420	4.292	0,89	A 70 kg N/ha		-K	+K		
6	5.445	9.042	16.301	15.216	1.085	1,66	Rendimiento t/ha	-P	4,12	4,21		
Totales:	32.672	32.220		36.389			Rendimiento t/ha	+P	4,21	4,06		
			$\Sigma RegSS - \frac{(\Sigma S_{xy})^2}{\Sigma S_{xx}} = B_L \times T$									
			$36.389 - \frac{(32.220)^2}{32.672} = 4.615$									

**Términos y computaciones**

Sxx es la suma de cuadrados de medias de bloque. El valor es el mismo para todos los tratamientos.

$$S_{xx} = 410,5^2 + \dots + 388,5^2 - 6(419,5)^2 = 5.445$$

Sxy es la suma de los productos cruzados entre medias de bloque y tratamientos. Para Tratamiento 1

$$S_{xy} = 336 \times 410,5 + 434 \times 402,0 + \dots + 375 \times 388,5 - 6(401,5)(419,5) = 3.011$$

Syy es la suma de los cuadrados de tratamientos. Para el Tratamiento 1

$$S_{yy} = 336^2 + 434^2 + \dots + 375^2 - 6(401,5)^2 = 8.589$$

Reg SS es la suma de cuadrados de regresión. Para el Tratamiento 1

$$Reg\ SS = (S_{xy})^2 / S_{xx} = (3011)^2 / 5.445 = 1.665$$

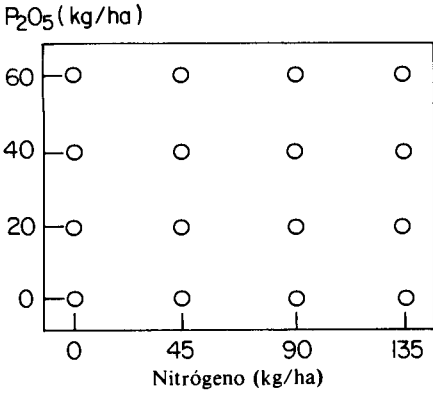
$$B_L \times T \text{ es bloque (linear)} \times \text{Interacción de tratamiento}$$

$$B_{LDev} \times T = Error\ SS - B_L \times T = 25.681 - 4.615 = 21.066$$

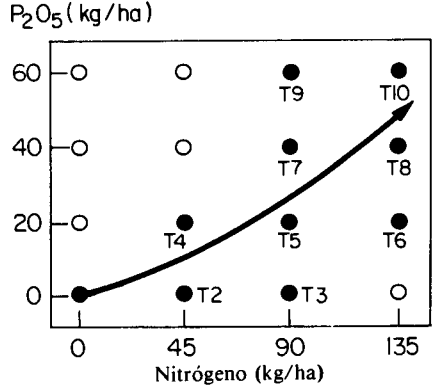
B es el coeficiente de regresión sencillo de los rendimientos del tratamiento sobre los rendimientos del bloque. Para el tratamiento 1

$$B = S_{xy} / S_{xx} = 3.011 / 8.589$$

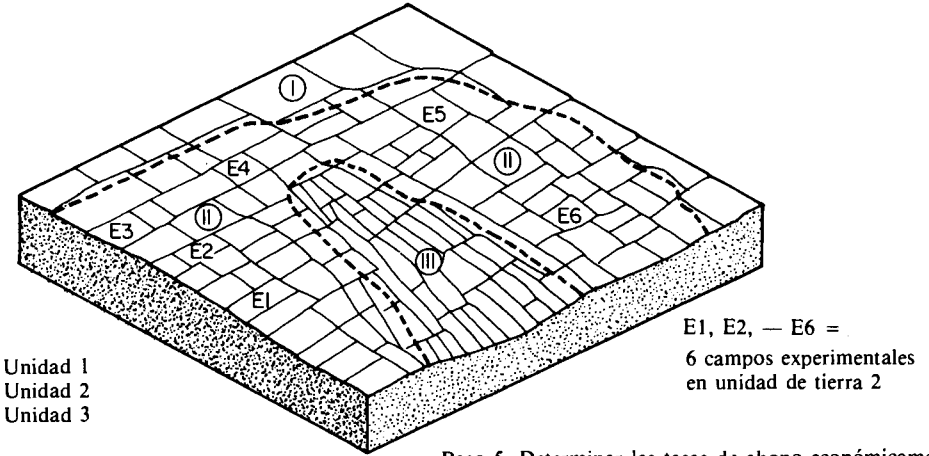
Paso 1. Determinar rangos experimentales del abono y seleccionar niveles de prueba



Paso 2. Determinar las combinaciones racionales de tratamiento



Paso 3. Asignar experimentos a los campos dentro de las unidades de tierra reconocidas.



Paso 4. Revisar estadísticamente la información

Análisis de varianza		
Fuente	df	F
Réplicas	1	
Tratamientos	9	**
A. T2-T5		
N	1	**
P	1	**
NP	1	*
B. T5-T10		
N	1	**
P	2	*
NP	2	ns
Error	9	

Paso 5. Determinar las tasas de abono económicamente dominantes

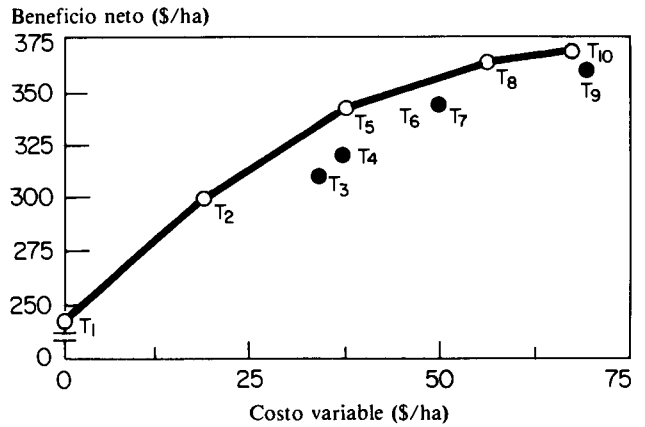


Fig. 1. Cinco pasos para determinar las tasas económicas de fertilizantes por medio de experimentación de campo.

- a) Determine los rangos experimentales del fertilizante y seleccione los niveles de prueba a base de los análisis de suelos o experimentos previos o ambos, en suelos similares.
- b) Determine combinaciones racionales de tratamiento con base en los precios del fertilizante y los requerimientos de nutrientes de los cultivos, eliminando las combinaciones de tratamiento que son obviamente no económicas.
- c) Asigne experimentos a los campos dentro de complejos ambientales reconocidos, usando dos réplicas/campo por lo menos en seis campos para muestrear la variabilidad del rendimiento.
- d) Revise estadísticamente los datos computando el ANOVA de cada experimento y examine la media del error cuadrático y la media de tratamiento para ver si hay comportamiento extremo.
- e) Determine las tasas de fertilizante económicamente dominantes analizando los beneficios contra costos. En el primer paso, recoja información sobre la fertilidad general del suelo en el área de la investigación. Son fuentes lógicas de información los informes sobre experimentos con fertilizante y los resultados de pruebas de suelo. Identifique los límites de aplicación de nutrientes que se cree satisfacen las necesidades del cultivo estudiado.

Nótese que para determinar tasas razonables de fertilizantes para cultivos en los arreglos que están siendo ensayados en el primer año, debe disponerse de la misma información sobre respuesta al fertilizante que se requiere para determinar los límites de los experimentos con fertilizantes. Generalmente los niveles usados en el primer año caen entre el 50% y el 75% del nivel limitante usado en los experimentos de tasas de fertilización. En el segundo año del estudio, los niveles de fertilizante se ajustan a base de los resultados de las pruebas de fertilización y luego de consultar con los economistas del sitio. Es impráctico, sin embargo, refinar las tasas más allá de 10 a 20 kg N/ha y 5 a 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha en recomendaciones destinadas a áreas de unas 3000 a 5000 ha.

En el ejemplo, los límites del fertilizante fueron establecidos en 135 kg N/ha y 60 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha. Se consideró el nitrógeno como el elemento limitante básico y todos los tratamientos, excepto el control no fertilizado, incluyeron nitrógeno en algún grado, eliminando así tratamientos solo con fósforo. El tratamiento en combinaciones de nitrógeno-fósforo abarcó más o menos lo que se creía podría ser el camino de expansión. Hay que notar en especial que los recursos no se despilfarran incluyendo altas tasas de fósforo, lo que estaría limitado por los bajos niveles de nitrógeno, o altas tasas de nitrógeno, lo cual estaría limitado por niveles bajos de fósforo.

Hay que tener en cuenta que el objetivo era determinar tasas de fertilizante para una cosecha de arroz en uno de los arreglos, no identificar interacciones nitrógeno-fósforo. A partir de otros estudios ya se sabe que son importantes.

Siguiendo el procedimiento, se formaron combinaciones de tratamiento a intervalos constantes (por ej. 0,45, 90 y 135 kg para nitrógeno, y 0,20, 40 y 60 kg para P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); aquellas que se supuso agregarían poca información útil se eliminaron.

El diseño del tratamiento aparece en la Figura 2. El número más apropiado de tratamiento para estos estudios es generalmente 9, 10 o 12.

Luego de la etapa de campo del estudio, revise sus datos en cuanto confiabilidad. Inicialmente se deben revisar los datos para saber los valores faltantes que en la mayoría de los casos pueden calcularse y los valores que resultan obviamente erróneos (extremadamente altos o bajos). Cuando un valor es sospechoso, debe volverse a calcular a partir de los datos básicos para determinar si hubo errores de computación. Se debe pedir la opinión del personal que frecuentemente observa el experimento en el campo acerca de las cifras sospechosas. Si no se encuentra una razón válida para explicar porqué un valor puede estar equivocado, y éste se encuentra dentro de las posibilidades biológicas, debe tomarse como correcto y como parte de la variabilidad natural en la población.

La división estadística de Total SS en Rep SS, Tratamiento SS, y Error SS ayudará a la revisión de datos por ayudar a llamar la atención sobre dos tipos de error posibles:

- a) datos obviamente erróneos, generalmente de una o dos parcelas donde se obtuvieron valores muy altos o muy bajos que causan inflación del error experimental, y
- b) comportamiento del tratamiento que es claramente diferente de otros campos, por ejemplo, ausencia de respuesta en rendimiento a cualquier tratamiento, a pesar de un bajo coeficiente de variación.

En el análisis estadístico, el coeficiente de variación (CV) debe ser de 10 a 12% para esperar buena sensibilidad en las pruebas. Coeficientes de variación que sobrepasan el 25% indican diferencias mayores en rendimiento dentro del mismo tratamiento, incluso después de retirar el efecto de las réplicas. Rara vez experimentos con CV altos producen satisfacción, incluso si las diferencias de tratamiento son suficientemente grandes como para ser detectadas.



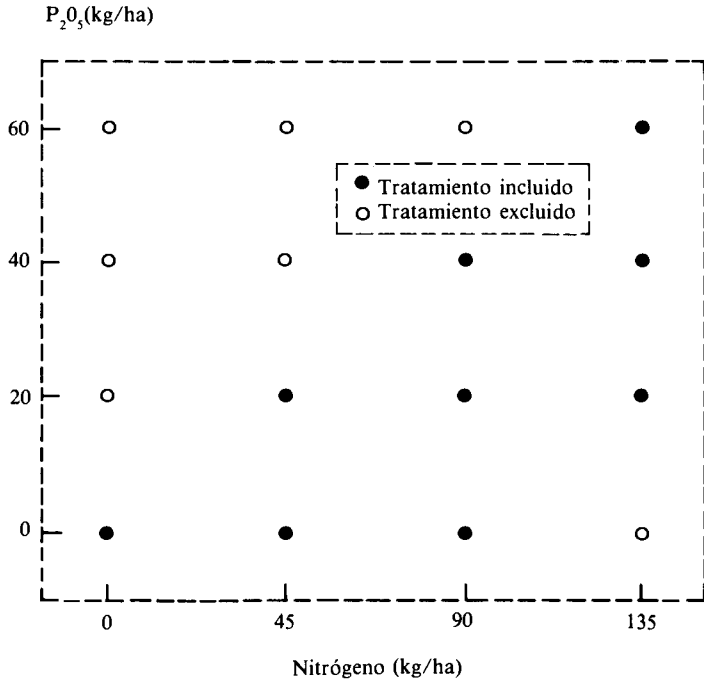


Fig. 2. Combinación de tratamiento incluido y excluido.

Una división mayor del Tratamiento SS puede emplearse para aislar las contribuciones de los nutrientes a los incrementos en rendimiento. Cuando se registran otros datos como altura de la planta, peso de la paja, o labranzas, se pueden usar los análisis estadísticos de éstos para fortalecer la convergencia de evidencia de la respuesta de rendimiento a los nutrientes.

La convergencia de evidencia es importante cuando se analizan los datos en que la sensibilidad no es muy alta (por ejemplo CV mayores del 15%) o las diferencias de rendimiento entre tratamientos no son sustanciales, y están por debajo de un nivel de detección de 1 o a 5% de nivel de significado. Las pruebas estadísticas de muchos atributos pueden mostrar un arreglo consistente con los principios básicos subyacentes (por ejemplo, el fertilizante de fósforo promueve la aparición de retoños; tanto el nitrógeno como el fósforo aumentan la altura de la planta). En tal caso, hay fuerte evidencia de que las diferencias de rendimiento estadísticamente significativas a un nivel de sólo 10 o 15% se deben a respuestas verdaderas a los nutrientes aplicados, y no a una probabilidad de variabilidad.

En este ejemplo<sup>1</sup>, las nueve combinaciones de tratamiento (kg N/ha y kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha) fueron:

T1 - 0-0	T4 - 45-20	T7 - 90-40
T2 - 45-0	T5 - 90-20	T8 - 135-40
T3 - 90-0	T6 - 135-20	T9 - 135-60

Los efectos del tratamiento fueron significativos en cada experimento analizado separadamente. Se examinaron separadamente dos conjuntos factoriales 2 × 2 de combinaciones de tratamiento provenientes del conjunto completo; las frecuencias de efectos e interacciones significativos se resumen en el Cuadro 3. En el Cuadro 4 aparecen ejemplos de AOV en cuatro campos. El cuadro resumen muestra que los efectos de nitrógeno y fósforo fueron esencialmente aditivos, tanto a tasas intermedias (primer conjunto factorial) como altas de fertilizante (segundo conjunto factorial). Los efectos significativos del nitrógeno y el fósforo fueron frecuentes en los niveles intermedios, pero los efectos de nitrógeno solo fueron comunes a altos niveles.

<sup>1</sup> Los datos usados en este ejemplo son de Ali 1979.

Cuadro 3. Resumen de la frecuencia de las significaciones de tratamiento obtenidas en 9 experimentos.

Fuente	df	Frecuencia
<b>Primer conjunto factorial<sup>a</sup></b>		
N	1	7
P	1	4
N × P	1	0
<b>Segundo conjunto factorial<sup>b</sup></b>		
N	1	4
P	1	1
N × P	1	0

<sup>a</sup> N = 45 y 90 kg/ha, y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 0 y 20 kg/ha.

<sup>b</sup> N = 90 y 135 kg/ha, y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20 y 40 kg/ha.

Cuadro 4. Grados de libertad y promedios cuadráticos del análisis de varianza (AOV) sobre rendimientos de grano afectados por la fertilización con nitrógeno y fósforo en 4 de los 9 campos de finca

Fuente de varianza	DF	AOV en rendimiento de grano (t/ha) en el campo <sup>a</sup>			
		1	2	3	4
Réplica	1	427,49**	276,83ns	287,28*	0,53
Tratamiento	8	3.255,28**	3.422,50**	2.051,11**	2.423,50**
Error	9	15,49	84,07	40,44	37,22
Comparaciones planificadas basadas en factorial 2 × 2 N (45 y 90 kg/ha) y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (0 y 20 kg/ha)					
N	1	606,65**	521,73*	243,60*	203,52*
P	1	239,78**	472,88*	165,31ns	68,12ns
N × P	1	47,28ns	169,07ns	1,92ns	39,76ns
Comparaciones planificadas basadas en factorial 2 × 2 N (90 y 135 kg/ha) y P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (20 y 40 kg/ha)					
N	1	414,96**	179,70ns	90,95ns	615,50**
P	1	54,45ns	59,00ns	77,82ns	105,57ns
N × P	1	17,11ns	1,17ns	5,25ns	0,33ns

<sup>a</sup> significativo al nivel de 5%; \*\* significativo al nivel del 1%; ns, no significativo.

