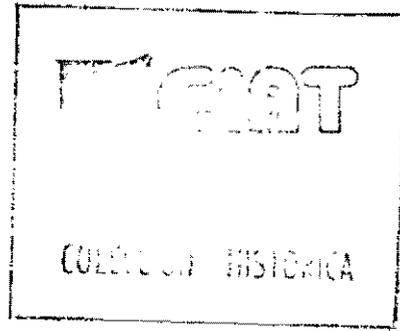


BIBLIOGRAFIA CIAT
4218
No. _____



500
A3
F5
W59

~~El~~ Diseño de Ensayos para la Investigación en Campos de Agricultores

Jonathan Woolley

Versión preliminar de un documento de trabajo
Programa de Frijol del CIAT

S
540
.A3
.F5
W59

Febrero de 1987

VERSION PRELIMINAR-FEBRERO DE 1987

EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS EN LA INVESTIGACION 62740
EN CAMPOS DE AGRICULTORES

Jonathan Woolley*

Prefacio

Este documento forma parte de una serie basada en las experiencias del CIAT y sus colaboradores. Deseamos seguir revisandolo con base en las experiencias de los lectores, y agradecemos sugerencias.

1. Introducción

La investigación en campos de agricultores es una actividad que define problemas, e identifica recomendaciones, para grupos de agricultores. Con menor frecuencia, los trabajos sobre el desarrollo de tecnología también pueden formar parte de la investigación en campos de agricultores. Algunas autoridades limitan el uso del concepto de "investigación en campos de agricultores" a la identificación de problemas y recomendaciones para grupos de agricultores y es para este tipo de investigación en campos de agricultores que el documento sugiere procedimientos.

* Agrónomo de Sistemas de Cultivos, Programa de Fríjol, CIAT, AA 6713, Cali, Colombia.

La investigación en campos de agricultores incluye las etapas diagnóstico, planificación, experimentación, evaluación y recomendación. Este documento trata sobre parte de la etapa de planificación. La etapa de planificación usa la información que resulta de un diagnóstico de la zona objetiva, incluyendo: las opiniones de agricultores e investigadores sobre cuáles son los problemas; información sobre las prácticas de los agricultores; información sobre las circunstancias de los agricultores; y la evidencia que se necesita para identificar las causas probables de los problemas. Combina esta información con resultados experimentales del área (especialmente si no es el primer año de investigación en campos de agricultores en la zona). Se hace énfasis en que el proceso de planificación sea igualmente válido para un programa que todavía no comienza experimentación local o para uno con muchos años de trabajo terminado.

Por medio de la planificación, una lista de muchos problemas aparentes (que puede ser largo en el primer año) es llevada finalmente a detalles de pocas actividades (ensayos y quizás estudios diagnósticos adicionales) de alta prioridad. Además se identifican actividades que necesitan atención en las estaciones experimentales. Los pasos en la planificación son:

1. Hacer una lista de los problemas que aparentemente limitan la productividad del sub-sistema
2. Eliminar problemas de baja prioridad o los que no tienen solución técnica alguna
3. Identificar las causas de los problemas
4. Diagramar las interrelaciones de las diferentes causas y problemas

5. Hacer una lista de las posibles soluciones para cada problema. tomando en cuenta las causas identificadas
6. Evaluar las posibles soluciones para facilidad de investigación, facilidad de adopción y beneficio potencial
7. En base a (6), identificar las soluciones de mayor prioridad para la investigación adaptativa en campos de agricultores (identificar también soluciones que no estén disponibles todavía y que necesitan que se desarrollen tecnologías en la estación o en los campos de agricultores; e identificar necesidades para diagnóstico adicional)
8. Asignar las soluciones de alta prioridad a ensayos, tomando en cuenta los tipos apropiados de ensayo (que tengan diferentes objetivos de investigación) e interacciones probables
9. Reducir las actividades propuestas para concordar con los recursos disponibles
10. Definir el diseño experimental, tratamientos y manejo de cada ensayo

Procedimientos para pasos 1 a 7 se han descrito efectivamente en otra parte (CIMMYT, 1985). Este documento sugiere procedimientos para pasos 8 a 10 y, a través de ejemplos, discute más a fondo algunos de los interrogantes que surgen. Su meta entonces, es ayudar a los investigadores en campos de agricultores a ejecutar más efectivamente su trabajo dentro de los recursos disponibles.

2. Asignación de posibles soluciones a los tipos de ensayos

El paso 6 del proceso de planificación puede haber trabajado sobre una

lista de 10 a 20 soluciones posibles. El número de soluciones que pase al paso 8 dependerá de los recursos que el equipo de investigación a nivel de finca tenga a su disposición, pero típicamente oscilará entre 6 y 12. En lugar de trabajar con una lista muy corta en el paso 8, es mejor dejar la eliminación de algunas de estas soluciones hasta que sus requerimientos en términos de recursos ya se hayan estudiado; algunas serán más fáciles de probar que otras con poco uso de recursos. Se debe recordar también que un ensayo puede acomodar varios tipos de solución (p.e. variedades pueden aparecer como soluciones a diferentes problemas, pero todas podrán acomodarse en un ensayo de variedades).

Los tipos de ensayos a los cuales se les pueden asignar soluciones son aquellos descritos en el marco metodológico adaptado por el CIAT (Woolley y Pachico, 1987) a partir de aquellos desarrollados por otros investigadores, y se resumen en el Cuadro 1.

Los criterios mediante los cuales se asignan posibles soluciones a un ensayo particular son: urgencia de la solución, confianza en la efectividad de la solución e interacciones probables con otras soluciones en estudio. Si se desea, éstas pueden evaluarse en la clase de formato presentado en el Cuadro 2.