Tal vez para el agricultor la pregunta más importante es “¿Será rentable el fertilizante?” La rentabilidad se puede examinar de una manera más realista aplicando un análisis marginal que comparando beneficios netos obtenidos de los tratamientos probados (véase la discusión sobre pruebas administradas por el investigador en el Capítulo 5). Los análisis marginales involucran estimativos de los rendimientos netos, los beneficios brutos de campo y los costos variables totales, así como el cálculo de la relación marginal de costo-beneficio (MBCR) para cada incremento del costo variable<sup>2</sup>.

En la forma en que se aplicó a los resultados de este ejemplo, el rendimiento neto fue tomado como el rendimiento medido por hectárea del campo, menos un 5% de pérdida de cosecha y una sexta parte como cuota al cosechador. El beneficio bruto en el campo fue tomado como el rendimiento neto por el precio del campo. El total de los costos variables fue tomado como la suma del costo de fertilizante, el costo de aplicación del fertilizante superficial, y el interés sobre costos variables. Los costos y los precios asumidos aparecen en el Cuadro 5. Se examinaron dos casos; uno con interés al 6,5% (tasa de crédito institucional) y otro al 50% por medio año (tasa del prestamista de dinero de la aldea). El beneficio neto fue computado como beneficio bruto del campo menos el costo variable total. Los presupuestos parciales en los 9 tratamientos, utilizando rendimientos promedio sobre los diez experimentos, aparecen en el Cuadro 5.

<sup>2</sup> Una discusión amplia de los conceptos económicos y su aplicación en el análisis aparece en Perrin et al. 1976.

Cuadro 5. Presupuesto parcial para rendimientos de grano, costos variables y beneficios netos de 9 tratamientos de fertilizante, a 2 tasas de interés.

Tratamiento no.	Tratamiento con fertilizante								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tasas de fertilizante (N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0-0	45-0	90-0	45-20	90-20	135-20	90-40	135-40	135-60
Rendimiento promedio de grano (t/ha)	3,67	4,37	5,03	4,78	5,65	6,33	5,84	6,48	6,16
Rendimiento neto (t/ha) <sup>a</sup>	2,91	3,46	3,98	3,78	4,47	5,01	4,47	5,13	4,87
Beneficio bruto del campo <sup>b</sup> (M/ha)	339	403	463	440	520	583	538	597	568
Costo en efectivo del fertilizante <sup>c</sup> (M/ha)	0	25	51	36	62	87	73	98	109
Otros costos variables e interés al 6,5%	0	3	4	4	4	6	5	7	8
Otros costos variables e interés al 50%	0	14	26	20	32	45	37	50	56
Beneficio neto, 6,5% de interés	339	375	408	400	454	490	460	492	451
Beneficio neto, 50% de interés	339	364	386	384	426	451	428	449	403

<sup>a</sup> Asumiendo que una sexta parte va a los cosechadores, y las pérdidas de campo son 5% para una reducción total del 20%.

<sup>b</sup> A M116/t de rendimiento neto.

<sup>c</sup> A M0,55/kg N y M0,56/kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

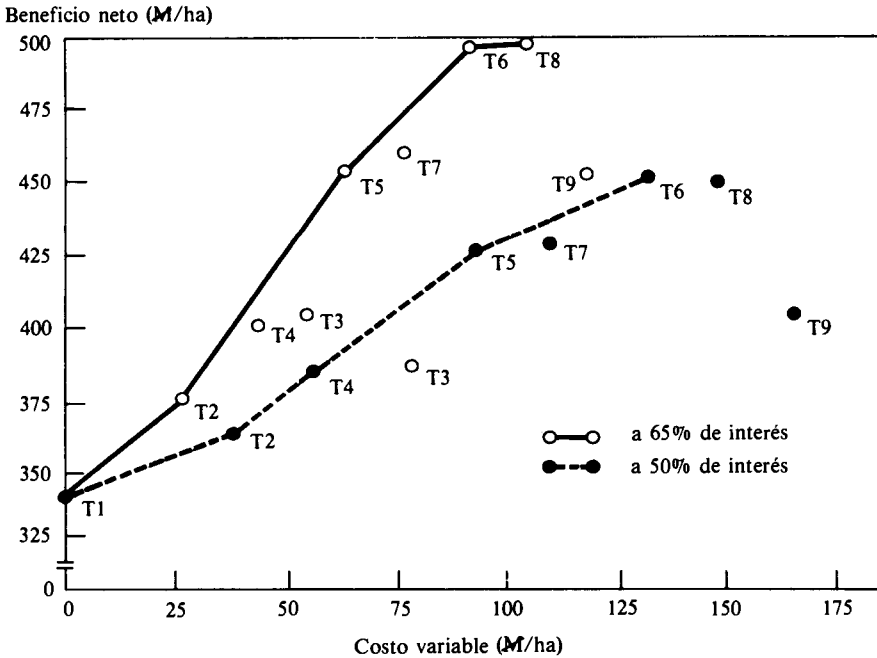


Fig. 3. Beneficios netos y costos variables de 10 combinaciones de tratamientos de fertilizante a dos tasas de interés.

Las curvas del beneficio neto se lograron cotejando los costos variables de las tasas de fertilizantes alternativos con sus beneficios netos (Fig. 3). Solamente deben considerarse los tratamientos que constituyen el límite superior (límite eficiente) de la relación entre beneficio neto y costo disponible. Obviamente, 19 y 13 fueron inferiores a las otras alternativas. Para los tratamientos que forman el límite eficiente, el MBCR para cada incremento de costo puede ser calculado a partir del Cuadro 5:

Incremento de tratamiento	Beneficio bruto agregado (Mha)	Costo agregado <sup>a</sup> (Mha)	MBCR
T1-T2	64	28	2,3
T2-T5	117	38	3,1
T5-T6	63	26	2,4
T6-T8	14	12	1,2

<sup>a</sup> Al 65% de interés.

Los MBCR resultaron altos donde las aplicaciones de fertilizantes eran bajas pero aliviaban los suministros limitantes de nutrientes. El MBCR obtenido cambiando 90-20 (T5) por 135-20 (T6) fue de cerca de 2,4 a la tasa de interés de 6,5% y 1,7 a la tasa de interés de 50%. Más allá de 135-20, las ganancias descendieron rápidamente.

Aunque 90-20 produjo un MBCR cercano o mayor que 2 para ambas tasas de interés, se necesitó un costo de fertilizante de M62/ha. Esto resultó alto en relación con los gastos en fertilizantes de la mayoría de los agricultores del área de investigación. Una tasa de 70-15, determinada por la interpolación entre las tasas usadas en los experimentos, proporcionaría una tasa alta de ganancia si hubiera una restricción de M50/ha sobre los materiales de fertilización.

## *Apéndice 2*

### *Diseño Experimental para Determinar Pérdidas en Rendimiento Como Guía para el Desarrollo de Recomendaciones sobre Control de Insectos*

J.A. Litsinger

Entomólogo, Cropping Systems Component, Entomology Department, IRRI.

#### *Ejemplo para Arroz Transplantado*

El cultivo de arroz transplantado presenta daños por insectos en cuatro etapas del crecimiento:

- a) en el semillero (caseworm y gusano cogollero).
- b) etapa vegetativa (polillas, caseworm, barrenador del tallo).
- c) etapa reproductiva (barrenador del tallo y de la hoja), y
- d) etapa de maduración.

La Fig. 1 ilustra cómo evaluar las pérdidas de rendimiento en la etapa de crecimiento. Para cuantificar las pérdidas de rendimiento en cada etapa de crecimiento, se omite la protección del insecticida sucesivamente durante una etapa y se ofrece en las otras tres. Las pérdidas medidas de rendimiento serán aquellas de una variedad resistente a los insectos, si se recomienda una. El costo de los insecticidas usados para determinar las pérdidas de rendimiento no es importante en los tratamientos. Los insecticidas disponibles más efectivos deben ser aplicados a dosis y frecuencias adecuadas para asegurar en lo posible una situación libre de insectos.

El enfoque substractivo permite una mayor interpretación que la sola aplicación de insecticida durante cada etapa, porque la pérdida de rendimiento ocurre durante más de un intervalo de crecimiento. Las pruebas se realizan de igual forma que en los arreglos de cultivo en los campos de los agricultores usando las prácticas de manejo recomendadas por el equipo de investigación. Debido al tamaño relativamente grande de la parcela necesaria para el estudio de insectos (50 a 100 m<sup>2</sup>), los tratamientos se replican a lo largo de las fincas en un diseño completo de bloque al azar. Se sugiere un mínimo de 4 fincas, pero lo mejor en términos de precisión estadística es de 6 a 8. Los

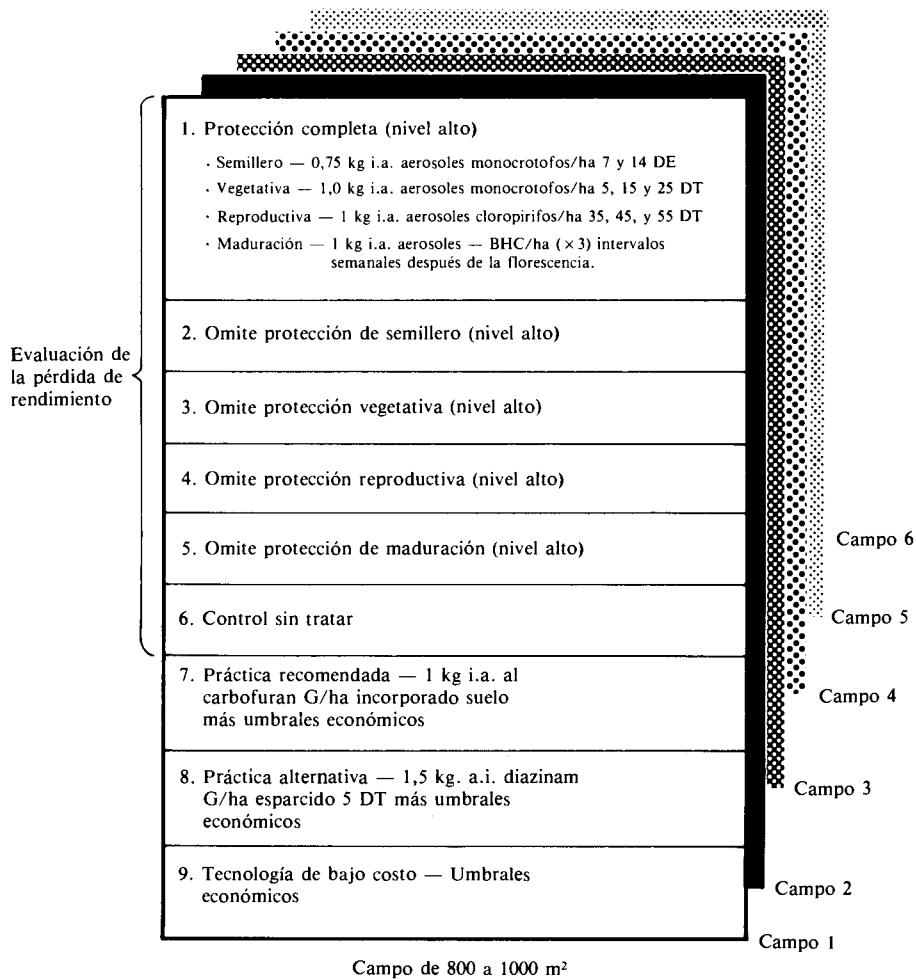


Fig. 1. Diseño experimental para evaluar las pérdidas de rendimiento y determinar las recomendaciones óptimas de control de insectos para arroz transplantado.

tratamientos para evaluar la pérdida de rendimiento y los tratamientos de control de insectos se agrupan y asignan al azar a las parcelas dentro de cada campo.

Las poblaciones de insectos durante la cosecha se revisan mediante procedimientos reconocidos de muestreo. El esfuerzo realizado en esta revisión depende de la disponibilidad de personal, pero hay que tomar algunas medidas cuantitativas para identificar las plagas claves responsables de cualquier pérdida de rendimiento que pueda ocurrir y escoger los insecticidas apropiados que deban probarse como práctica recomendada. Los rendimientos se analizan más tarde estadísticamente para asegurar que las diferencias numéricas son reales. El análisis permite una interpretación más precisa.

Los resultados de una prueba realizada de 1976-77 en Pangasinan (Fig. 2), ilustran el método. Ocurrió una pérdida significativa de rendimiento (1,6 t/ha) debido a la infestación de polilla (WH) barrenadores del tallo (DH) y defoliación por caseworms (CW). Todas las pérdidas en rendimiento ocurrieron durante la etapa vegetativa cuando se omitió el insecticida. No se registró pérdida significativa de rendimiento durante las otras tres etapas de crecimiento, aunque el 3% de la cosecha fue perjudicada por barrenadores del tallo (WH).

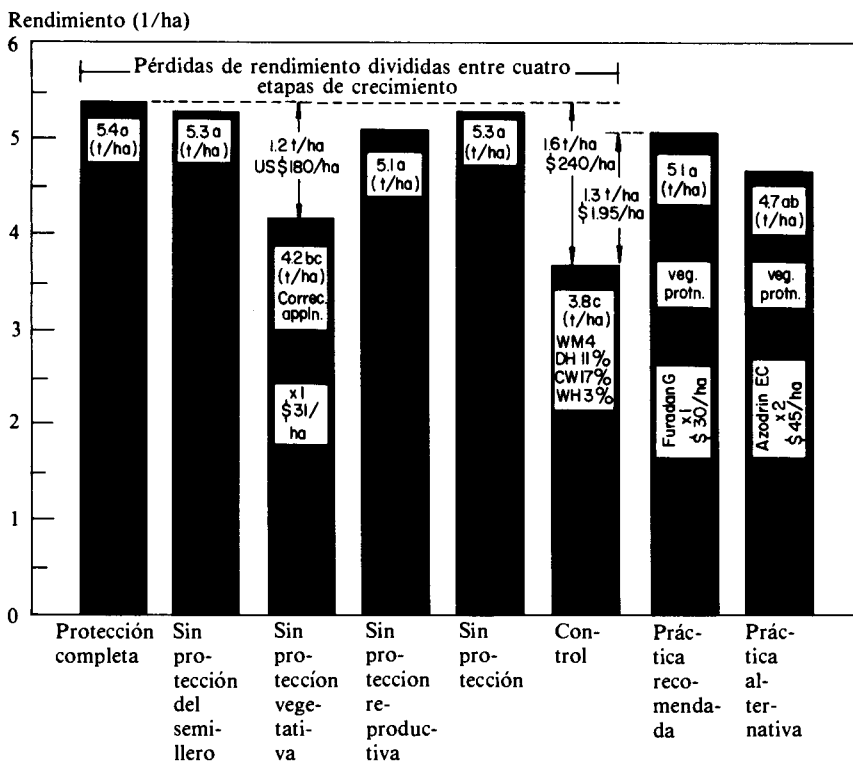


Fig. 2. Cálculo de la pérdida de rendimiento y evaluación económica de la recomendación para el control químico de insectos en una siembra individual de arroz transplantado (IR36), Pangasinam, 1976-77.

Los resultados de la evaluación de la pérdida de rendimiento arrojan información sobre el momento preciso de la aplicación de insecticida. En este caso sólo se justificó la aplicación de insecticida durante la etapa vegetativa. Estas pruebas deben repetirse por varios años para determinar la variabilidad de las poblaciones. Las aplicaciones de insecticidas profilácticos se justificaron para las etapas de crecimiento que registran pérdidas consistentes de rendimiento; de otra forma, sólo se justifican aplicaciones correctivas. El método de pérdida de rendimiento ofrece una norma objetiva para evaluar, en términos económicos (ganancia marginal), cualquier recomendación de control de insectos, incluyendo el uso de aplicaciones correctivas basadas en los umbrales económicos.