Aquellas soluciones que tienen una alta probabilidad de interactuar entre sí deben agruparse por lo menos una vez en el mismo ensayo para averiguar si, en las recomendaciones que eventualmente salen, algunos componentes tienen siempre que usarse juntos. Ocasionalmente puede ser aconsejable incluir en un ensayo una variable que no estaba en la lista

de posibles soluciones, pero que tiene una alta probabilidad de interacción con otra variable incluida en los ensayos. Es apropiado mencionar algo respecto a las interacciones. Pueden desarrollarse argumentos en los cuales casi toda variable propuesta para estudio puede interactuar con otras. Como ejemplo, considere la siguiente lista para la siembra simultánea de maíz y frijol. Variedad de maíz, variedad de frijol, densidad de maíz, densidad de frijol, control de enfermedades foliares, fertilización, control de insectos foliares, tratamiento de la semilla de frijol con fungicida, insecticida para el frijol (o maíz) aplicado al suelo y control de malezas. Es posible que todos estos factores puedan interactuar: el equipo de investigación tiene que decidir cuáles de las interacciones es probable que sean tan fuertes que, por ejemplo, hagan que los niveles de fertilización encontrados como económicos para la variedad tradicional de frijol sean inapropiados para una nueva variedad. La producción de interacciones fuertes también dependen del rango de exploración que se está considerando para un factor. Por ejemplo, la variedad de maíz y la variedad de frijol pueden interactuar si tanto el maíz como el frijol (ya sea de hábito de crecimiento trepador o arbustivo) presentan vigor y/o madurez diferentes. Sin embargo, si los genotipos de maíz o frijol en evaluación son relativamente similares, es poco probable que ocurra una interacción fuerte.

Después de decidir cuáles de las soluciones aparecerán en el mismo tipo de ensayo, se puede entonces considerar la etapa apropiada de investigación. Las siguientes pautas pueden ser útiles.

- a. Si la solución se necesita urgentemente, debe incluirse un grupo de ensayos de verificación en el juego diseñado, siempre y cuando exista tecnología que tenga una oportunidad razonable de éxito.
 - b. Si existe duda acerca de cuáles factores están limitando más el rendimiento en el sistema, debe incluirse por lo menos un ensayo exploratorio.
 - c. Si un número considerable (más de 6) de líneas o variedades de un cultivo responde a las posibles soluciones, como paso preliminar casi con seguridad se necesitará un ensayo de variedades.
 - d. Si no hay duda respecto a cuáles son los factores que son limitantes (ésto normalmente sería sólo a partir del segundo año de experimentación o más), quizás sea adecuado adelantar ensayos sobre niveles económicos.
3. Diseño del número mínimo de tratamientos efectivos

Los recursos son escasos para la investigación en campos de agricultores. Es importante, entonces, reducir el tamaño de ensayos o incluir varias soluciones en un solo ensayo, sin perder información importante sobre interacciones.

3.1 Ensayo unifactorial

La mayor parte de esta sección se refiere al manejo de un gran número de factores dentro del mismo ensayo. Sin embargo, vale la pena mencionar que, incluso en los ensayos unifactoriales (ej., ensayos de variedades, ensayos de dosis de fertilizantes con un solo elemento o compuesto, ensayos de pesticidas), algunos tratamientos pueden descartarse útilmente antes de la experimentación. En ensayos de variedades, la evaluación de muestras de semillas por parte de agricultores, consumidores o comerciantes, puede servir para eliminar algunas entradas que definitivamente son inaceptables. En ensayos con insumos, un cálculo preliminar de los costos y posibles beneficios (véase, por ejemplo, CIMMYT, 1985, etapa VI) puede indicar que algunos tratamientos son demasiado costosos como para merecer ser evaluados. Al revisar los tratamientos con pesticidas, es posible que algunos productos estén prohibidos localmente o no estén disponibles en el mercado, y que no hay esperanzas de que se vuelvan disponibles, incluso si se anuncia un resultado exitoso de la investigación.

También será útil revisar la lista de posibles soluciones para colocar en el mismo ensayo a) aquellas que los agricultores considerarían alternativas directas, incluso si los investigadores normalmente las evalúan en forma separada y b) aquellas que difícilmente interactuarán pero implicarán pocos tratamientos y podrían conducir a un ahorro de recursos si se probaran en el mismo ensayo.

El punto (a) se ilustra con la posibilidad de combinar fríjol de diferentes hábitos de crecimiento, madurez y/o colores de semilla en el mismo ensayo. En ensayos adelantados en estaciones experimentales, las líneas generalmente se separan según estos criterios para hacer una comparación más justa, lo cual se justifica cuando debe hacerse una selección en cada una de varias clases entre un gran número de líneas similares. Sin embargo, el interés del agricultor (y, por lo tanto, del investigador en sus campos) es diferente. Para él o ella, la madurez y el tipo de semilla es importante en términos del precio pagado por el producto, en tanto que la madurez y el hábito de crecimiento pueden ser importantes en términos del manejo del sistema (incluyendo la presencia de otros cultivos). En cuanto sea posible, éstos pueden y deben ser comparados en el mismo ensayo.

El punto (b) se ilustra mediante el siguiente ejemplo. Los investigadores tienen ocho variedades de fríjol para ensayar; también desean repetir la evaluación de dos productos para el control de pudriciones radicales, puesto que éstos probaron ser los más efectivos en una evaluación adelantada anteriormente a nivel de finca con seis productos. Sería un desperdicio de recursos diseñar un ensayo para tres tratamientos de semilla (dos productos + testigo) y el número de variedades es relativamente pequeño, de tal manera que existe la posibilidad de aplicar los dos productos a una, dos o tres de las variedades en el ensayo de variedades para un total de 10, 12 o 14 tratamientos.

En ocasiones, una asociación de dos cultivos en el sistema de los agricultores conduce a la evaluación de diferentes soluciones en el mismo ensayo, incluso cuando éstas no interactúan. En el norte de Nariño se probaron seis cultivares de maíz en el sistema de los agricultores -- cual es el del intercalamiento entre hileras con frijol arbustivo -- y se midieron los rendimientos del maíz y del frijol. Fue necesario establecer parcelas de maíz grandes (35 m^2 con tres repeticiones por finca) para obtener una precisión adecuada en los datos del maíz; la siembra del frijol en el ensayo grande que resultó implicó mucho trabajo. Por consiguiente, se decidió utilizar el frijol para evaluar la eficacia de seis tratamientos de semilla contra pudriciones radicales en el área. Entonces el ensayo para frijol se diseñó con seis tratamientos en subparcelas en cada parcela principal de maíz, lo cual todavía permitía un tamaño adecuado de la subparcela de frijol. En el caso del maíz, el ensayo se analizó como un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones x seis cultivares. En el caso del frijol, se analizó como un diseño de parcelas divididas en el que las parcelas principales midieron los efectos de cada cultivar de maíz sobre el frijol, y las subparcelas midieron los efectos de los tratamientos de semilla sobre el frijol. De esta manera fue posible diseñar el ensayo, sin tener que cosechar el maíz por subparcela, puesto que no se esperaba un efecto del tratamiento de la semilla del frijol sobre el maíz.