No es necesario evaluar un conjunto amplio de posibles recomendaciones para el control de insectos para cada cultivo. La práctica recomendada, más una o dos prácticas alternativas son suficientes. Es una buena idea consultar un técnico de extensión local y evaluar su recomendación para los agricultores en el área.

No es necesario seleccionar insecticidas o evaluar dosis en el sitio. Seleccione una recomendación que sea compatible con los recursos de los agricultores y las prácticas de producción recomendadas por los otros miembros del equipo. El Cuadro 1 describe los tipos de tecnología a considerarse en las pruebas de sistemas de cultivo en finca.

Los resultados de dividir las pérdidas de rendimiento entre las etapas de crecimiento de un cultivo permiten al investigador evaluar las recomendaciones del control de insectos. La práctica recomendada (Tratamiento 7 en la Fig. 1), en el ejemplo, puede ser evaluada objetivamente mediante la comparación de resultados y la evaluación de pérdidas de rendimiento. La aplicación única de gránulos de carbofuran fue aplicada adecuadamente a la etapa vegetativa y dió una ganancia de rendimiento igual a la de la parcela completamente protegida (Tratamiento 1). Esto arrojó una ganancia de 6,5 sobre la inversión (proporción costo-beneficio = US\$195/US\$30). La práctica alternativa de aerosoles monocrotofos también fue efectiva pero más costosa (US\$45 vs US\$30/ha). Si la práctica recomendada no se aplica en el momento preciso, deberá alterarse de acuerdo con la evaluación de la pérdida de rendimiento. Las recomendaciones alternativas futuras a la incor-

Cuadro 1. División de funciones para entomólogos en estaciones experimentales y sitios de sistemas de cultivo

Método de control de plagas	Actividad básica de investigación (generación de tecnología)	Actividad de investigación-producción aplicada (especificación tecnológica)
Manejo ecológico y de plagas	Taxonomía Bionomía de plagas Determinación del umbral económico Recomendaciones nacionales para control de plagas.	Determinación del complejo de la plaga Cálculo de población Agricultor-objetivo (comportamiento, nivel de recursos, y capacidades de manejo).
Control químico	Selección (eficacia) Dosis Formulación Método de aplicación Frecuencia Residuos Fitotoxicidad Evaluación del impacto ambiental Toxicología	Frecuencia Método de aplicación Dosis mínima
Resistencia de la planta hospedera	Selección varietal Modo de resistencia Genética	Verificación de la resistencia Descarte de variedades susceptibles
Control cultural	Efecto estacional Espaciamiento Fertilizante Labranza Cultivo trampa Cultivo mixto Manejo de residuos de cultivo Rotación de cultivo Madurez del cultivo (estudios micro)	Tiempo de siembra Siembra sincrónica Manejo de residuos de cultivo Labranza Retiro de hospederos alternativos (estudios macro)
Bicontrol	Taxonomía Efectividad y bionomía del enemigo natural Introducción de especies exóticas Aumento (liberación masiva) Conservación	Determinación del complejo del enemigo natural Población de enemigos naturales  Conservación

poración de gránulos de carbofuran al suelo en el trasplante deben costar menos de US\$30/ha.

El investigador de sistemas de cultivo debe conocer los costos de los insecticidas. Una lista del costo de los ingredientes activos a la tasa recomendada, calculado por hectárea, podría servir como guía útil.

### *Apéndice 3*

## *Estudios de Pérdida de Rendimiento por Recomendaciones en Control de Malezas*

Keith Moody  
Agrónomo, Cropping Systems Component, Agronomy Department, IRRI.

### *Arreglos de Cultivo de los Agricultores*

Para determinar si los agricultores están controlando las malezas adecuadamente en sus cultivos, parcelas superimpuestas, escogidas al azar de entre los campos de los agricultores reciben un

mayor nivel de desyerbe que los de los agricultores. Este mayor nivel de desyerbe puede consistir en limpieza manual semanal durante el primer 25 o 30% del ciclo de vida del cultivo cuando las malezas son más competitivas en su mayoría. El tratamiento debe ser replicado tres o cuatro veces dentro de un campo en parcelas de 20 a 30 m<sup>2</sup>. Los rendimientos de estas parcelas pueden ser comparados con los rendimientos de muestras del mismo número y tamaño tomadas al azar de una parte de los campos de los agricultores. La diferencia en rendimiento, si la hay, indica la pérdida que el agricultor sufre debido al desyerbe inadecuado o inoportuno.

Si los rendimientos en las partes del campo donde el agricultor desyerbó no son significativamente menores que los que tuvieron limpieza adicional del investigador, el agricultor está controlando sus malezas adecuadamente. En tal caso, es difícil introducir un nuevo método, a menos que sea más económico que el del agricultor.

Si el rendimiento de las parcelas con desyerbe adicional fue significativamente mayor que el de las parcelas del agricultor, debe investigarse la posibilidad de introducir un nuevo método de control de malezas o de mejorar el actual. Sin embargo, el método introducido debe ser factible y costar lo mismo o menos que el del agricultor.

### ***Arreglos de Cultivo Experimentales***

El método de control de malezas recomendado para los arreglos de cultivo debe basarse en los experimentos del sitio de la investigación. Si no se han realizado ensayos, la tecnología deberá basarse en el método más comúnmente usado por el agricultor o aquel recomendado por los organismos nacionales. De no existir tal información, o el cultivo ser nuevo en el área, habrá que hacerse un tanteo cuidadoso. La recomendación para el control de malezas para el arreglo cambiará probablemente cada año con base en los resultados obtenidos en las pruebas superimpuestas o manejadas por el investigador.

El nivel del control de malezas en las parcelas superimpuestas puede ser mayor o menor que el usado en el arreglo de cultivos. Por ejemplo, en la Fig. 1 el nivel de control de malezas en el arreglo de cultivos puede ser un desyerbe manual cinco semanas después de la emergencia, que es el nivel de desyerbe del agricultor. En las parcelas superimpuestas los niveles de desyerbe pueden ser:

- A. 2 desyerbes manuales, 2 y 5 semanas después de la emergencia;
- B. cultivo entre surcos, 2 semanas después de la emergencia, seguido por desyerbe manual 5 semanas después de la emergencia;
- C. herbicida 1 aplicado antes de la emergencia, seguido por un desyerbe manual 5 semanas después de la emergencia;
- D. herbicida 2 aplicado antes de la emergencia, seguido por un desyerbe manual 5 semanas después de la emergencia; o
- E. herbicida 3 aplicado 10 días después de la emergencia, seguido por un desyerbe manual 5 semanas después de la emergencia.

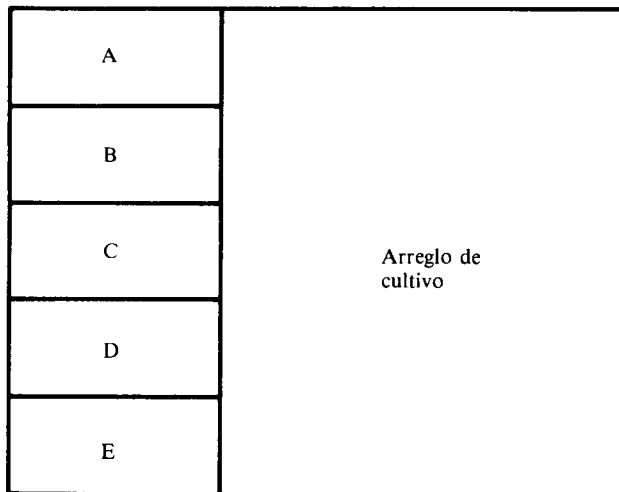
Así, todos los niveles de desyerbe en las parcelas superimpuestas son mayores que en las parcelas del arreglo de cultivos. La ventaja de este diseño es que cuando el agricultor desyerba, limpia todo el campo (el arreglo de cultivos y las parcelas superimpuestas). El no duda sobre qué debe o no limpiar. La desventaja del diseño es que la práctica del desyerbe para el arreglo de cultivo se usa en todos los tratamientos superimpuestos. No se puede recoger información sobre los tratamientos en sí. Esto se puede solucionar eliminando la práctica de desyerbe del arreglo de las parcelas superimpuestas.

Otro ejemplo es aquel donde el nivel de desyerbe en las parcelas superimpuestas es menor que en los arreglos o es una combinación de tratamientos mayores o menores que los del arreglo de cultivos. Por ejemplo, si el control de malezas para los arreglos de cultivos es herbicida 1 a 2 kg/ha aplicado antes de la emergencia, los tratamientos de control en las parcelas superimpuestas pueden ser:

- A. el método de control de malezas del agricultor,
- B. herbicida 1 aplicado antes de la emergencia a 1,5 kg/ha,
- C. herbicida 1 aplicado antes de la emergencia a 2 kg/ha, seguido por desyerbe manual 5 semanas después de la emergencia,
- D. herbicida 1 aplicado antes de la emergencia a 2 kg/ha, seguido por herbicida 2 aplicado 14 días después de la emergencia, o
- E. herbicida 1 aplicado antes de la emergencia a 2 kg/ha, seguido por cultivo entre surcos 4 o 5 semanas después de la emergencia.

A veces resulta difícil incluir los tratamientos a los cultivos entre surcos en los tratamientos superimpuestos porque el tamaño tan pequeño del campo obstaculiza la vuelta del equipo al final del campo y aumenta la posibilidad de daño a los cultivos de los campos adyacentes.





*Fig. 1. Plan sugerido para la superimposición de los tratamientos con herbicidas en un campo donde se prueba un arreglo de cultivo.*

Estas pruebas deben ser realizadas a lo largo de 5 o 6 campos representativos del área.

El investigador puede querer hacer pruebas totalmente replicadas en los campos, en vez de pruebas superimpuestas. Debe usarse, entonces, un diseño de bloque completamente al azar y replicar la prueba tres veces. Debido a las limitaciones en el tamaño del campo, las pruebas deben limitarse a cinco o seis tratamientos, que deben incluir el método de control de malezas recomendado para el arreglo de cultivo y el nivel de control de malezas de los agricultores, si es diferente del recomendado para el arreglo. Se pueden incluir otros tratamientos a un nivel mayor o menor de desyerbe del usado en el arreglo de cultivos.

De ser posible, debe evitarse un tratamiento sin desyerbe, a menos que éste sea el nivel de desyerbe del agricultor. Los agricultores se quejan de estos tratamientos y con frecuencia los cosechan para alimentar a los animales.

Este tipo de prueba debe hacerse a lo largo de suficientes campos de manera que la diferente flora de malezas del área esté bien representada.

## *Apéndice 4*

### *Ensayos de Variedades*

V.R. Carangal  
Agrónomo y Coordinador de Redes de Sistemas de Cultivo, IRRI

La prueba de variedades se realiza mejor en las pruebas replicadas manejadas por el investigador en los campos seleccionados para representar los complejos ambientales estudiados. Las pruebas deben sembrarse simultáneamente y con la misma técnica de establecimiento y demás tecnología de componentes de cultivo en el arreglo de cultivos. En los sitios en donde el cultivo que va a ser probado no forma parte de un arreglo de cultivos, la prueba de la variedad debe de realizarse durante aquella parte de la estación de crecimiento en que probablemente el cultivo sea plantado en los futuros arreglos de cultivos. Es importante diseñar algunos de estos arreglos sobre papel para decidir el tiempo más apropiado de siembra y prueba de la variedad.

### *Diseños y Recolección de Datos del Cultivo*

Las siguientes secciones describen los diseños y la información que sobre el cultivo debe recogerse en las pruebas de sorgo, arroz, maíz, frijol mungo, caupí, soya y maní. La selección de los datos que deben recogerse toma en cuenta que estas pruebas de variedades se realizan en finca y

**Registro de terreno y de manejo para los ensayos varietales**

País: \_\_\_\_\_ Participante: \_\_\_\_\_

Sitio o estación: \_\_\_\_\_ Elevación: \_\_\_\_\_

Latitud: \_\_\_\_\_

Textura del suelo: Liviana  Mediana  Pesada  Clasificación \_\_\_\_\_

Drenaje: Bueno  Regular  Malo  Tierra  Tierra

Cultivo: \_\_\_\_\_

Preparación de la tierra \_\_\_\_\_ No. de reps. \_\_\_\_\_

No. de aradas y rastrilladas

Espaciamiento (cm): Entre surcos \_\_\_\_\_ Entre túmulos \_\_\_\_\_

Fecha: Siembra \_\_\_\_\_ Emergencia \_\_\_\_\_

Abono aplicado (kg/ha):

Tipo

Cantidad

Basal: \_\_\_\_\_

Lateral: \_\_\_\_\_

Plaguicida aplicado:

Tipo

Cantidad/ha

Fecha de aplicación

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

3 \_\_\_\_\_

4 \_\_\_\_\_

Control de malezas

Herbicida aplicado

Tipo

Cantidad en kg. i.a./ha

Fecha de aplicación

1 \_\_\_\_\_

2 \_\_\_\_\_

Desyerbe no químico: Número: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Anegamiento: Si No Cuántas veces: \_\_\_\_\_

Precipitación semanal en mm y temperatura en centígrados (comience 2 semanas antes de sembrar)

<u>Semana</u>	<u>Lluvia</u>	<u>Temperatura</u>	<u>Semana</u>	<u>Lluvia</u>	<u>Temperatura</u>
1	_____	_____	13	_____	_____
2	_____	_____	14	_____	_____
3	_____	_____	15	_____	_____
4	_____	_____	16	_____	_____
5	_____	_____	17	_____	_____
6	_____	_____	18	_____	_____
7	_____	_____	19	_____	_____
8	_____	_____	20	_____	_____
9	_____	_____	21	_____	_____
10	_____	_____	22	_____	_____
11	_____	_____	23	_____	_____
12	_____	_____	24	_____	_____

Fecha de cosecha: \_\_\_\_\_

Notas:

deben arrojar luz sobre el desempeño de la variedad en términos de rendimiento y tolerancia a los insectos y enfermedades. Características tan detalladas de la variedad como ángulo de la hoja, tipo de cabeza, y tamaño del grano deben ser determinadas en las estaciones de investigación.

La identificación de enfermedades y plagas es un aspecto importante de la prueba de variedad. Cuando el personal del sitio de la investigación no está familiarizado completamente con los insectos y las enfermedades observadas, hay que organizar visitas de campo de los entomólogos y patólogos participantes. Estas plagas se descuidan a menudo, pero pueden disminuir el rendimiento considerablemente.

Este apéndice ofrece también la forma normalizada desarrollada para la red de sistemas de cultivo para describir las condiciones en que se realiza una prueba. Finalmente ofrece una lista de prácticas de manejo de altos insumos para uso por los investigadores que intentan probar las variedades en sitios donde no hay recomendaciones disponibles sobre manejo. Nótese que estas prácticas intentan ofrecer buena protección y nutrición; no son aconsejables como prácticas de manejo para los agricultores.

### ***Prueba de Rendimiento del Sorgo***

***Diseño*** Bloque completo al azar replicado cuatro veces.

***Tamaño de la parcela*** Cuatro surcos de 6 m/parcela (75 cm de espacio entre surcos, 5 cm entre plantas y 1 planta por hoyo).

***Datos que se van a recoger*** Tome el rendimiento y otros datos u observaciones de dos surcos interiores.

- a) Vigor de la plántula — 10 a 15 días después de la emergencia, clasifique sobre una escala de 1 a 5, en la que 1 significa buen vigor y 5 vigor pobre.
- b) Días hasta la florescencia — registre los datos cuando por lo menos el 50% de las plantas han arrojado polen.
- c) Altura de la planta — mida la distancia del suelo a la punta de la panícula 5 a 15 días antes de la cosecha.
- d) Resistencia a las enfermedades — clasifique la resistencia a la enfermedad sobre una escala de 1 a 5, en la que 1 indica alta resistencia y 5 alta susceptibilidad.
- e) Daño por insectos — use una clasificación de 1 a 5, en la que 1 es ningún daño, 3 daño intermedio y 5 daño fuerte.
- f) Número de plantas cosechadas — registre el número total de plantas cosechadas en los dos surcos intermedios.
- g) Rendimiento de la parcela (g) — coseche las panículas de los surcos cosechados. Séquelas y trillelas, pese luego los granos trillados.
- h) Contenido de humedad (MC) — regístrelo inmediatamente después de pesar los granos trillados. Use un medidor de humedad.
- i) Rendimiento por hectárea — use la fórmula para convertir el rendimiento de la parcela a kilogramos por hectárea a 15% de MC:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento de la parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{9\text{m}^2 \text{ (área de la parcela)}} \times \frac{100-\text{MC}}{85}$$

### ***Prueba de Rendimiento de Arroz Transplantado***

***Diseño*** Bloque completo al azar replicado cuatro veces.

***Tamaño de la parcela*** Siete surcos de 6m/parcela

***Crecimiento de las plántulas*** Siembre las plántulas por el método del semillero húmedo o *dapog*. Antes de sembrar, remoje las semillas en agua limpia 24 horas y luego incúbelas de 36-48 horas en un lugar caliente, conservando la humedad de las semillas. Siembre uniformemente las semillas pregerminadas. Por cada 250 g de semilla de cada selección o variedad, use 1-X 3-m de semillero húmedo o un 0,5- × 0,5-m de semillero *dapog*.

***Preparación de la tierra*** Por lo menos 3 semanas antes de transplantar, comience la preparación de la tierra arándola o surcándola en húmedo. Anegue el campo para detener el crecimiento de malezas y minimizar la pérdida de nitratos.

Cinco o seis días después, rastrille el campo y construya los diques según el diseño del experimento.

Un día antes de transplantar, esparza uniformemente el fertilizante basal recomendado en cada una de la cuatro réplicas.

**Transplante** Transplante los semilleros húmedos 21 días y los *dapog* 14 días después de sembrados. Use 2 a 3 plántulas de semillero húmedo por hoyo y 4 a 6 de *dapog*, con 25 cm entre surcos y 25 cm entre hoyos en el surco. Cada parcela tendrá 7 surcos de 24 hoyos cada uno.

Replante los hoyos faltantes una semana después del transplante. Se pueden sembrar las semillas sobrantes por fuera de la parcela.

**Desmatonar** Para mantener la pureza de una entrada, arranque toda planta que no sea del caso una semana después del florecimiento.

**Cosecha** Coseche cuando aproximadamente 80% de los granos de la panícula están amarillentos — 28–30 días después de la florecencia. Coseche y trille los 5 surcos intermedios (excluyendo los hoyos del final) separadamente en cada una de las subparcelas. Limpie y seque los granos al sol durante 2-3 días. Mida el rendimiento en términos de granos cosechados en cada subparcela.

**Datos que se van a recoger** Registre el rendimiento y otros datos y observaciones de los 5 surcos interiores. Los datos deben incluir:

- Vigor de la plántula — 10 a 15 días después de la emergencia, clasifique el vigor sobre una escala de 5 a 1 donde 1 indica buen vigor y 5 vigor pobre.
- Días hasta surgimiento de cabezas — registre los días desde la siembra hasta que el 50% de las panículas aparezcan.
- Días hasta la madurez — registre los días desde la siembra hasta que el 85% de los granos están maduros en la panícula.
- Altura de la planta — mida la distancia de la base de la planta a la punta de las panículas más altas antes de cosechar.
- Cuenta los retoños — registre el número de retoños por metro cuadrado antes de la cosecha.
- Volcamiento — clasifique el volcamiento sobre una escala de 1 a 9 en el estado de madurez. Esté seguro de que el volcamiento no está influido por las parcelas adyacentes.  
1 — no se presenta volcamiento  
3 — la mayoría de las plantas (más del 50%) ligeramente volcadas,  
5 — la mayoría de las plantas moderadamente volcadas,  
7 — la mayoría de las plantas casi en el suelo, y  
9 — todas las plantas en el suelo
- Rendimiento por parcela — registre el peso (g) del grano secado al sol
- Contenido de humedad (MC) — determine el MC de la muestra limpia con un medidor de humedad
- Resistencia a enfermedades y plagas — use una escala de 1 a 5 en la que 1 indica resistencia y 5 susceptibilidad.
- Rendimientos por hectárea — use la fórmula

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento/parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100 - \text{MC}}{86}$$

### **Prueba de Rendimiento de Arroz Secano o Arroz Anegado**

**Diseño** Bloques completos al azar replicados cuatro veces.

**Tamaño de la parcela** Cuatro surcos de 6 m/parcela.

**Espaciamiento** Siembre las semillas en hilera a la tasa deseada en cada parcela con 25 cm entre surcos. Para determinar el número de granos de semilla que debe sembrarse a partir de determinada tasa de semilla:

$$\text{Semilla requerida (g)} = \text{tasa de semilla (kg/ha)} \times \text{distancia entre surcos (m)} \\ \times \text{longitud del surco (m)} \div 10.$$

Ejemplo: ¿Cuánto arroz debe sembrarse en un surco de 6 m de largo espaciado 25 cm a una tasa de semilla de 120 kg/ha?

$$\text{Semilla requerida (g)} = \frac{120 \times 0,25 \times 6}{10} = 18 \text{ g/surco}$$

**Datos que se van a recoger** El rendimiento y otras observaciones deben tomarse de los 5 surcos interiores como se especifica para las pruebas de rendimiento del arroz transplantado.

### **Prueba de Rendimiento de Maíz**

**Diseño** Bloques completos al azar replicados cuatro veces.

*Tamaño de la parcela* Cuatro surcos de 6 m/parcela.

*Espaciamiento* Separe los surcos 75 cm con 25 cm entre hoyos y una planta/hoyo. Siembre 2 plantas/hoyo y arranque 1 planta 15-20 días después de la emergencia.

*Datos que se van a recoger* Coseche las plantas en 2 surcos interiores cuando las mazorcas están secas unos 50 días después de la florescencia y registre el rendimiento y otras observaciones.

- a) Madurez — registre los días desde la siembra hasta la cosecha.
- b) Mildiú — cuente el número total de plantas infectadas con mildiú y calcule el porcentaje de infección.
- c) Altura de la planta — mida la distancia (cm) de la base de la planta a nivel del suelo hasta la base de la mazorca. Use un promedio de 10 plantas tomadas al azar por parcela.
- d) Altura de la mazorca. Mida la distancia (cm) de la base de la planta a nivel del suelo hasta el nódulo con mazorca más alto de la planta. Use un promedio de 10 plantas al azar/parcela.
- e) Volcamiento — antes de la cosecha, cuente las plantas volcadas de tallo y de raíz. Incluya cualquier planta con una inclinación de 30 grados o más a partir de las verticales entre las afectadas de la raíz; las plantas que tienen los tallos rotos por debajo de la mazorca son plantas volcadas de tallo.
- f) Resistencia a plagas y enfermedades — use una escala de 1 a 5 en la cual 1 significa altamente resistente y 5 altamente susceptible.
- g) Número de plantas cosechadas — registre el número de plantas completamente cosechadas en los dos surcos interiores.
- h) Número de mazorcas cosechadas — registre el número de mazorcas cosechadas de los dos surcos interiores.
- i) Peso de campo — pese todas las mazorcas secas recogidas de los dos surcos centrales.
- j) Contenido de humedad (MC) — tome una muestra de 10 mazorcas de 2 surcos centrales después de cosechar y compruebe el MC con un medidor de humedad.
- k) Rendimiento de grano por hectárea — calcule el rendimiento por hectárea en kilogramos a 15% MC:

$$\text{Rendimiento de grano (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento/parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100-\text{MC}}{85}$$

### ***Prueba de Rendimiento de Frijol Mungo***

*Diseño* Bloque completo al azar replicado cuatro veces.

*Tamaño de la parcela* Cuatro surcos de 6 m/parcela.

*Espaciamiento y densidad de planta* Separe los surcos 50 cm durante la estación seca y 75 cm durante la estación húmeda con 23 plantas vivas por metro lineal. Siembre suficientes semillas para compensar por la pérdida de germinación.

*Datos que se van a recoger* Todos los datos deben recogerse de los dos surcos interiores.

- a) Vigor de la plántula — 10 a 15 días después de la emergencia, clasifique el vigor sobre una escala de 1 a 5, en que 1 indica buen vigor y 5 vigor pobre.
- b) Fecha de florescencia — registre el número de días entre la emergencia y el momento en que el 75% de las plantas ha florecido.
- c) Fecha de maduración — registre el número de días entre la emergencia y la etapa en la cual el 80% de las vainas están listas para cosechar.
- d) Altura de la planta — antes de la cosecha, mida la distancia (cm) del nivel del suelo a la punta del tallo. Tome el promedio de 10 plantas al azar/parcela.
- e) Volcamiento — clasifique el volcamiento sobre una escala de 1 a 5, en la que 1 indica resistencia y 5 susceptibilidad.
- f) Resistencia a enfermedades y plagas — clasifique la resistencia a las enfermedades y plagas sobre una escala de 1 a 5 en la que 1 significa altamente resistente y 5 altamente susceptible.
- g) Plantas cosechadas — registre el número de plantas cosechadas por parcela.
- h) Contenido de humedad (MC) — determine el MC con un medidor de humedad inmediatamente después de pesar los rendimientos de la parcela.
- i) Rendimiento de la parcela — pese todo el frijón (g) recogido de los dos surcos centrales.
- j) Rendimiento por hectárea — calcule el rendimiento al 12% de MC:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento de la parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100-\text{MC}}{88}$$

Nota: Separe el rendimiento por recolección. Límitese a la 4a. recolección solamente.

### **Prueba de Rendimiento del Caupí**

*Diseño* Bloque completo al azar replicado cuatro veces.

*Tamaño de la parcela* Cuatro surcos de 6 m/parcela.

*Espaciamiento* Separe los surcos 75 cm durante la estación húmeda y 50 cm durante la seca y deje 10 cm entre hoyos con una planta viva/hoyo.

*Datos que se van a recoger* Coseche las vainas cuando están secas. Tome el rendimiento y otros datos u observaciones de los dos surcos interiores.

- a) Vigor de la plántula — 10-15 días después de la emergencia, clasifique el vigor sobre una escala de 1 a 5 en la que 1 indica buen vigor y 5 vigor pobre.
- b) Fecha de florescencia — registre los días desde la emergencia a la florescencia cuando el 50% de las plantas empiezan a florecer.
- c) Fecha de maduración — registre los días desde la emergencia a la madurez cuando todas las plantas muestran vainas maduras.
- d) Altura de la planta — mida 10 plantas (cm) desde el suelo hasta la punta del tallo principal cuando ya están maduras.
- e) Volcamiento — clasifique el volcamiento sobre una escala de 1 a 5 en la que 1 indica resistencia y 5 susceptibilidad.
- f) Resistencia a la enfermedad — clasifique la enfermedad sobre una escala de 1 a 5 en la que 1 indica alta resistencia y 5 alta susceptibilidad.
- g) Número de hoyos cosechados — registre el número de plantas recogidas en los dos surcos interiores.
- h) Contenido de humedad (MC) — registre el MC con un medidor de humedad luego de la cosecha.
- i) Rendimiento de la parcela — registre el peso del caupí (g) recogido de los dos surcos interiores.
- j) Rendimiento por hectárea — convierta el rendimiento de la parcela a kilogramos por hectárea al 12% de MC:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento de la parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100-\text{MC}}{88}$$

Nota: separe el rendimiento por recolección y su computación. Límitese a la 4a. recolección solamente.

### **Prueba de Rendimiento de la Soya**

*Diseño* Bloque completo al azar replicado cuatro veces.

*Tamaño de la parcela* Cuatro surcos de 6 m/parcela.

*Espaciamiento* Separe los surcos 50 cm durante la estación seca y 75 cm durante la húmeda. Separe los hoyos 10 cm con tres plantas vivas por hoyo.

*Datos que se van a recoger* Tome el rendimiento y otros datos u observaciones de 2 surcos interiores.

- a) Vigor de la plántula — 10-15 días después de la emergencia, clasifique el vigor sobre una escala de 1 a 5, en que 1 indica buen vigor y 5 vigor pobre.
- b) Fecha de la florescencia — registre los días de la emergencia al florecimiento cuando por lo menos el 50% de las plantas haya florecido.
- c) Fecha de madurez — registre los días desde la emergencia a la madurez cuando las plantas han soltado las hojas y las vainas se han tornado castañas.
- d) Altura de la planta — mida (cm) 10 plantas seleccionadas al azar — preferiblemente 5 de cada uno los 2 surcos interiores — desde el nódulo cotiledonario hasta la punta del tallo más alto.
- e) Resistencia a la enfermedad — clasifique la pistula bacteriana y la incidencia de roya sobre una escala de 1 a 5, donde 1 indica alta resistencia y 5 alta susceptibilidad.
- f) Volcamiento — clasifique el volcamiento sobre una escala de 1 a 5 donde 1 indica resistencia y 5 susceptibilidad.
- g) Contenido de humedad (MC) — registre el MC con un medidor de humedad inmediatamente después de pesar el rendimiento de la planta.
- h) Número de hoyos cosechados — registre las plantas cosechadas de los 2 surcos interiores.
- i) Rendimiento por hectárea — la fórmula para convertir el rendimiento de la parcela a kilogramos por hectárea al 12% de MC es:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento de la parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100-\text{MC}}{88}$$

### **Prueba de Rendimiento del Maní**

*Diseño* Bloques completos al azar replicados tres veces.

*Tamaño de la parcela* Dos surcos de 6m/parcela.

*Espaciamiento* Separe los surcos 50 cm durante la estación seca y 75 cm durante la estación húmeda con 20 cm entre hoyos y 3 plantas vivas por hoyo.

*Datos que se van a recoger* Rendimiento y otros datos u observaciones deben tomarse de los surcos.

- a) Vigor de la plántula — 10-15 días después de la emergencia, clasifique el vigor sobre una escala de 1 a 5, en que 1 indica buen vigor y 5 vigor pobre.
- b) Fecha de florescencia — registre el número de días desde la emergencia hasta el florecimiento cuando el 75% de las plantas haya florecido.
- c) Fecha de madurez — registre el número de días desde la emergencia hasta la madurez cuando las plantas están listas para cosechar.
- d) Altura de la planta — mida la distancia desde el suelo hasta la punta del tallo más alto para 10 plantas representativas seleccionadas al azar unos pocos días después de la florescencia.
- e) Resistencia a enfermedades y plagas — clasifique el daño causado por las plagas sobre una escala de 1 a 5, donde 1 indica alta resistencia y 5 alta susceptibilidad.
- f) El número de plantas cosechadas — registre el número de plantas cosechadas en cada parcela.
- g) Rendimiento de maní de la parcela — pese todas las vainas (g) por parcela y multiplique por el porcentaje promedio de descascarado.
- h) Contenido de humedad (MC) — registre el MC con un medidor de humedad inmediatamente después de determinar el rendimiento de maní.
- i) Rendimiento por hectárea al 12% de MC:

$$\text{Rendimiento (kg/ha)} = \frac{\text{rendimiento de la parcela (g)}}{1.000 \text{ g}} \times \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{área de la parcela (m}^2)} \times \frac{100-\text{MC}}{88}$$

## **Tecnología de Componentes para Pruebas de Variedad**

La tecnología de componentes de altos insumos solo se usa cuando no hay recomendaciones locales adecuadas, y cuando la cosecha no es común a la región o no está incluida en ninguno de los arreglos de cultivos que se prueban en el sitio. Estos métodos y clasificaciones no son recomendaciones para la producción comercial del cultivo.

### **Sorgo**

*Tasa de fertilizante* 120-50-50 kg (N,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,K<sub>2</sub>O)/ha. Aplique 40 kg N y todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a la siembra. Por los bordes 40 kg de N, unas 4 semanas después de la emergencia, y 50 kg de N a la florescencia.