3.2 Un gran número de factores en evaluación

Como "norma a la mano", es útil tener presente un límite de 16 tratamientos para un ensayo estándar a nivel de finca. Por consiguiente, el número

máximo de factores que pueden acomodarse en un arreglo factorial completo de tratamientos es cuatro ($2^4 = 16$).

Si se espera poca interacción entre factores, pero hay un gran número de factores en estudio, pueden ser útiles los diseños llamados "más uno" y "menos uno". Estos pueden compararse y contrastarse de la siguiente manera:

"Más Uno"	"Menos Uno"
Práctica de los agricultores (0)	Paquete completo de prácticas
Práctica de los agricultores + A	Paquete completo de prácticas - A
Práctica de los agricultores + B	Paquete completo de prácticas - B
Práctica de los agricultores + C	Paquete completo de prácticas - C
Práctica de los agricultores + N	Paquete completo de prácticas - N

En el diseño menos uno, la práctica promedio de los agricultores también debe incluirse como testigo; en el diseño más uno, puede ser útil, más no esencial, incluir la práctica completa (i.e., Práctica de los agricultores + A + B + C + + N).

Aunque la serie de tratamientos "menos uno" ha sido muy utilizada por algunos investigadores, realmente sólo es útil para determinar el efecto de eliminar uno de los componentes de un paquete. Como los agricultores generalmente adoptan paquetes paso a paso (ej., Byerlee & Hesse, 1982), el interrogante planteado por la serie menos uno usualmente no es pertinente.

El arreglo más uno prueba individualmente el efecto de cada factor adicionado solo a la práctica actual de los agricultores. Es útil para los ensayos exploratorios o para los ensayos de verificación, cuando es difícil predecir el orden en el cual es factible que el agricultor adopte las prácticas.

En la práctica, quizás sea más apropiado un diseño "paso a paso" para los ensayos de verificación, siempre y cuando se pueda predecir el orden probable de adopción de los componentes tecnológicos, i.e.

1. Práctica de los agricultores (0)
2. Práctica de los agricultores + A
3. Práctica de los agricultores + A + B
4. Práctica de los agricultores + A + B + C
5. Práctica de los agricultores + A + B + C + D

En este caso, el orden de facilidad decreciente de adopción es: A, B, C, D. Sin embargo, si se sabe que C y D interactúan y que deben adoptarse simultáneamente para que funcionen, quizás el tratamiento 4 deba eliminarse de la serie presentada anteriormente.

Cuando se agrupan en el mismo diseño de ensayo potencial más de cuatro factores con posibles interacciones (como puede ocurrir algunas veces para los ensayos exploratorios en una área donde se sabe poco acerca de los limitantes a la producción), existen una serie de opciones: diseñar dos ensayos factoriales completos con alguna superposición de factores; utilizar un arreglo factorial parcial; o utilizar un diseño confundido.

Cuando hay un gran número de factores para estudio exploratorio, la mayoría de los cuales es probable que interactúen con otros del grupo, debe ser posible dividirlos en dos grupos, con algunos factores apareciendo en ambos grupos: por ejemplo, un grupo de seis factores para frijol (variedad (V), control de enfermedades foliares (E), fertilizante (F), densidad (D), control de insectos foliares (I) y control de patógenos de la semilla y del suelo (T)) en trabajos colaborativos realizados por el CIAT-ICA, ha sido dividido en dos factoriales 2^4 : VEFD y VEIT, estando V y E en ambos grupos puesto que fueron los factores más probables de presentar fuertes interacciones con todos los demás factores.

El uso de juegos de tratamientos en factoriales parciales puede ser una manera eficiente de evaluar muchos factores cuando no todas las interacciones son de interés. Como ejemplo consideraremos el caso relativamente trivial de un ensayo exploratorio en un dominio en el que los agricultores no utilizan ni control de enfermedades foliares ni tratamiento de semillas y en el cual se compararán con las prácticas actuales de los agricultores una nueva variedad (V), el control de enfermedades foliares (E) y el tratamiento de semillas (T). Si el ensayo se diseña en un arreglo "más uno" para los tratamientos (0, + V, + E, + T), sólo se evaluará el efecto principal de cada factor. Sin embargo, suponga que se desee incluir una evaluación de la interacción variedad x control de enfermedades foliares (debido a que se sospecha que la variedad tradicional y la nueva presentan tolerancias diferentes a una enfermedad foliar controlada por la aplicación). Esto se puede lograr mediante la inclusión de un tratamiento adicional, específicamente + V + E, de tal manera que se incluye en los cinco tratamientos un juego factorial $2V \times 2E$ (0, + V, + E, + V, + E).

Suponga que además se desea evaluar la interacción de variedad con tratamiento de la semilla (por ejemplo, si se sospecha que las variedades nueva y tradicional presentan diferentes tolerancias a un patógeno controlado mediante el tratamiento). La adición de un sexto tratamiento (+V+T) permitirá esta prueba. El análisis de varianza en el caso de estos cinco o seis tratamientos se realizaría examinando la estructura del factorial parcial dentro del diseño de bloques completamente al azar. La adición de tratamientos adicionales para completar el juego factorial 2^3 con ocho tratamientos se vuelve atractivo una vez haya seis tratamientos, y especialmente si hay siete. Adicionando solo uno o dos tratamientos se obtiene información sobre todas las interacciones posibles (VE, VT, ET, VET), y el análisis y la interpretación se vuelven más fáciles. La inclusión de tratamientos adicionales proporciona más posibilidades diferentes en juegos de tratamientos factoriales más grandes (por ejemplo, 2^4), pero aquí también llega un punto en el que quizás sea preferible probar un juego factorial completo de tratamientos, incluso si unas cuantas de las interacciones no son de interés.

Un tipo particular de juegos factoriales parciales son los diversos diseños "Plan Puebla" (Turrent y Laird, 1975). En virtud de que éstos evalúan muchos niveles de cada uno de dos o más factores, son principalmente aptos para ensayos de niveles económicos en los cuales interactúan muchos factores, como por ejemplo en ensayos de fertilizantes o fertilizantes x densidad. No los hemos utilizado en experiencias del CIAT con países colaboradores. Sin embargo, un diseño común para los ensayos de niveles económicos de fertilizantes en los trabajos en campos de agricultores adelantados por el Programa de Fríjol, ha sido el de agregar varios

tratamientos adicionales a un juego factorial completo, generalmente de tres niveles de nitrógeno x tres de fósforo (Cuadro 3).

Como cada diseño de ensayo a nivel de finca se evalúa en diversas fincas, una manera útil para reducir el número de tratamientos evaluados en cada finca es colocar un bloque incompleto de un diseño confundido en cada finca (véase Cochran y Cox, 1965, Capítulo seis; Mead, 1984, para las descripciones de la teoría y práctica de los diseños confundidos). En diseños confundidos, se evalúan todas las posibles combinaciones de tratamientos de un juego factorial completo, pero no todas se incluyen en cada bloque incompleto. Esto se logra sacrificando información en una o más de las posibles interacciones entre factores, generalmente aquellas de alto orden que son difíciles de interpretar. En otras palabras, la información sobre estas interacciones se confunde con efectos de bloque, los cuales se determinan mediante las condiciones en las cuales se ubica cada bloque. Entonces, si hay cuatro fincas disponibles, se puede establecer un juego de tratamientos de 2^4 en dos repeticiones con un bloque incompleto de ocho tratamientos establecido en cada finca. Un juego de tratamientos 2^5 podría tener dos repeticiones en total, y de 16 tratamientos por finca y un juego de 2^6 , una repetición en total y 16 tratamientos por finca. Aunque estos diseños aparentemente tienen pocas repeticiones, las "repeticiones escondidas" de cada efecto principal y cada interacción de bajo orden asegura una alta precisión. Por lo tanto, en un juego 2^5 en dos repeticiones, cada una de las 32 combinaciones posibles de tratamientos solo se prueba dos veces en todas las cuatro fincas. Sin embargo, cada factor ocurre al nivel 0 (generalmente el nivel de agricultor) en 16 de estos tratamientos y al nivel 1 en los otros 16. F

consiguiente, si se encuentra que no hay interacciones significativas, cada efecto principal se mide en 32 repeticiones (dos repeticiones verdaderas x 16 repeticiones "escondidas"). Si en realidad existen interacciones de primer orden (i.e., interacciones de dos factores a la vez), cada una de las cuatro combinaciones posibles a partir de las cuales se calcula la interacción ocurre ocho veces en los 32 tratamientos. Por lo tanto, cada interacción de primer orden tiene 16 repeticiones en las cuatro fincas (dos reales x ocho escondidas). De manera similar, cada interacción de segundo orden tiene ocho repeticiones y así sucesivamente.

Las repeticiones escondidas son una gran ventaja de todos los arreglos factoriales completos. Los arreglos permiten la evaluación de interacciones, pero si se encuentra que están ausentes las interacciones de cualquier orden, se aumenta la precisión de estimación de aquellas interacciones de menor orden o los efectos principales.

Los diseños confundidos pueden ser útiles para aumentar la precisión en campos de agricultores desuniformes, incluso cuando hay espacio para todas las combinaciones de tratamientos. Por ejemplo, un experimento factorial 2^4 en un diseño de bloques completos al azar puede diseñarse con una o dos repeticiones por finca, en el que cada repetición de 16 tratamientos se divide en dos bloques incompletos de ocho tratamientos, confundiendo la interacción de tercer orden con los bloques (Cuadro 4). Como ocurre en todos los diseños confundidos, la escogencia de tratamientos para cada bloque incompleto está limitada por el diseño y exige un cuidado adicional en la ejecución de campo. Las reglas para construir dichos diseños son

relativamente simples (Mead, 1984) o los diseños pueden ser tomados de textos de referencia estándar (Cochran y Cox, 1965).

Otro método para reducir el tamaño de un juego factorial de mayor tamaño es utilizar repeticiones fraccionadas (Cochran y Cox, 1965, secciones 6A13 y 6A14). Sin embargo, estos diseños son primordialmente para su utilización cuando solo está disponible un sitio experimental. Como la investigación en campos de agricultores requiere varias localidades para que los resultados de la investigación sean representativos, es mejor dividir un juego factorial grande entre localidades utilizando diseños confundidos.

Cuando se está probando un juego de tratamientos en un factorial completo, es común ver a los investigadores utilizar diseños de parcelas divididas, en los que uno de los factores se le asigna al azar a las parcelas principales y luego el segundo factor se asigna al azar dentro de cada una de las parcelas principales. Una subdivisión posterior de las subparcelas conduce al diseño de parcelas subdivididas. Aunque altamente favorecidas por los investigadores, los diseños en parcelas divididas tienen una serie de desventajas (Mead & Stern, 1983), incluyendo efectos adversos en la precisión de los efectos de los tratamientos en la parcela principal, los cuales generalmente no son compensados por ganancias en la precisión de la medición de los efectos en subparcelas y en subparcelas x parcela principal. Además, la interpretación y presentación de los datos es complicada por la existencia de más de un término de error. El cálculo de errores para los tratamientos en subparcelas es especialmente difícil.

Los arreglos de tratamientos factoriales dentro de un diseño de bloques completos al azar o bloques incompletos siempre deben utilizarse con preferencia sobre los diseños de parcelas divididas o parcelas subdivididas excepto:

- a. cuando uno de los factores es particularmente difícil de aplicar en pequeñas; ej., tratamientos de riego o labranza;
- b. cuando podría ocurrir interferencia entre parcelas pequeñas vecinas. Por ejemplo, en ensayos de aplicación de insecticidas o fungicidas, un insecto o patógeno móvil puede transferirse de una parcela más infectada a una menos infectada o la aspersión descuidada puede desplazarse de una parcela a la siguiente. En ambos casos los efectos causarían un subestimado de la diferencia entre las parcelas asperjadas y las no asperjadas;
- c. cuando el agrupamiento de las subparcelas con un mismo tratamiento en una parcela principal ahorre espacio en un ensayo en campos de agricultores. Por ejemplo, en ensayos con asociaciones de maíz-fríjol trepador, el fríjol puede probarse en parcelas de dos hileras sin bordes laterales, pero el maíz requiere parcelas de cuatro hileras. Por lo tanto, un ensayo de tres cultivares de maíz x cuatro cultivares de fríjol en tres repeticiones requeriría 36 parcelas de cuatro hileras si se establece en bloques completos al azar con un arreglo factorial de tratamientos (cada uno de los 36 tiene sus propios bordes para el maíz), pero solamente nueve parcelas principales de maíz de 10 hileras si se establece en un diseño de parcelas divididas (cada

parcela principal consistiría de cuatro subparcelas de fríjol de dos hileras más una hilera de borde en cada extremo de la parcela principal).