*Control de malezas* Use butacloro a 1,2 kg i.a./ha en la siembra más desyerbe manual cuando sea necesario.

*Control de insectos* Use carbofuran 3G a 1,0 kg i.a./ha en la siembra y en el verticilo 30 días después de sembrar. Use una aplicación complementaria de azodrín, tiodán o malatió a la florescencia.

*Control de enfermedades* Aplique Dithane M45 a 38 g/litro de agua para control de la roya y de la mancha foliar Helminthosporium. Revise también el control químico recomendado en su país.

### **Arroz Transplantado**

*Aplicación de fertilizante* Use 80-40-40 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha. Aplique 40 kg N y todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a la siembra. Aplique el resto de N (40 kg) a la iniciación de la panícula.

*Manejo del agua* (si se dispone de irrigación). Para el mejor rendimiento de la cosecha irrigada de arroz, mantenga unos 3-5 cm de agua en el campo desde el transplante hasta la etapa de pasta dura. Mantenga trincheras firmes alrededor de la parcela, bien forradas con barro para mantener el agua con un mínimo de filtración.

**Control de malezas** Controle las malezas tan temprano como sea posible. Puesto que el propósito principal de la prueba es conocer el potencial de rendimiento de las selecciones, no se estimula el uso de herbicidas porque su aplicación puede dañar a las semillas o a las plantas en crecimiento. Desyerbe manualmente el campo 10 a 15 días después de transplantar y repítalo 25-30 días después del transplante.

**Control de insectos** Use carbofuran 3G a 1,0 kg i.a./ha a la siembra y 30 días después. Use una aplicación complementaria de azodrin, tiodán y otros químicos recomendados según sea necesario.

**Control de enfermedades** Aplique Dithane M45 a 38 g/litro de agua para controlar la mancha foliar y otras enfermedades. Revise también otros químicos recomendados.

### **Arroz Secano o Arroz Anegado**

**Tasa de fertilizante** Use 80-40-40 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha. Aplique 40 kg N y todo el P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a la siembra. Aplique el resto de N (40 kg) a la iniciación de la panícula.

**Control de insectos** Aplique carbofuran 3G a 1,0 kg i.a./ha a la siembra y 30 días después. Use la aplicación complementaria de azodrin, tiodán o malatión cuando sea necesario.

**Control de enfermedades** Aplique Dithane M45 a 38 g/litro de agua para controlar la mancha foliar y otras enfermedades. También revise otros químicos recomendados.

### **Maíz**

**Tasa de fertilizante** Use 120-50-50 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha. Aplique 40 kg N y toda la cantidad de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O a la siembra, y por los lados 40 kg N 4 semanas después de la emergencia y 40 kg de N en la etapa en que empieza a brotar la mazorca.

**Control de malezas** Aplique butacloro 60 EC a 1,2 kg i.a./ha inmediatamente después de sembrar y desyerbe manualmente cuando sea necesario.

**Control de insectos** Aplique carbofuran a 1,0 kg i.a./ha a la siembra y antes de la florecencia. Complemente con aplicación foliar cuando sea necesario.

**Control de enfermedades** Use Dithane M45 a 38 g/litro de agua, seguido por pulverizaciones a 15 días de intervalo si es necesario. Arranque y queme las plantas infectadas con mosaico y con mildiú.

### **Frijol Mungo**

**Tasa de fertilizante** Use 30-60-60 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha para ambas estaciones.

**Control de malezas** Aplique butacloro 60 EC a 1,2 kg i.a./ha antes de sembrar y desyerbe manualmente cuando sea necesario.

**Control de insectos** Aplique carbofuran a 1,0 kg i.a./ha antes de sembrar y alternativamente aplique malatión, tiodán y azodrin.

**Control de enfermedades** Vaporice con benlate a 1,5 g/4 litros de agua contra la mancha foliar *Cercospora* y el mildiú polvoso, y dithane M45 (10 g/4 litros de agua) contra la roya dos veces con 15 días de intervalo.

### **Caupí**

**Tasa de fertilizantes** Use 30-60-60 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha para ambas estaciones.

**Control de malezas** Aplique butacloro 60 EC a 1,2 kg i.a./ha antes de sembrar y desyerbe manualmente cuando sea necesario.

**Control de insectos** Aplique carbofuran a 1,0 kg i.a./ha antes de sembrar y alternativamente aplique pulverizaciones de malatión, tiodán y azodrin.

**Control de enfermedades** Vaporice con benlate a 1,5 g/4 litros de agua contra la mancha foliar y Dithane M45 (10 g/litros de agua) contra la roya dos veces con 15 días de intervalo.

### **Soya**

**Tasa de fertilizante** Use 30-60-60 kg (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha para ambos grupos y estaciones.

**Control de malezas** Aplique butacloro 60 EC a 1,2 kg i.a./ha después de sembrar y desyerbe manualmente cuando sea necesario.

**Control de insectos** Aplique carbofuran a 1,0 kg i.a./ha antes de sembrar y alternativamente vaporice malatión, tiodán y azodrin.

**Control de enfermedades** Vaporice benlate a 1,5 g/4 litros de agua contra la mancha foliar *Cercospora* y Dithane M45 a 10 g/4 litros de agua contra la roya 2 veces con 15 días de intervalo.



### **Maní**

*Tasa de fertilización* Use 60-60-60 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O)/ha tanto en la estación seca como húmeda.

*Control de malezas* Aplique butacloro 60 EC a 1,2 kg i.a./ha antes de sembrar.

*Control de insectos* Aplique carbofuran a 1,0 kg i.a./ha antes de sembrar y alternativamente pulverice con malatión, tiodán y azodrin.

*Control de enfermedades* Irrigue con benlate a 1,5 g/4 litros de agua contra la mancha foliar *Cercospora* y otras enfermedades de la hoja, y Dithane M45 a 10 g/litros de agua contra la roya 2 veces con 15 días de intervalo.

---

## **Apéndice 5**

### **Supervisión del Arreglo de Cultivos**

(tal como compilado por el Grupo Asiático de Trabajo en Sistemas de Cultivo)

El conjunto de formularios de supervisión de los arreglos de cultivos ofrece un método sistemático de recolectar la información necesaria para evaluar los resultados de las pruebas del arreglo y los arreglos seleccionados de los agricultores, en términos de su desempeño agronómico y económico. El seguimiento de estas formas proporcionará los datos necesarios para llegar a un resumen claro de los resultados de las pruebas al final de cada año. Estos formularios fueron diseñados originalmente en septiembre de 1976 por el Grupo de Trabajo. Desde entonces, las experiencias en el IIRRI y en la red, así como los comentarios de los miembros del Grupo de Trabajo llevaron a un conjunto modificado de formularios. El conjunto, que ha sido probado en los emplazamientos exteriores del IIRRI, agrega flexibilidad (no hay necesidad de supervisión o de estudios diarios de agua) y se ha simplificado substancialmente (se pueden emplear costos y tiempos de mano de obra normalizados para las operaciones) cuando se compara con el conjunto de formularios anteriores.

#### **Registro Diario del Clima (Formulario A)**

El registro diario del clima (formulario A) ofrece un registro diario del tiempo bajo el cual se siembran los arreglos de cultivos. Los mínimos requerimientos de registro de tiempo son las mediciones diarias de precipitación (mm), radiación solar (cal/cm<sup>2</sup>), temperaturas mínima y máxima (°C), y evaporación en bandeja abierta (mm). Este formulario A ofrece también comentarios sobre las medidas registradas en proximidades suficientes a las parcelas de ensayo como para ser aplicables — por ejemplo velocidad de los vientos o inundaciones, eventos no comunes como vientos fuertes, granizo o polvo volcánico.

La precipitación debe ser medida a las 0800 horas y su lectura de esa hora registrada, al igual que las del día anterior. El mismo principio se aplica a las mediciones de radiación solar y temperatura máxima y mínima y evaporación.

El registro diario del clima puede aplicarse a todas las parcelas que están agrupadas de acuerdo al número del medidor de lluvia y que se consigna en los registros de la parcela. Las mediciones de precipitación deben referirse, preferiblemente, a una área no mayor de 3 km de diámetro. La precipitación debe ser medida en un sitio central a una distancia mínima de las parcelas de investigación. Cuando el área del proyecto es muy amplia y cubre varias aldeas, pueden necesitarse dos o más registros de precipitación. Es importante indicar claramente el medidor de lluvia (por número de parcela) con que se toma cada registro de precipitación.

Las mediciones de radiación solar, temperatura y evaporación pueden aplicarse a una área mucho mayor — hasta de 10 a 20 km de distancia. Tales registros pueden a menudo obtenerse en una estación de investigación o de meteorología cercana. Es importante asegurar la instalación y el mantenimiento apropiados de estos instrumentos.

La parte de atrás del formulario trae instrucciones complementarias para su uso.

#### **Registro de la Parcela (Formulario B)**

El registro de la parcela (formulario B), debe completarse antes de comenzar el año del cultivo y debe revisarse al final de tal año para verificar las apreciaciones originales sobre agua subterránea, irrigación suplementaria, drenaje, etc. y agregar nueva información sobre otros aspectos, de ser necesario.

**RED ASIÁTICA DE SISTEMAS DE CULTIVO: PROYECTO DE CONTROL DE LOS ARREGLOS DE CULTIVOS FORMULARIO A: DATOS DIARIOS DE CLIMA.**  
 (Vea instrucciones por detrás)

Registre todos los datos en el número completo más cercano a las unidades indicadas

País    Lugar    Año calendario 19   Mes

Día	Evaporación (mm)	Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> /día)	Temperatura (°C)		Media de temp.	Mediciones de lluvia. . . (mm)					Comentarios	
			Mínima	Máxima		1	2	3	4	5		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
Total												
Media												

a. Las mediciones de lluvia realizadas lejos de los campos de investigación (por ej. en la oficina del sitio) no deben anotarse en este formulario.

Iniciales del anotador

Cómo usar este formulario

1. Abajo aparece un ejemplo del formulario empleado en enero de 1976 en el sitio de la ciudad de Otón en Filipinas.
2. Escriba el nombre del país y del sitio en letras; la codificación se hará luego en el IRRI.
3. Escriba el año y el mes dentro de las casillas. Codifique los meses a partir de 01 para enero hasta 12 para diciembre. Use una hoja diferente para cada mes.
4. Escriba todos los datos como *cifras enteras* (redondee de 0,5 para arriba). No escriba decimales en este formulario.
5. Puede ser que la EVAPORACION, RADIAACION SOLAR, TEMPERATURA MAXIMA Y MINIMA no se encuentren disponibles en el sitio, pero se puedan obtener de una estación meteorológica cercana. De no encontrarse datos apropiados para estas variables, deje en blanco la respectiva casilla.
6. Cada medidor de lluvia del sitio debe tener un número (1-10) que lo identifique todo el tiempo que esté en uso, y los datos provenientes de éste deben ir siempre en la misma columna, mes por mes y año por año. Indique la colocación del medidor en la respectiva columna. Cuando apunte información de diferentes medidores, revise los datos de todos. Discrepancias serias entre medidores cereanos pueden indicar errores de registro y deben volverse a revisar.
7. El que anote datos en el formulario debe poner sus iniciales al final.
8. Toda vez que lo considere necesario escriba COMENTARIOS. Comente siempre sobre:
  - i) eventos no comunes,
  - ii) cambios en la fuente de los datos
  - iii) toda vez que los equipos sean mantenidos, cambiados o normalizados de nuevo.
  - iv) datos faltantes (véase nota No. 9)
9. Datos faltantes: cuando los datos no están a disposición temporalmente, ponga un guión (-) y dé la explicación en la parte de COMENTARIOS.
10. Copia de los datos: Se espera que los datos de este formulario sean copiados de otros formularios, por ejemplo los de la estación meteorológica para el caso de la evaporación mediante temperatura máxima, y de libros de campo en el caso de los medidores de lluvia localizados en los terrenos de ensayo del arreglo de cultivos. Le rogamos revisar dos veces cuando copie para evitar errores. De ser posible, conserve los datos originales en caso de pérdida de este formulario.

País:  Filipinas  Sitio  Iloilo - Otón  Año calendario 19  7  6  Mes  0  1

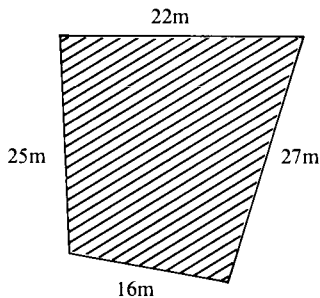
Dia	Evaporación (mm)	Radiación solar (cal/cm <sup>2</sup> /dia)	Temperatura		Media	Medidor de lluvia. . . (mm)							Comentarios	
			Mínima	Máxima		1 Bitas	2 Bagum.	3 Nap.	4 Cord.	5 Rizal	6 SM	7 Buram		Media
1	--	285	24	29	27	0	4	0	0	8	4	6	3	
2	3	382	23	31	27	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	4	385	24	31	28	20	30	25	28	18	7	6	19	
4	4	440	22	31	27	0	0	0	0	0	0	4	1	
5	4	500	22	31	27	0	0	0	0	0	0	3	1	
:														
31	5	352	21	29	25	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total			679	973	826	0	48	42	39	31	21	27	30	
Media			22	31	27									
Iniciales del anotador	JL	JL	JL	JL	JL	JL	CRD	DOL	NCB	WH	EBM	FCA	FCA	



El término *parcela* se aplica al área usada para el ensayo del arreglo de cultivos. Esta puede ocupar todo un campo o cubrir solamente una parte de él.

Para el *número de parcela* use tres dígitos. Este número debe corresponder a las parcelas que usted ha agrupado en el formulario A como aquellas que pertenecen al número del medidor de lluvia en el registro del clima. El resto de la identificación bajo país y sitio es la misma que aparece en el formulario A.

a) El diagrama de la parcela da una idea de su apariencia. Dibuje un esquema de la parcela en el espacio provisto para ello, estableciendo su largo y su ancho (m). Una parcela puede ser un campo irregular:



b) La especificación de la parcela ofrece más información sobre ésta — su posición en el campo y su hidrología. Comience por indicar el número del medidor de lluvia que aparece en el registro climático que se lleva de esta parcela.

El *área de la parcela* se basa en la medición de la parcela provista en el plano. Si la parcela tiene *cercos*, debe medirse su *altura* desde la base hasta la altura en que el agua cubrirá este cerco sin abrirle agujeros.

Para medir la *caída* del campo adyacente más alto al *campo adyacente* más bajo (cm), mida la distancia que hay entre el nivel del campo adyacente y el nivel del campo donde se va a establecer el arreglo de cultivos.

La *profundidad del agua subterránea* indica los estimativos de la mayor y menor profundidad del agua subterránea durante el año. También indica el mes en el cual éstas ocurren. Esto se obtiene mejor examinando los pozos de los agricultores (antes de la extracción) o los drenajes naturales que se presentan cerca de las parcelas. Donde la profundidad del agua subterránea es mayor de 2 m, no se necesita un cálculo exacto, pero puede ser importante diferenciar entre una profundidad de agua subterránea de 5 m y 10 m. Donde la menor profundidad del agua subterránea está por debajo de 2 m, el registro debe hacerse en el medidor más cercano (redondear al 0.5 m superior).

Es importante no confundir la profundidad del agua subterránea con el nivel del agua recolectada para el arroz anegado. La menor profundidad del agua subterránea puede, sin embargo, estar por encima de la superficie del suelo en los casos donde se presenta inundación de los terrenos bajos por agua de río o por un interflujo sustancial proveniente de áreas más altas. En tales casos, hay que indicar que la menor medición de la profundidad del agua subterránea se refiere a una medida por encima de la superficie del suelo — por ejemplo: *1 m por encima*.

Para obtener la *pendiente del terreno* (%), tome la pendiente desde la tierra que está 100 m abajo de la parcela hasta 100 m arriba de la misma. Para el tipo de complejo ambiental, seleccione una de las siguientes definiciones:

Cima — áreas altas convexas en el terreno

Inclinado — áreas con una pendiente de más de 2%

Plano — grandes extensiones planas de tierra que pueden ser altas o bajas

Tierras bajas — puntos más bajos del terreno donde convergen las aguas escorrentías, generalmente unidades más pequeñas.