La Figura 1 compara diseños de bloques completos al azar y de parcelas divididas que han sido utilizados para dos ensayos similares de verificación. En un ensayo de líneas de fríjol x fertilizante, se utilizó un diseño de bloques completos al azar, pero cuando el ensayo fue de líneas de fríjol x tratamiento de aspersion, fue necesario utilizar un diseño de parcelas divididas con una pérdida correspondiente de precisión en la medición de los efectos de la aspersion.

4. Listado de los ensayos propuestos y ajuste a los recursos disponibles

A partir de la información en las secciones 2 y 3, será posible hacer una lista corta de los tipos de ensayos propuestos, la estructura aproximada de los tratamientos y las soluciones a las cuales corresponden, como en el ejemplo del Cuadro 5. La lista corta también debe incluir estudios especiales identificados como necesarios durante el proceso de planeación (CIMMYT, 1985, etapa VII; Woolley & Pachico, 1987). La lista corta ahora debe revisarse a la luz de los recursos disponibles. Con base en experiencias en diversos países, aquí se presentan algunas sugerencias sobre el uso relativo de recursos en diferentes tipos de ensayos y estudios especiales. Quizás necesitarán ser adaptadas para programas y situaciones particulares.

La unidad estándar utilizada se define como la unidad-ensayo la cual es el esfuerzo requerido por los investigadores para preparar, sembrar, mantener y cosechar un ensayo de variedades en parcelas pequeñas en un campo de 32 parcelas (i.e., típicamente dos repeticiones x 16 entradas). Normalmente todos los ensayos correspondientes a las etapas de ensayos de variedades, exploratorios o niveles económicos se considera que implican una unidad-ensayo de esfuerzo, incluso si el número de parcelas es de menos de 32. Esto se debe a que hay ciertos "costos fijos" en tiempo y recursos (hacer arreglos con el agricultor para adelantar el ensayo y llegar hasta el ensayo cada vez que se visita) los cuales son independientes del tamaño del ensayo. Si el tamaño varía significativamente de las 32 parcelas, quizás sea conveniente aumentar o reducir el número de unidades-ensayo asignadas, pero no en proporción directa al número de parcelas. Los tres tipos de ensayo implican diferentes operaciones, pero el esfuerzo total requerido es similar. Por lo tanto, los ensayos de variedades son más fáciles de sembrar, pero requieren ciertas observaciones especiales (severidad de diferentes enfermedades, madurez); los ensayos exploratorios o de niveles económicos incluyen diferentes factores o muchos niveles del mismo factor, y generalmente son más difíciles de sembrar; sin embargo, pueden requerir la observación de menos variables de datos.

Los ensayos de verificación y manejados por los agricultores requieren menos recursos por parte de los investigadores puesto que tienen menos tratamientos y hay mayor participación por el agricultor (aunque esto implica más tiempo del investigador en explicaciones, aunque sea menos en prácticas por ejecutar). En nuestra experiencia, a los ensayos de verificación se les ha asignado un promedio de 0.6 unidades-ensayo por

finca (rango 0.5 - 0.75) y a los ensayos manejados por los agricultores, 0.4 (rango 0.3 - 0.5).

La predicción del uso de recursos para estudios especiales es más difícil. Aquellos que implican experimentación de campo pueden compararse con los tipos de ensayo indicados anteriormente. Aquellos que implican una encuesta, ya sea de agricultores o de un problema biológico, pueden no representar competencia con los ensayos si se hacen en una época en la que el trabajo de los ensayos no es presionante (i.e., generalmente no dentro del primer mes de siembra o cosecha) y se les puede asignar un valor muy bajo o cero en cuanto a los recursos requeridos.

Una vez se han asignado los requerimientos de recursos a la lista corta, el requerimiento total se compara con los recursos disponibles. Típicamente la lista corta de actividades excederá lo que se podrá ejecutar y necesitará algunos recortes. Al hacerlo, las siguientes pautas pueden ser útiles:

- a. Se puede reducir el número de localidades al cual se enviarán los ensayos, pero nunca por debajo de tres por dominio de recomendación, excepto para ensayos altamente especulativos o estudios especiales.
- b. Puede ser posible incluir en un tipo de ensayo, tratamientos de dos ensayos que originalmente estaban separados (i.e., las ideas de la sección 3 deben estudiarse nuevamente).

- c. Si se eliminan actividades completas, éstas deben corresponder a soluciones que recibieron prioridad menor en el proceso de planeación o que están bien representadas en otros tipos de ensayos.
- d. No se deben eliminar los ensayos que proporcionan soluciones confiables a problemas urgentes: la promoción con agricultores (e investigadores) en sus campos de una región recibe gran ayuda si se observa que se están logrando progresos.

5. Preparación de los detalles de cada tipo de ensayo

Aunque en primera instancia esta primera etapa pueda parecer trivial, con frecuencia es solamente a este nivel que el investigador se hace consciente de un problema de diseño o ejecución que no era evidente cuando se estaban acomodando las soluciones en los tipos de ensayos.

El uso de un modelo para las descripciones de ensayos ayuda a asegurar que todos los detalles necesarios se están considerando. En el Cuadro 6 se presenta un modelo utilizado y gradualmente modificado por el CIAT en los últimos años y puede ser de utilidad.

5.1 Título

El tipo de factor incluido en el ensayo generalmente servirá de título útil ("ensayo de variedades", "ensayo de dosis de fertilizantes", "ensayo de métodos de aplicación de fertilizantes"), pero quizás sea necesario utilizar términos generales si se están incluyendo muchos factores ("ensayo

exploratorio" en lugar de "ensayo de variedades x fertilizantes x densidad x control de enfermedades foliares con tratamientos de semillas en parcelas adicionales"). Algunas veces la etapa de investigación y los factores incluidos pueden ser combinados en forma útil ("ensayo de verificación de la nueva variedad Y con y sin un cambio en el manejo por los agricultores").

5.2 Etapa de investigación

Será de mucha ayuda anotar ésto para clarificar el pensamiento, especialmente en lo que respecta a los objetivos.

5.3 Objetivos

Estos pueden beneficiarse al escribirse como una serie de puntos separados y numerados. La forma de expresión depende del estilo de prosa de cada cual, pero se sugiere que sea conciso. Deben contener una afirmación que describa los objetivos de esa etapa de la investigación (ej., "identificar material genético promisorio para el área X con el fin de reducir la cantidad evaluada en el futuro"; "identificar factores limitantes para la producción y sus interacciones entre aquellos identificados en el diagnóstico"; "identificar niveles económicos del factor Q"). También deben relacionar al ensayo con trabajos anteriores en el dominio de recomendación (ej., "repetir el ensayo de dosis de fertilizantes realizado en 1982 y 1983 en vista de los resultados contrastantes que se obtuvieron"; "verificar qué tan promisorias son las tecnologías A y B identificadas en los ensayos de niveles económicos en 1984").

5.4 Sistema de cultivo

Debe especificarse el sistema de cultivos. Si corresponde a una asociación o a relevo con otros cultivos, serán los otros cultivos campos comerciales comunes? o el investigador o agricultor los sembrará en algún arreglo fijo o en alguna fecha determinada? Si es un cultivo de relevo, cuándo se sembrará el cultivo?

5.5 Diseño del ensayo

Aquí se debe hacer mención del diseño experimental (ej., bloques completos al azar con una estructura factorial 2^4 ; diseño de parcelas divididas), un resumen del diseño (a fincas x b repeticiones/finca x c tratamientos) y una explicación si los tratamientos tienen una estructura interna (c tratamientos = d dosis de N x e densidades de siembra).

5.6 Tratamientos

Los tratamientos pueden describirse factor por factor, aunque quizás sea más seguro para evitar confusiones en el manejo de campo (ej., de 1011 con 1101) también asignar un número de tratamiento a cada posible combinación de los niveles de factores. Posiblemente no se decidirá en detalle el nivel exacto de cada factor (nombres de las variedades o productos, densidades de siembra, dosis de productos o épocas de aplicación) hasta esta etapa. En otras ocasiones, quizás haya sido necesario especificarlas en forma precisa para la evaluación de soluciones y estudio del tamaño del

ensayo que se realizará. Se pueden hacer los siguientes comentarios específicos.

5.6.1 Testigos

Todo ensayo en campos de agricultor debe incluir por lo menos un testigo del agricultor para proporcionar una base de comparación. Hay, en efecto, por lo menos tres posibles testigos del agricultor (utilizados generalmente, pero no exclusivamente, para medir rendimientos de los cultivos):

- a. Un tratamiento dentro del diseño del ensayo en el que los investigadores aplican la práctica promedio de los agricultores en el dominio de recomendación, con base en la información obtenida a partir de las encuestas realizadas.
- b. Un tratamiento dentro del diseño del ensayo ejecutado por el agricultor con quien se siembra el ensayo.
- c. Una parcela marcada dentro de un campo comercial, sembrado por el agricultor con sus prácticas normales, preferiblemente situada próxima al ensayo en condiciones similares y sembrada en la misma fecha.

El testigo (a) es sumamente práctico para implantarlo en ensayos de parcelas pequeñas y proporciona un testigo uniforme de campo a campo en un tipo de ensayo con el mismo diseño. Sin embargo, puede sobrestimar el rendimiento que los agricultores del dominio obtienen. El testigo (b)

tiene la ventaja de involucrar más al agricultor en el ensayo; puede proporcionar un estimado más preciso, siempre y cuando la muestra de los agricultores sea representativa de la zona (véase Woolley, 1984) y siempre y cuando los agricultores no modifiquen sus prácticas al participar en un ensayo. Sin embargo, puede ser difícil de implantar en ensayos con parcelas muy pequeñas y sus detalles pueden variar de agricultor a agricultor, haciendo que se dificulte su utilización como testigo, pero no haciéndola imposible. La media del testigo (c) será el estimado más preciso de las condiciones de los agricultores en el dominio, siempre y cuando los agricultores y los campos sean representativos y los agricultores no hayan sido influenciados en sus prácticas por lo que han visto en el ensayo adyacente. El testigo (c) exige una buena organización práctica, con el fin de que sea marcado y, cuando se ha de tomar el rendimiento, al agricultor se le solicita cosecharlo en un empaque que se le ha suministrado. No siempre hay un campo comercial apto al lado del ensayo y sembrado en la misma fecha. Por esta razón, aunque el testigo (c) debe incluirse cuando sea posible, puede ser suplementado usando campos en los que no se adelantó ensayo alguno, con el fin de obtener un tamaño de muestra adecuado. Por consiguiente, con frecuencia no será directamente comparable con los rendimientos de los ensayos, localidad a localidad.

En la práctica, el CIAT generalmente ha utilizado el testigo (a) en ensayos de parcelas pequeñas y el testigo (b) en ensayos de verificación. Cuando se incluye un cambio en las prácticas de fertilización en los ensayos de verificación, hemos incluido tanto el testigo (a) como el (b).

5.6.2 Aplicación de aspersiones

Las aspersiones foliares de cultivos son extremadamente difíciles de incluir como variables experimentales, especialmente cuando la práctica de los agricultores ya incluye algunas aspersiones. En primer lugar, se requieren tamaños de parcela grandes para evitar desviaciones de la aspersión o movimientos de patógenos, tal como se discutió en la sección 3. En segundo lugar, el tipo de estrategia de aspersión debe especificarse.

Si está acorde con un calendario de tratamientos, pueden ser aplicadas por los investigadores al hacer visitas a intervalos regulares. Sin embargo, si depende de las condiciones climáticas, que es lo más probable que ocurra (los agricultores generalmente tratan de asperjar después de las lluvias y no antes), o de la identificación del momento en que se alcanza el nivel umbral económico de la plaga, se necesitarán visitas muy frecuentes por parte de los investigadores. Al investigar se le plantea un dilema: si el agricultor aplica según criterios de escogencia, pero el investigador utiliza una programación por calendario, para hacer que la realización de los ensayos sea logísticamente más factible, el beneficio (si lo hay) de los tratamientos del investigador será subestimado. Si al agricultor se le solicita aplicar todos los productos el mismo día (o días) según sus criterios, es posible que los productos sean mezclados accidentalmente o intencionalmente. Si el investigador aplica todos los tratamientos, incluyendo el "testigo de los agricultores", ya no será un verdadero testigo y la ventaja de los tratamientos del investigador puede ser sobrestimada. En ensayos de verificación con solo dos tratamientos de aspersión, se han logrado exitosamente aplicaciones de ambos productos por

parte de los agricultores en algunas áreas (claro está que es difícil verificar ésto a menos que los productos tengan apariencias diferentes cuando se sequen sobre las hojas, o a menos que se le adicione un tinte a uno de los productos). Sin embargo, ha habido otras experiencias en las que los agricultores han mezclado los productos para ahorrar tiempo o para beneficiar la totalidad de la parcela con la tecnología ofrecida por los investigadores. La posibilidad de una participación precisa por parte del agricultor (ya sea en ensayos de verificación o en ensayos con tratamientos más complejos) probablemente aumentaría si el agricultor participa en el diseño de los tratamientos o si se le convence que realmente vale la pena distinguir los efectos de los productos.