En cuanto a si la *parcela ha sido o no anegada*, indique la entrada aplicable. Se considera la anegación como la destrucción intencional de los agregados del suelo mediante el trabajo en suelo húmedo (repetición de las tareas del suelo). La arada sencilla en tierra húmeda no es suficiente para destruir la estructura de la mayoría de suelos y, por tanto, no constituye anegación. Por ejemplo, un campo puede haber sido anegado en el último año, pero no para la última cosecha (llene el 2). Alternativamente, un campo que ha sido anegado puede no haberlo sido por los últimos dos años (llene el 3). Algunos campos nunca son anegados (llene el 0). En *drenaje* por medio de

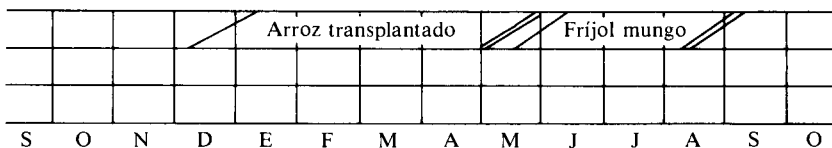
bomba, marea, zanjas u otro, indique si la parcela es drenada artificialmente mediante zanjas o sacada de agua. Esta pregunta no incluye drenaje natural debido a pendiente o filtración.

c) El diagrama del arreglo propuesto es un diagrama del arreglo de cultivos que se va a sembrar en la parcela. Aunque el arreglo puede no hacerse en la forma propuesta, esta sección no debe cambiarse en las revisiones posteriores. Comience por indicar el *primer mes* de la estación de siembra en la parte superior del diagrama. El primer mes es aquel en que se realizan actividades de preparación de tierra del primer cultivo en cualquiera de los arreglos. Este es normalmente el mes en que las primeras lluvias, o la irrigación suplementaria, inician la estación de siembra. Esta secuencia de meses también se usa en la sección de suministro de riego del formulario.

Indique las fechas de siembra de cada cultivo con una línea sencilla y las fechas de cosecha con una línea doble. La gama aceptable de fechas de siembra para cada cultivo deben ser indicada por una línea diagonal que cubre la gama de fechas de siembra. Una línea doble que indica la gama esperada de fechas de cosecha (no necesariamente la misma que la gama de fechas de siembra) define el periodo a lo largo del cual se espera que el cultivo ocupe la parcela. Escriba el nombre del cultivo (refiérase a las listas de cultivos señalados en las instrucciones del formulario D) entre las dos líneas. Proceda luego con el cultivo siguiente en el caso de la secuencia de cultivos, usando la misma línea e indicando de nuevo la gama de fechas de siembra y de cosecha esperadas para este segundo cultivo. De nuevo indique el tipo de cultivo entre dos líneas. Continúe esto si se siembra un tercer cultivo en secuencia y utilice la misma línea.

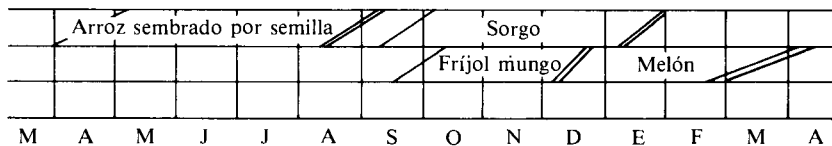
En caso de que cualquiera, o más de uno, de estos cultivos se combine con un cultivo sembrado en secuencia o en relevo, use las líneas restantes del diagrama. De nuevo, indique la gama de fechas de siembra y de cosecha para cada cultivo. El ejemplo siguiente muestra un arreglo de arroz transplantado-frijol mungo en una región donde la estación de siembra comienza a mediados de diciembre. En este caso, el periodo de transplante (no de semilla), aparece indicado como aquel en que el arreglo ocupará la parcela.

Ejemplo 1.



El ejemplo siguiente muestra un arreglo de cultivos que consiste de arroz sembrado directamente y sorgo en intercultivo con frijol mungo, en el cual se siembra melón después de la cosecha de sorgo-frijol mungo. La estación de siembra comienza en abril.

Ejemplo 2.



En caso de que una parte del arreglo se deje como una opción para ser determinada en el momento de la siembra, use una coma entre los nombres de los dos cultivos — frijol mungo, caupí.

d) Irrigación mensual. Llene lo que se espera para el año de cultivo. El primer mes debe ser el mismo del diagrama del arreglo de cultivos. Para este mes inicial y cada uno de los siguientes meses ponga 0 si no hay agua y 4 cuando la hay en más de 22 días del mes.

e) Descripción del suelo. Debe indicarse la serie de suelo con su nombre local. Esta serie puede encontrarse en mapas de suelos, encuestas de suelos, o en información local. Cuando los suelos no han sido clasificados, indique la clasificación oficial, preferiblemente hasta el nivel de familia.

Nótese que la porción de descripción del perfil es opcional. De encontrarse disponible, la información en esta sección puede ser suministrada por el sitio; de otra forma deje esta parte en blanco. Para la textura del suelo, indique si la información se obtuvo de un análisis de laboratorio o manualmente. Use un taladrador de suelos para tomar muestras a la profundidad indicada en el cuadro. Cuando sea deseable, reemplace la lista de muestreos dada por aquellos que coincidan más con la diferenciación de perfil existente — ignore las profundidades señaladas e indique la profundidad del nuevo horizonte de muestreo. Indique la clase de textura mediante un número. Las clasificaciones de textura se incluyen en el formulario de la parcela.

Mida el *pH del suelo* con un equipo para ello en los tres horizontes principales que indica el cuadro. Si es posible mida el pH del suelo antes de la reducción que pueda presentarse por la inundación. Un suelo puede ser húmedo, pero no debe ser reducido. Si tiene que usarse una muestra inundada, 24 horas de secamiento oxidarán suficientemente el suelo reducido como para medir el pH. Anote el color del suelo húmedo e indique el número del color más cercano en la carta de colores (Munsell). Haga esto en los tres horizontes principales.

Calcule *materia orgánica* baja en los suelos de color ligero en los que se encuentra muy poco o ningún material húmico estable descompuesto; alta en los suelos de color oscuro en los que se encuentra materia orgánica descompuesta sustancial y estable, así como materia orgánica fibrosa; y promedio para cualquier otro suelo. Esto debe indicarse solo para el horizonte de 0 a 15 cm o en la profundidad del primer horizonte.

La *fertilidad del suelo* para nitrógeno, fósforo y potasio se indica como baja (1), mediana (2) o alta (3). La fertilidad del nitrógeno, el fósforo o el potasio puede ser considerada *alta* cuando se obtienen poca o ninguna respuesta a los tres nutrientes, y *baja* si la producción se ve severamente limitada (rendimientos menores del 50% del campo fertilizado) cuando no se agregan estos nutrientes. Indique *mediana* si está entre alta y baja.

### Registro de Cultivo (Formulario C)

Se requiere un registro de cultivo para cada cultivo en el arreglo que registre con precisión el manejo tal como ocurre en la parcela. Esto exige una inspección cuidadosa del cálculo (plaguicidas y fertilizantes) y la aplicación a las parcelas.

La *identificación* es la misma que para los otros formularios. Llene los 3 dígitos del número de la parcela.

*Arreglo de cultivos* Si los cultivos están en secuencia, use un guión (-). Si los cultivos se siembran simultáneamente (más de 2/3 del período vegetativo se sobrepone), use un signo más (+). Si los cultivos se plantan en relevo (menos de 1/3 del crecimiento se sobrepone), use una barra (/). Por ejemplo, un arreglo de arroz sembrado directamente por semilla seguido de maíz intercultivado con maní, se presentaría así:

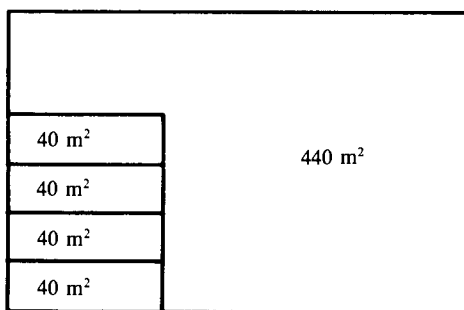
arroz SS-maíz + maní

En caso de que existen opciones para parte del arreglo, use una coma:

arroz SS-fríjol mungo, caupí

*Cultivo* Indique el nombre común del cultivo. Al describir los cultivos de arroz, diferencie arroz transplantado (AT), el arroz sembrado húmedo (ASH), el arroz seco (ASS). Indique la posición del cultivo en el arreglo de cultivos. Un ejemplo de ASS-maíz + maní (ASS en círculo) muestra el ASS como el primer cultivo en el arreglo de cultivos.

a) Un *diagrama del cultivo en la parcela* sólo será necesario si existen pruebas superimpuestas en la parcela. No haga un diagrama si el cultivo ocupa toda la parcela. El ejemplo A muestra una parcela con 4 pruebas superimpuestas. Cada subparcela tiene 40 m<sup>2</sup> y el área total de la parcela es de 600 m<sup>2</sup> con 440 m<sup>2</sup> como el área que se deja para los ensayos de arreglo de cultivos.



b) Indique las *razones* por las que el cultivo no es el originalmente diseñado en el arreglo propuesto del formulario B. Las razones comunes son: exceso de agua para sembrar la segunda cosecha, imposibilidad de preparar la tierra por sequía, abandono del campo por parte de los agricul-

RED ASIÁTICA DE SISTEMAS DE CULTIVO

País

Arreglo de cultivos (haga un círculo alrededor de este cultivo)

Sitio

Cultivo

FORMULARIO C: REGISTRO DEL CULTIVO

Año calendario al comienzo del año de cosecha 19     Parcela No.

Variedad       Posición del cultivo

Use este formulario para describir la siembra y cosecha de un cultivo. Debe haber un formulario C para cada cultivo del arreglo. Si más de un cultivo comparte la parcela (intercultiivos, relevos, parcelas abiertas, cultivo en franjas) use un formulario para cada uno.

1. DIAGRAMA DE PARCELA-CULTIVO

Esboce un diagrama de parcela-cultivo sólo para ensayos superimpuestos. Indique el área de cada subparcela. De otra forma, deje el espacio en blanco.

Tamaño de toda la parcela (m <sup>2</sup> ) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Área total de ensayos superimpuestos (m <sup>2</sup> ) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>

2. Si este no es el cultivo del diseño original, explique las razones del cambio.

3. Área plantada con este cultivo (m<sup>2</sup>) (Excluye cualquier área de prueba superimpuesta)

4. Lista de control de siembra Estas preguntas se refieren a la siembra del cultivo en sí, no a la preparación de las camas para el transplante.  
Fecha de primera siembra (Año, mes, día)

Sembrado sobre: 1 = barbecho limpio; 2 = rastrojo

Tipo de cultivo: 1 = solo; 2 = relevo; 3 = intercultivo; 4 = retoño

Método de siembra: 1 = al voleo; 2 = semilla en surcos; 3 = transplante

Semillas pregerminadas: 1 = sí; 2 = no

Tasa de semilla (kg/ha)

Espaciamiento de surcos (si no es al voleo) (cm)

Espaciamiento de túmulos o plantas (si no es al voleo o perforado) (cm)

Edad de las plántulas (días)

Plántulas/túmulo (no.)

5. Informe de daños del cultivo

Escala: malezas, plagas, volcamiento	Clasif.	
	Insecto/plagas	Otros
0 = sin daño económico	<input type="text"/>	<input type="text"/>
1 = ligero daño económico	<input type="text"/>	<input type="text"/>
2 = moderado daño económico	<input type="text"/>	<input type="text"/>
3 = severo daño económico	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Semanas después de la siembra cuando se presentó la mayor parte del volcamiento

6. Cosecha

Fecha Año, mes, día	Tipo de producto	Corte de muestra		Rendimiento calculado kg/ha	Iniciales del registrador	Comentarios (especialmente si un cultivo fracasó o cuando el rendimiento es bajo debido a sequía, inundación, roedores, aves u otros factores)
		área (m <sup>2</sup> )	rendimiento (kg) % humedad			
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> <input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

7. De pie al cosechar (%)      . Razones para un baja cantidad de pie



tores debido a malezas, daño causado por animales o cambio forzado de planes después del primer cultivo.

c) *El área plantada con este cultivo* se refiere al área del arreglo de cultivos solamente (excluye las áreas diseñadas para tratamientos superimpuestos). En el ejemplo 1 anterior, el área es 440 m<sup>2</sup>. (Nota: en algunos emplazamientos los tratamientos superimpuestos son aplicados a las parcelas que ocupan todo el campo del arreglo). Estos sitios controlan a menudo operaciones no afectadas por los tratamientos (arado, sembrado, cosecha, etc.) y llenan los estándares para el tratamiento a nivel de arreglo, estimando insumos y requerimientos de mano de obra con base en toda la parcela. Aquí el tamaño de la parcela sería el tamaño de toda la parcela).

d) *La lista de control para la siembra* describe la siembra del cultivo y la disposición de las plantas. Cualquier actividad prescrita para los semilleros de otros campos debe incluirse aquí. Coloque las fechas de siembra en cualquiera de los registros en la secuencia año, mes, día. (Esta fecha de siembra no se aplica al replante). En el arroz transplantado, la fecha de siembra se refiere a la fecha de transplante de las plántulas, *no* a la siembra de los almácigos. Especifique cómo se sembró el cultivo. El resto de la descripción no requiere explicación.

Para los cultivos que se siembran en surcos o para la descripción de la disposición de las plantas para una variedad amplia de cultivos, se requiere el espaciamiento de surcos así como la de túmulos dentro de los surcos. Se tiene que indicar si los túmulos tienen una o más plantas. Para cultivos con sembrados pequeños, a menudo es suficiente indicar espaciamiento y tasa de sembrado. Cuando el cultivo no se siembra en túmulos (situación más común), el espaciamiento entre plantas y túmulos se puede leer como espaciamiento de plantas, con una plántula por túmulo. Cuando se indica el espaciamiento de surcos y plantas, y se indica el número de plántulas por túmulo, la tasa de sembrado no es importante.

El resto de este informe pide información acerca del cultivo que deberá llenarse a los 15 días de emergencia (supervivencia obtenida) o al momento de la cosecha (informe de daño al cultivo). Es importante informar al personal de campo acerca de los requerimientos de llenar los informes del cultivo.

Para obtener el porcentaje de la *supervivencia obtenida* a los 15 días de emergencia, considere una supervivencia total como aceptable e indique la supervivencia observada en forma de porcentaje de la supervivencia total.

e) El *informe de daño al cultivo* indica las causas del daño. La incidencia de malezas en su totalidad, la presencia de enfermedades o plagas de insectos, y volcamiento, que se notan en el momento de la cosecha deben anotarse solamente si han dañado el cultivo. Si otras causas de daño, tales como enfermedades, ratas, animales domésticos u otras son aplicables, anotar tales causas en la casilla *otros*. Para identificar el alcance del daño, use la escala siguiente para clasificar volcamiento, malezas, enfermedades, y plagas de insectos y otros daños:

*Escala de clasificación: malezas, enfermedades o plagas de insectos, y estado de volcamiento:*

- 1 daño económico menor
- 2 daño económico moderado
- 3 daño económico serio

f) La información que se necesita al momento de la cosecha es fecha de la cosecha, el tipo de producto que se obtuvo, por ejemplo grano, paja, primer y segundo abono, puntas de las plantas, etc.; el área de muestreo (m<sup>2</sup>), el rendimiento de la muestra (kg), y el contenido de humedad de la muestra (%). No deje de llenar el rendimiento calculado por hectárea (kg/ha) y el porcentaje de humedad usado en el cálculo del rendimiento como se solicita (incluso si *secado al aire* es lo aplicable).

Comentarios. Esta sección permite las explicaciones sobre el bajo rendimiento u otros casos como

- extensiones del cultivo que influyeron fuertemente sobre su desempeño, como sequía, exceso de agua, daño por viento o deficiencia nutricional, o
- razones para retardos anormales encontrados en el establecimiento del cultivo (de la arada a la siembra), mantenimiento del cultivo (malezas o fumigación), o cosecha.