La situación se complica aún más si se prevén como tratamientos diferentes números de aplicaciones de uno o varios productos.

5.6.3 Ortogonalidad de los niveles de cada factor

Cuando cualquier factor cuantitativo esté presente en tres niveles o más, es aconsejable que estos niveles sean ortogonales entre sí; en otras palabras, que dividan el espacio de exploración en proporciones iguales. Esto hace que la interpretación de los resultados sea mucho más fácil.

5.6.4 Diferentes sistemas de cultivo en el mismo ensayo

En los trabajos básicos sobre sistemas de cultivos asociados es usual incluir monocultivos de cada cultivo para permitir obtener un estimado del beneficio ofrecido por los cultivos asociados (mediante el cálculo del Uso

Equivalente de la Tierra o uno de muchos estimados similares). Esto rara vez se hace en investigación adaptativa a nivel de finca. De vez en cuando, los sistemas de cultivos, quizás incluyendo unicultivos, pueden compararse en el mismo ensayo pero solo si son soluciones propuestas compatibles con las circunstancias del agricultor y de interés para él. Por ejemplo, en el distrito de Ipiales, Colombia, los trabajos a nivel de finca ocasionalmente han comparado unicultivos de frijol arbustivo con cultivos asociados de frijol voluble/maíz, pero no se incluyeron unicultivos de maíz y frijol voluble (Woolley et al, 1987). Por consiguiente, a su nivel más sencillo, la investigación adaptativa a nivel de finca generalmente asume que los sistemas de cultivos existentes generalmente son eficientes y adaptados a la situación de los agricultores y que sólo se deben buscar cambios en los componentes.

5.6.5 Descripciones de los tratamientos

Si los tratamientos corresponden a nombres de variedades, códigos de líneas o nombres de nuevos productos que se traducen en poca información para el observador desinformado, será útil resumir como parte de la lista, las características reales o esperadas de cada uno.

5.7 Tamaño de la parcela

Ya se ha suministrado información sobre el tamaño de las parcelas utilizadas en frijol en Colombia para diferentes tipos de ensayos (Cuadro 1). Estos tamaños tienden hacia el mínimo aceptable, debido al tamaño muy restringido de las fincas pequeñas de tierras altas de Colombia. No se

conoce trabajo alguno en cualquier cultivo sobre tamaños de parcelas aptos para ensayos en campos de agricultores. Hay información disponible para frijol voluble (Davis et al, 1983) y frijol arbustivo (Smith, 1958; Muñoz et al, 1975; Perez, 1983). Todo este trabajo se refiere a ensayos de variedades en estaciones experimentales. Actualmente se está adelantando trabajo para verificar si sus recomendaciones son igualmente aptas para los ensayos en campos de agricultores sobre variedades o cualesquiera otros factores.

Al igual que el tamaño total de la parcela, también debe especificarse la parcela que se cosechará. Su tamaño dependerá de la anchura de los bordes. Típicamente, en ensayos en campos de agricultores sobre frijol voluble, se siguen las recomendaciones de Davis et al (1983) para estaciones experimentales. Se usan bordes de cabecera de una sola planta pero no se usan bordes laterales. Para frijol arbustivo, generalmente se utilizan bordes laterales de una hilera y cabeceras de una planta por hilera, según las recomendaciones de Muñoz et al (1977) para estaciones experimentales. Debido a las estrechas distancias de siembra para el frijol arbustivo, éstas representan una porción menor del área de la parcela perdida en bordes, en comparación con frijol voluble.

La forma de la parcela afecta la proporción perdida en bordes. Por lo tanto, mediante un diseño cuidadoso de las parcelas es posible utilizar más eficientemente el espacio disponible, siempre y cuando las dimensiones de cada parcela sean flexibles. Si se incluyen bordes de cabecera pero no laterales, la parcela debe ser lo más largo que sea compatible con un manejo conveniente del ensayo, puesto que los bordes de cabecera ocupan así

una menor proporción del área. En fríjol voluble se prefiere una parcela total de 2 hileras x 8 plantas (parcela neta de 2 hileras x 6 plantas) que una parcela de 4 hileras x 4 plantas (parcela neta de 4 hileras x 2 plantas). Sin embargo, si se han de eliminar tanto los bordes de cabecera como los laterales y tienen una anchura igual, es preferible que la parcela sea tan cuadrada como sea posible. Esto reduce la circunferencia de la parcela y, por consiguiente, el área perdida en los bordes. Por ejemplo, se prefiere una parcela de 8 hileras x 8 plantas (parcela neta de 7 x 7) a una parcela de 4 hileras x 16 plantas (parcela neta de 2 x 15).

Es necesario prestar atención especial a los cultivos intercalados en hileras. No todas las hileras están en el mismo ambiente con respecto a otro cultivo, y la proporción de cada tipo de hilera en la parcela cosechada debe ser igual que en un área grande del sistema. Quizás también sea necesario tener diferentes tamaños de parcela cosechada para cada cultivo en el sistema. La Figura 2 ilustra estos puntos para un cultivo de maíz/fríjol intercalado en hileras.

También se requiere prestarle atención especial al tamaño de la parcela si la distancia de siembra varía entre tratamientos. Si hay más de dos distancias dentro de hileras o más de dos distancias entre hileras involucradas, es improbable que todas las parcelas puedan ser diseñadas para tener el mismo tamaño, a menos que las parcelas se tracen de tamaño muy grande. Incluso si todas las parcelas tienen el mismo tamaño, el área de parcela cosechada variará puesto que tiene que eliminarse como borde un número integral de plantas o de hileras (ésto tiene menor importancia en el caso de cultivos densamente sembrados tales como granos pequeños) se da un

ejemplo en el Cuadro 7. La teoría estadística estrictamente considerada exigiría que los tamaños de parcelas cosechadas sean idénticos para todos los tratamientos, con el fin de obtener homogeneidad en las varianzas de los errores. En realidad, una variación sistemática hasta del 10% en el tamaño de la parcela cosechada tiene poca importancia; en la práctica, una consideración de importancia mayor es que quien quiera que siembre, coseche y analice el ensayo debe tener presente las diferencias entre los tratamientos en lo que respecta a su arreglo y área.