## ***Formulario de Operaciones en la Parcela (Formulario D)***

El formulario de operaciones en la parcela es el único que requiere anotaciones frecuentes y visitas de campo. Su diseño aspira a ofrecer información sobre todas las operaciones de campo para el establecimiento del cultivo, su mantenimiento y la recolección. Este formulario debe llenarse por lo menos dos veces por semana para poder incluir todas las operaciones. El formulario de

RED ASIÁTICA DE SISTEMAS DE CULTIVO: PROYECTO DE CONTROL DE ARREGLOS DE CULTIVOS

CODIFICACIÓN PARA FORMULARIO D RESUMEN DE CODIFICACIÓN (Véase manual para detalles completos)

Cuando usar una nueva hoja cada cultivo cada año cada año cada año

Cada parcela cada posición de cultivo cada año

Códigos de fertilizante/insecticida - Se proveen a los codificadores separadamente

Horas Hombre Multiplique el número de personas que trabajan por el tiempo trabajado. Redondee al siguiente número entero (de 0,5 hacia arriba). Escriba 0 para valores de 0,01 a 0,40 de mano de obra.

Unidades de cantidad Registre la cantidad redondeando al número entero más cercano. Escriba las unidades (ej. kg, gm, cc, %)

Códigos de energía/tracción 1. tracción animal 2. labranza manual 3. tractor

Códigos de cultivo

Arroces de alto rendimiento	Arroces nativos	Leguminosas de grano	Granos gruesos	Micelánea	Puntaje de uniformidad
01 secano directo	06 secano directo	12 mungos	21 maíz	31 yuca	1. 80% en 3 días o menos
02 anegado directo	07 anegado directo	13 caupi	22 sorgo	32 batatas	2. 80% en 3-7 días
03 transplantado	08 transplantado	14 mani		44 otros	3. 80% en 8 días o más
04 retoño	09 retoño	16 bush sitao			

Códigos para estado hídrico del campo: I o mayor = profundidad de agua; S = saturado; W = húmedo; D = seco

Códigos de operación y desarrollo del cultivo (Escriba: fecha, operación, código y detalles en la columna indicada (registre solo las actividades realizadas en la parcela .....))

h = tiempo p = fuente de energía (labranza) m = tipo de material q = cantidad de material c = comentarios s = puntaje

Preparación de tierra	Siembra del cultivo	Cuidado del cultivo	Recolección
01 limpieza de residuo h	20 transplante h	30 fertilización mqh	51 recolección manual h
02 reparación del campo h	21 siembra h	31 aplicación de plaguicida mqh	53 trillado manual h
03 arado hp	22 resiembra h	32 aplicación de herbicida mqh	54 trillado con energía h
04 rastreado hp	23 raleado h	34 desyerbe manual h	55 venteado manual h
05 nivelación hp	29 siembra de otro cultivo hc	35 desyerbe mecánico hp	69 otra cosecha c
06 surcado hp		38 aporque hp	
09 otra prep. de tierra hc		39 desmatonado hp	
		49 otro cuidado de cultivo hc	

Desarrollo del cultivo

80 emergencia inicial sc

81 floración inicial sc

82 corte de muestra sc

83 fracaso del cultivo c

operaciones está vinculado a la parcela. Para cada cultivo se requiere un conjunto de formularios de operaciones que cubra por completo todos los cultivos del período del arreglo de cultivos en la parcela, incluyendo las operaciones durante los períodos de barbecho. Debido a que el formulario de operaciones de la parcela perderá un valor sustancial en los casos en que el registro no está completo, el control de la parcela debe programarse con sumo cuidado.

Nota: Use un nuevo formulario para cada parcela y para cada cultivo o posición de cultivo. En la columna de la izquierda el registrador deberá indicar la *fecha* en que cada operación fue realizada en la parcela.

En la columna siguiente el personal de campo debe anotar las *operaciones* de campo realizadas en la parcela, en la fecha indicada. Cualquier operación realizada en la parcela, anticipada o no, ejecutada por el proyecto o por el agricultor, debe ser incluida. No registre operaciones que no se realicen en la parcela misma, como aquellas asociadas con la preparación de plántulas en otro campo.

Si una operación importante (dispendiosa o de importancia para el desempeño del cultivo) no puede ser clasificada entre aquellas que se mencionan, especifíquela y provea una explicación en la sección de comentarios del formulario.

Si la  *cosecha fracasó*, indique la fecha en que la cosecha fue descontinuada y dé una breve explicación en la sección de comentarios del formulario.

Para cada operación registrada, indique uno o varios de los siguientes aspectos:

<i>Información</i>	<i>Indicada por</i>
Tipo de material	m
Cantidad	q
Tipo de energía	h
Comentario	c

Al final de esta sección y en la parte de atrás del formulario D aparece una lista de operaciones, su descripción y los registros necesarios para cada una.

Para especificar los insumos *materiales*, indique el tipo de fertilizante, insecticida, plaguicida y herbicida aplicado a la parcela. *Cantidad* es la cantidad aplicada de producto y sus unidades (en kilogramos, metros cúbicos, gramos, cucharadas, etc.). Especifique el porcentaje de ingrediente activo (i.a.) y la formulación bajo la columna material. La formulación puede ser en gránulos (G), en polvo (WP) o en concentrado emulsificable (EC). El método de aplicación del fertilizante o el plaguicida se puede especificar en la columna de comentarios, también se puede aclarar si se usó mano de obra familiar o alquilada.

El tiempo requerido y la cantidad de material usado se debe relacionar solamente con el área de la parcela a la cual se aplica la operación (m<sup>2</sup>) indicada por encima de la sección de comentarios, o al área de la parcela indicada en el formulario C. Todos los valores para las horas de mano de obra se dan en números completos. La energía usada puede ser animal de carga, labranza manual, o tractor.

### *Agua (Hojas Suplementarias)*

El formulario sobre el *estado del agua* ofrece información e interpretación de la humedad del suelo y de las condiciones hídricas de la parcela para estudios específicos de suelo-agua. Este formulario puede recibir el control diario de una parcela. Comience por indicar en este formulario el primer mes (el mismo que usted ha indicado en el diagrama del arreglo y el suministro de riego propuestos en el formulario B).

El contenido de *humedad* debe clasificarse para los 2 cm superiores de las parcelas anegadas y los 10 cm de profundidad para las no anegadas. (Nota: los suelos que no han sido arados o rastreados desde el momento de la anegación se consideran suelos anegados).

Si la parcela es inundada, hay una capa contigua (que conecta) de agua y la superficie del suelo se divide en islas. Registre la profundidad de la inundación (cm) por parcelas que tengan agua permanente. Un procedimiento común es colocar en la parcela una vara con una escala de 0-50 cm. El punto 0 de la vara debe coincidir con el nivel de agua del campo recientemente inundado y descrito con agua permanente y puntos más altos que pueden no estar inundados todavía. La profundidad de la inundación se lee entonces en centímetros sobre la vara. Cuando la profundidad del agua está entre 50 y 100 cm, su lectura debe aproximarse en la anotación a la decena más próxima. Cuando pasa de 100 cm debe aproximarse a los siguientes 25 cm. Si la lectura es 17,8 debe escribirse 18.



Si la parcela no está anegada, la superficie del suelo se convierte en contigua y el agua permanente se reduce a pozos o está ausente. Registre la clasificación de la humedad del suelo (D, M, W o S), con la escala siguiente:

D = *La capa superior está seca*, casi como el color del polvo;

M = *La capa superior está húmeda*, se siente la humedad al tocarla. No forma hilos de 1 a 2 mm cuando se frota con los dedos. No hay agua libre aparente si el suelo es muy arenoso.

W = *La capa superior está mojada*, se forman hilos cuando se trabaja con los dedos, excepto en suelos muy arenosos. No hay pozos aislados ni agua libre aparente.

S = *La capa superior está saturada*. Hay pozos aislados y la presencia de agua libre es obvia.

***Lista de Operaciones para el Formulario D o Registros de CPM  
Seleccione sus Operaciones a Partir de lo Siguiente:***

	<i>Información requerida</i>
<i>Preparación de la tierra</i>	
01 Limpieza de residuos — remover, apilar, cortar, quemar.	h
02 Reparaciones de campo — fijación de límites, cercas, zanjas.	h
03 Arado — operación inicial primaria de labranza en el campo para romper la superficie del suelo antes de la segunda labranza. Excluir el labrado hecho para los sembreros.	hp
04 Rastrillado — proceso de rompimiento de terrones con instrumentos para ello (peinilla, disco dentado, etc.). (Como en el arado, excluya lo que se hace para los sembreros).	hp
05 Nivelación — aplanado del campo para reducir desigualdades con el objeto de mejorar la distribución del agua. Esta es la operación final antes del transplante.	hp
06 Surcado — paso del arado u otro instrumento sobre un campo ya listo para los surcos a una distancia dada antes de sembrar.	hp
07 Incorporación — mezcla o colocación del fertilizante, el insecticida, el plaguicida o el herbicida en la tierra	mqh
08 Preparación de la tierra para intercultivo — cualquier operación de labranza para permitir la siembra de cultivos secundarios entre los cultivos mayores	h
09 Otra preparación de tierra — una operación que no pueda ser clasificada bajo ninguna de las anteriores. Especifique la operación con una explicación en la sección de comentarios.	hc
<i>Establecimiento del cultivo</i>	
20 Transplante — siembra de plántulas (a menudo arroz) en la parcela del arreglo.	h
21 Siembra — colocación de las semillas en el suelo por voleo, perforación, a chorro u otros métodos.	h
22 Replante — sembrado de las plántulas o semillas en los hoyos faltantes después de la primera siembra.	h
23 Clarear — remover las plantas extras para obtener la densidad deseada.	h
24 Retoñamiento — el retoñamiento del cultivo y el rendimiento obtenido después de que el cultivo ha sido cosechado.	c
Remojo (o sumergido) de las semillas para pregerminación o tratamiento de éstas o de las plántulas con productos químicos.	h
29 Otra siembra de cultivos — cualquier operación que no pueda ser clasificada en ninguna de las anteriores (código 20- ). Ofrezca una explicación en la sección de comentarios.	hc
<i>Cuidado del cultivo</i>	
30 Fertilización — aplicación del material de fertilización con nutrientes particulares que ayudan al crecimiento y desarrollo del cultivo.	mqh
31 Aplicación de plaguicidas — fumigación con químicos o al voleo en forma granular para controlar los insectos y las enfermedades destructoras.	mqh
32 Aplicación de herbicidas — fumigación con herbicidas o al voleo para controlar las malezas en la parcela.	mqh
33 Control no químico de plagas — operaciones para el control de plagas, control manual de insectos, y control de ratas, aves, etc.	hc
34 Desyerbe manual — retiro de las malezas manualmente o con instrumentos no químicos como las cuchillas, etc.	h

35 Desyerbe mecánico — control de malezas con equipo mecánico o manual.	h
36 Manipulación del forraje — manipulación o cualquier cambio sistemático de la estructura del follaje del cultivo, por ejemplo, doblar el maíz.	h
37 Cobertura del suelo con sustancias orgánicas — colocar la paja o cualquier otro residuo semejante de la granja en el suelo (a menudo para conservar la humedad o reducir la temperatura del suelo).	h
38 Arreglar los surcos — arar entre surcos de plantas echando pedazos del surco hacia la base de la planta.	h
49 Otros cuidados del cultivo — operaciones que no pueden clasificarse entre las mencionadas (código 30- ). Proporcione explicación en la sección de comentarios.	hc
<b>Cosecha</b>	
50 Corte de muestreo del cultivo — la muestra <i>cosechada</i> en una área definida de la parcela para determinar el rendimiento.	q
51 Cosecha manual — cortar el cultivo manualmente con un machete u otro instrumento.	h
52 Cosecha con energía — método de cortar el cultivo con cosechadores mecánicos.	h
53 Trillado manual — separar la paja del grano sin máquinas, por ejemplo con los pies o golpeando las espigas o con ayuda animal.	h
54 Trillado con energía — separación del grano y la paja usando un trillador mecánico activado con energía humana o animal.	h
55 Venteo manual — separar la cáscara vacía de los granos desarrollados mediante gravedad o circulación de una corriente de aire natural.	h
56 Venteo con energía — la misma separación mediante un venteador mecánico. Secado — remover el exceso de humedad de las semillas mediante la exposición al sol o en secadores u hornos hasta alcanzar el nivel deseado de humedad para el almacenamiento.	h
Carga — llevar manual o mecánicamente el producto del campo al mercado o el almacenamiento.	h
Descascarado — retiro de la capa externa de una semilla, como el maní, o el maíz de la mazorca.	h
69 Otra cosecha — operaciones que no pueden ser clasificadas bajo ninguna de las operaciones mencionadas (código 50- ). Proporcione explicación en la sección de comentarios.	hc
70 Fracaso del cultivo — si el cultivo fracasa, anote la fecha en que la cosecha fue discontinuada y ofrezca una explicación en la sección de comentarios.	c

## **Apéndice 6**

### ***Análisis de Costos y Beneficios de los Arreglos de Cultivos***

S.K. Jayasuriya

Economista de la Red, Cropping Systems Program, IIRRI

Toda la información sobre insumos y resultados de un arreglo de cultivos sembrado en una parcela particular debe ser consignada en un formato adecuado antes del análisis económico.

El *formulario de resumen de la parcela* (la Fig. 1 ofrece un ejemplo hipotético para un cultivo de arroz) es un formato general adecuado para registrar los datos de arreglos de cultivos experimentales y de los agricultores para el análisis económico. Algunas de las operaciones que se enumeran pueden tener que ser modificadas o complementadas para hacer frente a los requerimientos de costumbres particulares de manejo y de arreglos de cultivos en un sitio.

Las operaciones y las aplicaciones de insumos se especifican por períodos semanales. Cuando los datos se transfieren de los registros de control, las operaciones que se realizan en fechas particulares deben ser anotadas en la semana pertinente. Los métodos y los escollos asociados con el registro de las operaciones se describen en la sección sobre prueba y no se repetirán en este apéndice.

#### ***Computaciones***

Una vez que se han registrado las operaciones y las aplicaciones de insumo para la parcela, éstas se convierten en cifras por hectárea dividiéndolas por el tamaño de la parcela. En el ejemplo,

Fig. 1. Costos y ganancias de los ensayos de arreglos de cultivos

Resumen de parcela										
País _____	Programa _____			Sitio _____						
Agricultor _____	Parcela _____			Tamaño de parcela 0,1 ha						
Arreglo de cultivo A										
ITEMS	Primer cultivo					Segundo cultivo				
	Sem. /no	1h <sup>a</sup> /parc.	1h <sup>a</sup> /ha	Costo /ha	Costo /ha	Sem. /no	1h <sup>a</sup> /parc.	1h <sup>a</sup> /ha	Costo /ha	Costo /ha
<b>MANO DE OBRA</b>										
Arado 1	16	3	30	1,50	45	43	2,5	25	1,50	37,50
Arado 2	18	2	20	1,50	30					
Rastrillado 1	19	3	30	1,50	45					
Rastrillado 2	25	2	20	1,50	30					
Preparación de camas	22	2	20	1,50	30					
Arado 3	25	4	40	1,50	60					
(Otros) fijación de bordes	29	2	20	1,50	30					
<b>Total preparación de tierra</b>		18	180		270		2,5	25		37,50
Siembra/transplante	26	20	200	0,50	100		0,5	5	0,75	3,75
Resiembra										
Raleo										
<b>Total Siembra</b>		20	200		100		0,5	5		3,75
Desyerbe manual 1	30	5	50	0,50	25					
Desyerbe manual 2										
Cultivo 1										
Cultivo 2										
(Otros)										
<b>Total desyerbe</b>		5	50		25					
Fertilización 1	26	1	10	0,50	5	43	0,5	5	0,50	2,50
Fertilización 2	30	1	10	0,50	5					
Insecticida Ap. 1	29	0,5	5	0,50	2,5	44	0,4	4	0,50	2,00
Insecticida Ap. 2						45	0,4	4	0,50	2,00
Herbicida Ap. 1	30	0,5	5	0,50	2,5					
Herbicida Ap. 2										
Control no químico de plagas										
Mulching										
Riego										
Drenaje										
Manipulación de partes aéreas			10							
(Otros) fertilización 3	37	1		0,50	5					
		4	40		20					
<b>Total otros cuidados</b>							1,3	13		6,50
Recolección 1	41	60	600	1,50	900	56	26	260	2,00	520
Recolección 2										
Recolección 3										
<b>Total recolección</b>			600		900					520
<b>Total mano de obra</b>			1070		1315		30,3	303		567,75

<sup>a</sup>1h = horas de trabajo.

Fig. 1 (cont.)

ITEMS		Primer Cultivo					Segundo Cultivo				
Material	Tipo	Cant. parcela	Cant. /ha	I.A. /ha	Costo /ha	Tipo	Cant. parcela	Cant. /ha	I.A. /ha	Costo /ha	
Semilla		12 kg									
Fertilizante 1	14-14-14	20 kg	200		220	14-14-14	30	300		330	
Fertilizante 2	Urea	15 kg	150		180						
Total N		14,3	143				4,2	42			
Total P		2,8	28				4,2	42			
Total K		2,8	28				4,2	42			
Insecticida 1	Carbaryl	0,2	2 kg	1,5 kg/ha	20	Azodrin	0,15	1,5	0,25	110	
Insecticida 2						Azodrin	0,15	1,5	0,25	110	
Herbicida 1	2,4-D gran.	2,5 kg	25 kg	0,8 kg/ha	150						
Herbicida 1						Azodrin	0,15	1,5	0,25	110	
Herbicida 2											
Fungicida 1											
(Otros) Fertilización 3	Sulf. am.	20 kg	200		200						
Total material					670					550	
Energía	Tipo	h/ parcela	h/ ha	Costo /h	Costo /ha	Tipo	h/ parcela	h/ ha	Costo /h	Costo /ha	
Arado 1	Animal	3	30	1,50	45	Animal	2,5	25	1,50	37,50	
Arado 2	"	2	20	1,50	30						
Rastrillado 1	"	3	30	1,50	45						
Rastrillado 2	"	2	20	1,50	30						
(Otros)	"	4	40	1,50	60						
Total de energía					210		2,5	25		37,50	
Producción	Grado	Cant/ parcela	Cant/ ha	Precio /unid.	Valor/ ha	Grado	Cant/ parcela	Cant./ ha	Precio /unid.	Valor /ha	
arroz sin moler											
Cosecha 1 -		500 kg	5000 kg	1,10	M5.500	Mungo	80	800	5,00	M4.000	
Cosecha 2											
Cosecha 3											
Total de producción					M5.500					M4.000	
Resumen de costos y ganancias por hectárea											
		Primer cultivo			Segundo cultivo			Ambos			
Rendimiento		5000 kg			800 kg						
Ganancias brutas		5500 kg			4000 kg						
Costo de mano de obra y energía	M	1525 kg			605,25 kg						
Costo de material	M	670 kg			550 kg						
Total costos variables	M	2195 kg			1155,25 kg						
Ganancias sobre los costos variables	M	3305			2844,75 kg						
Ganancias sobre mano de obra y costos energía	M/M										
Ganancias sobre los costos materiales	M/M										

el tamaño de la parcela es 0,1 ha y todas las cifras se dividen por 0,1 para arrojar las cifras por hectárea, que son 10 veces las cifras por parcela.

Estas cifras se multiplican entonces por el precio (costo) de cada uno para obtener el costo por hectárea. A una tasa de salarios de M1,50/h para un arador, la primera arada (30 h/ha) cuesta



$\text{M}1,50 \times 30 = \text{M}45$ ; 150 kg de úrea a  $\text{M}1,20$  cuestan  $\text{M}1,20 \times 150 = \text{M}180$ ; 5000 kg de arroz no trillado a  $\text{M}1,10/\text{kg}$  tienen un valor de  $\text{M}1,10 \times 5000 = \text{M}5500$ .

A partir de estos informes uno puede computar el resumen de costos y beneficios por hectárea que aparece al final de la Figura 1. La información también puede usarse para computar otras medidas de productividad o desempeño y también sirve para construir bloques para tipos más sofisticados de análisis como el análisis de la finca completa, usando técnicas de programación matemática como la programación lineal.

Algunos ejemplos que usan los datos del Cultivo 1, en la Figura 1, para computar algunos de los criterios de desempeño más comúnmente usados son:

- a) Ganancias por encima de los costos variables = ganancias brutas – costos variables  
 $= 5500 - \text{M}2,195/\text{ha}$   
 $= \text{M}3,305/\text{ha}$
- b) Ganancias a los factores. Es útil mirar la tasa de ganancia de un factor o un grupo de factores. Este factor puede ser considerado a lo largo del ciclo de producción sobre un tiempo limitado, generalmente el tiempo en el cual puede ser más escaso en relación con la demanda. La fórmula general para la tasa de ganancia al factor A es,

$$\text{Tasa de ganancias} = \frac{\text{ganancias brutas} - \text{todos los costos distintos de los costos de A}}{\text{cantidad de A}}$$

Ejemplos de criterios de desempeño que evalúan ganancias a un grupo de factores son las ganancias a los recursos de la finca, ganancias a los costos de mano de obra y energía, y las ganancias a todos los costos variables. Otros criterios pueden ser las ganancias a subconjunto de insumos de mano de obra, como mano de obra familiar o mano de obra durante ciertos periodos:

- Ganancia a los recursos de la finca = ganancias brutas – costos de todos los recursos no agrícolas  
 $= \text{M}5500 - \text{M}100 - \text{M}900 - \text{M}670/\text{ha}$   
 $= 3830/\text{ha}$
- Tasa de ganancia a los costos variables =  $\frac{\text{ganancias brutas}}{\text{costos variables}} = \text{M}2,5/\text{M}$

En este caso no hay costos variables distintos de aquellos considerados en el factor A (todos los costos variables) y nada se sustrae de las ganancias brutas en el numerador.

- Ganancias a los costos de mano de obra y energía =  $\frac{\text{ganancias brutas} - \text{todos los costos materiales}}{\text{costo de mano de obra y energía}}$   
 $= \frac{\text{M}5500 - \text{M}670/\text{M}}{1.525}$   
 $= \text{M}5,9/\text{M}$

- Ganancias a los costos materiales =  $\frac{\text{ganancias brutas} - \text{costos de mano de obra y de energía}}{\text{costos materiales}}$   
 $= \frac{\text{M}5.500 - \text{M}1.525/\text{M}}{670}$   
 $= \text{M}5,9/\text{M}$

• Si se conoce la cantidad de mano de obra alquilada o familiar usada en la operación, también se puede computar:

$$\text{Ganancias a la mano de obra familiar} = \frac{\text{ganancias brutas} - \text{todos los costos materiales y de energía} - \text{costos de mano de obra alquilada}}{\text{cantidad de obra de mano familiar}}$$

En el ejemplo de arriba, si todas las operaciones distintas a transplantar y cosechar usaron mano de obra familiar, entonces

**Cuadro 1. Resumen de arreglo de cultivos para uso en el desempeño de cada arreglo en cada complejo ambiental.**

Arreglo de cultivos: Arreglo del agricultor A

Complejo ambiental: 2

Réplicas	Ganancias brutas	Costo de			Costos variables totales	Ganancias por costos variables	Otro:		
		Mano de obra	Energía	Materiales			Mano de obra	Energía	Materiales
Parcela 1									
Parcela 2									
Parcela 3									
Parcela 4									
Parcela 5									
Parcela 6									
Total $\Sigma$									

Media  $\left( \frac{\text{Total}}{n} \right)$

C.V.

CV = coeficiente de variación  $CV = \frac{\text{Media}}{Sd}$ , donde Sd es la desviación estándar

Sd =  $\frac{\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{(n-1)}$

$$\begin{aligned} \text{Ganancias de la mano de obra familiar} &= \frac{\mathbf{M}5.550 - \mathbf{M}670 - \mathbf{M}210 - \mathbf{M}100 - \mathbf{M}900}{180 + 50 + 40} \\ &= \mathbf{M}13,4/\text{hombre-hora} \end{aligned}$$

• En el ejemplo de arriba, uno mira los rendimientos a la mano de obra durante el período de las semanas 25-29 (que puede ser el período cumbre de demanda), luego el total de mano de obra usado durante este período fue gastado en:

Arado =	40 horas/ha
Rastrillado 2 =	20 horas/ha
Fijación de límites =	20 horas/ha
Transplante =	200 horas/ha
Total =	280 horas/ha

Los costos de todas las operaciones de insumos es =  $\mathbf{M}1.975$

$$\begin{aligned} \text{La tasa de rendimiento a la mano de obra durante las semanas 25-30} &= \frac{5.500 - 1.975}{280} \\ &= \mathbf{M}12,6/\text{hora} \end{aligned}$$

Si se incluye un número de cultivos en el arreglo, se pueden registrar los datos y realizar computaciones para cultivos subsiguientes en la misma forma.

Los criterios de desempeño para todo arreglo de cultivos pueden entonces ser computados usando los informes de costo y rendimiento para todos los cultivos. Las cifras reales para las categorías deben ser agregadas y usadas luego en estas computaciones; los criterios de desempeño por arreglo, en general, no son simplemente cifras promediadas de las cifras para los cultivos en el arreglo.

Una vez que los resúmenes de la parcela se compilan y el criterio de desempeño se computa para todas las parcelas en un determinado complejo ambiental en que se siembra el mismo arreglo, se pueden usar para encontrar:

- el desempeño promedio del arreglo y
- su variabilidad a través de las granjas, en términos de insumos, rendimientos y los criterios de desempeño seleccionados (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos de los arreglos prevalecientes de los agricultores y los arreglos experimentales estudiados en el complejo ambiental pueden ser resumidos convenientemente para evaluación, como se describe en la sección sobre pruebas.



## Glosario

- Area de extrapolación* — Area de adaptación de un arreglo de cultivo. Se compone de los complejos ambientales a los cuales se adapta el arreglo de cultivo.
- Arreglo de cultivos* — Combinación espacial y temporal de cultivos en una parcela y el manejo aplicado para producirlos.
- Cultivo de rebrote* — Cultivo del rebrote (soca o retoño) después de la cosecha.
- Cultivo en franjas* — Siembra de uno o más cultivos simultáneamente en parcelas alternas arregladas en franjas, que pueden ser cultivadas independientemente.
- Cultivo en relevo* — Siembra de dos o más cultivos en secuencia. Se siembra sucesivamente uno después de que el otro florece, pero antes de su cosecha.
- Cultivo secuencial* — Siembra de dos cultivos en secuencia rápida, plantando uno después de que se cosecha el anterior.
- Cultivos múltiples* — Siembra de más de un cultivo en la misma parcela en 1 año.
- Complejo ambiental* — Una reunión de sitios dentro de los cuales los valores de los determinantes del arreglo de cultivo son los mismos (véase Conjuntos productivos).
- Conjunto productivo* — Unión de sitios dentro de los cuales los valores de los determinantes de los arreglos de cultivo son iguales (véase complejo ambiental).
- Cumúlico* — Derivado de *acumulación*. Describe un tipo de tierra húmeda donde 100 mm de agua acumulada permanece por más de 7 días cuando el suelo se enloda, incluso sin lluvia o irrigación.
- Delúgico* — Derivado de *deluge*. Descriptivo de un complejo ambiental donde los niveles de agua permanecen más de 2 semanas con una profundidad superior a los 30 cm, lo cual está por encima de la altura normal de los límites o diques, durante los períodos de fuertes lluvias.
- Determinantes de los arreglos de cultivos* — Factores ambientales que influyen en el desempeño de un arreglo de cultivo y que no son rápidamente modificables por cambios en las técnicas de cultivo de la producción de cultivos.
- Diseño de parcela* — Representación en diagrama de la combinación espacial y temporal de cultivos en una parcela durante 1 año.
- Experimentos superimpuestos* — Experimentos compuestos de pequeños conjuntos de tratamientos que evalúan el desempeño de la tecnología alternativa de componentes para un arreglo de cultivos. Los tratamientos son superimpuestos, generalmente sin réplica, en cuatro o más campos de prueba de arreglos de cultivos similares.
- Flúxico* — Derivado de *flujo* o *pasar a través*. Describe un tipo de tierra húmeda donde el agua libre permanece en el campo cuando el suelo ha sido enlodado, pero la tasa de desaparición del agua libre, incluyendo la pérdida por evapotranspiración, es superior a 10 mm/día.
- Hidromórfico* — Derivado de *hidro* (agua) y *morfo* (forma). Describe el suelo desarrollado con la presencia periódica o permanente de exceso de humedad.
- Indice de cultivos múltiples (MCI)* — Suma de las áreas sembradas con diferentes cultivos cosechados durante el año, dividido por el total del área cultivada.
- Indice de intensidad de cultivo (CII)* (Menegay 1975) — Indice de uso de la tierra en tiempo ponderado que evalúa la fracción del total de meses-hectárea de que dispone el agricultor para la producción del cultivo.
- Indice de uso de la tierra (LUI)* — Número de días que los cultivos ocupan la tierra durante el año, dividido por 365.
- Indice de uso equivalente de la tierra (LER)* — Area que se necesita bajo un solo cultivo para producir la misma cantidad que 1 ha de intercultivo o cultivo mixto.
- Intercultivar* — Sembrar dos o más cultivos simultáneamente en surcos alternos o conjuntos de surcos en la misma parcela (véase también intercultivo mixto).
- Intercultivo* — Siembra de dos o más cultivos simultáneamente en la misma parcela mezclados con arreglos diferentes por surcos.
- Intercultivo mixto* — Siembra de dos o más cultivos mezclados simultáneamente en la misma parcela sin disposición diferente de surcos.
- Monocultivo* — Siembra de un cultivo solo o en una parcela exclusiva para él, ya sea solo o como secuencia de cultivos solos en el año.

- Parcela* — Area contigua de tierra sembrada de una forma homogénea durante un período definido, normalmente un año.
- Pert (evaluación de programa y técnicas de reseña)* — Instrumento de manejo para definir e integrar los eventos y procesos que deben cumplirse a tiempo para asegurar el logro a tiempo de los objetivos del proyecto.
- Plúvico* — Derivado de *pluvia* o lluvia; describe un tipo de tierra donde el agua proveniente de la lluvia o irrigación no permanece por más de 3 horas en el suelo incluso si éste ha sido trabajado húmedo (véase tierra seca).
- Recomendación (producción de cultivos)* — Consejo en cuanto operaciones, momento, equipos y materiales para la producción de cultivos que resulta valioso aceptar.
- Sistema agrícola (sistema de finca o sistema de finca completa)* — Actividades de producción y consumo usadas por una persona llamada *agricultor* para derivar beneficios de la tierra y otros insumos mediante la siembra de cultivos y el uso de tecnologías disponibles bajo condiciones ambientales específicas.
- Sistema de cultivos* — Actividad de producción de cultivos de una finca. Abarca todos los componentes requeridos para la producción del conjunto de cultivos de una finca y la relación entre ellos y el medio ambiente. Estos componentes incluyen todos los factores físicos y biológicos necesarios, así como la tecnología, la mano de obra y el manejo.
- Tecnología de componente* — Técnicas de cultivo usadas en el manejo de un arreglo de cultivos. Estas incluyen la escogencia de la variedad, el momento y los métodos de labranza y establecimiento del cultivo, fertilización, manejo del agua en el campo, manejo de plagas y cosecha.
- Tierra húmeda* — Tierra en la cual la zona radical puede mantenerse saturada por una parte sustancial de la estación de siembra, cuando es necesario, mediante el fomento de la acumulación de agua en el suelo por medio de lodazal y el uso de límites o diques.
- Tierra seca* — Tierra que, exceptuando períodos limitados, no retiene más humedad en la zona radical que la capacidad del campo.