Cuando los tratamientos sean afectados por un problema de campo que ocurra en focos pequeños de forma irregular (típicamente insectos del suelo o pudriciones radicales), es aconsejable hacer que las parcelas sean tan pequeñas como sea prácticamente posible y aumentar el número de repeticiones hasta por lo menos cuatro por localidad. Esto aumenta la oportunidad para que todos los tratamientos queden expuestos al patógeno en un grado similar.

5.8 Otras prácticas

La filosofía usual de la investigación a nivel de finca es que todas las variables no experimentales en cualquier ensayo deben ser aplicadas a nivel de los agricultores. En ensayos en parcelas pequeñas (i.e., de variedades, exploratorios y de niveles económicos), ésto generalmente se interpreta como la práctica media del agricultor del dominio de recomendación. En los ensayos de verificación puede significar ya sea lo anterior o, más comúnmente en la experiencia del CIAT, las prácticas de cada agricultor

individual que colabora en el ensayo. En ensayos manejados por agricultores, obviamente implica lo anterior.

Ocasionalmente, el orden esperado de la adopción paso a paso por los agricultores puede conducir a un ensayo cuyos objetivos exijan modificar la práctica normal en las variables no experimentales.

Por ejemplo, en el distrito de Ipiiales, Colombia, se han realizado ensayos de fertilizantes, desde el primer año de la experimentación en campos de agricultores con una línea promisorio (su superioridad se confirmó en otros ensayos realizados simultáneamente y después de más trabajos se ha liberado), con tratamiento de la semilla y con control de enfermedades foliares. Esto debido a que sólo se esperaba la adopción de un cambio en la dosis de fertilizantes después de un cambio en la variedad, en el tratamiento de semilla y en el control de enfermedades foliares. La variedad local se incluyó solamente como testigo utilizando las dosis de fertilizantes de los agricultores (en realidad en 1982 este tratamiento se omitió por un error en el diseño, dejando al ensayo sin un verdadero testigo de los agricultores; el error se corrigió a partir de 1983). En otro ejemplo, se realizaron ensayos de fertilizantes en Funes, Colombia, con una línea Ancash 66, la cual se sabía que tenía obstáculos para ser liberada. Sin embargo, se sabía que la línea respondía de manera poco usual a los fertilizantes, lo cual tenía que ser entendido antes de tomar una decisión acerca de su futuro. Por ello se escogió como la variedad "variable no experimental" en ensayos de fertilizantes en Funes (la variedad local se utilizó como testigo).

En ocasiones hay obstáculos para utilizar algunas de las prácticas de los agricultores como variables no experimentales. Hay dos ejemplos que sirven para ilustrar ésto.

En algunas áreas de las tierras altas del Perú, el maíz se siembra en hileras, pero el fríjol se siembra al voleo. No es posible sembrar fríjol al voleo en parcelas de menos de 100 m² sin distorsionar considerablemente la práctica de los agricultores. Adicionalmente, los ensayos tienen que ser pequeños puesto que las explotaciones son pequeñas. En el diseño de sus actividades a nivel de finca, los investigadores decidieron, por lo tanto, (a) adelantar ensayos en parcelas pequeñas sobre diversos factores bajo un solo arreglo de siembra en hileras (basado en información de una estación experimental en la zona); (b) comparar arreglos de siembra en hileras dentro de un ensayo en parcelas pequeñas y (c) comparar la siembra de fríjol al voleo y en hileras en un ensayo con parcelas más grandes (el cual funcionó también como un ensayo de verificación para una nueva variedad puesto que los recursos escaseaban; i.e., el ensayo de verificación tenía dos variedades x dos formas de sembrar el fríjol -- al voleo y en hileras).

El segundo ejemplo es más complejo y se refiere a una combinación de circunstancias en Ipiales, Colombia. Sin embargo, muchos de los problemas son comunes a la investigación en campos de agricultores en otras áreas. Los agricultores pierden población de fríjol muy temprano en la estación de cultivo debido a insectos del suelo y patógenos, como también a la baja fertilidad, humedad y sequía. En algunos casos, los problemas pueden agravarse debido a que resiembran semilla del año anterior durante un

período de muchos años. Aunque esta semilla generalmente es de buena calidad, puede ser pequeña, deficiente en reservas de nutrimentos o estar contaminada por patógenos. Para contrarrestar estos problemas, los agricultores no tratan la semilla, pero sí resiembran semillas no germinadas después de la aparición de plantas. No es posible seguir estas prácticas exactamente en ensayos en parcelas pequeñas (aunque es factible en ensayos de verificación y en ensayos manejados por agricultores), puesto que las poblaciones resemebradas están expuestas a diferentes condiciones de crecimiento que las demás y también conduce a problemas de logística debido al retraso en la cosecha de algunas plantas. La pérdida de plantas es particularmente seria para ensayos en parcelas pequeñas, puesto que ocurre en parches pequeños y la variabilidad introducida rara vez se logra controlar mediante el uso de repeticiones. En Ipiales ésto se agrava aún más debido a que las densidades establecidas por los agricultores de todas maneras son bajas en fríjol (aproximadamente 2 plantas/m²).

La respuesta de los investigadores a esta serie de circunstancias ha sido la siguiente:

- a. La semilla utilizada en todos los ensayos se origina de ensayos en campos de agricultores del año anterior en la misma área de trabajo. En el caso de líneas recién introducidas ésto no es posible, de tal manera que los resultados del primer año se utilizan con cautela, puesto que las ventajas observadas pueden deberse a la calidad de la semilla y no a diferencias genéticas.
- b. En la mayoría de los ensayos en parcelas pequeñas, la densidad de semillas sembradas es ligeramente superior en comparación con las

densidades de semilla utilizadas por los agricultores, pero no se hace raleo o resiembra, para así alcanzar poblaciones establecidas similares a aquellas obtenidas por los agricultores después de la resiembra.

- c. En los primeros años, la semilla se trataba en ensayos en parcelas pequeñas, en un esfuerzo por mantener más uniformes las densidades establecidas de una parcela a otra. Sin embargo, esta práctica dejó de hacerse puesto que se observó que existía tolerancia genética a los patógenos, incluso cuando ésto no se conocía antes. El tratamiento de la semilla se evaluó en otros ensayos en campos de agricultores y generalmente no fue efectivo, entonces ésto facilitó la decisión de abandonar esta práctica como práctica no experimental. (En una área donde el tratamiento de semilla sí aumentó los rendimientos considerablemente, quizás sea necesario considerar ésto como una recomendación potencial y seleccionar variedades en su presencia, mientras se continúa en forma separada la búsqueda de variedades que den buenos rendimientos en su ausencia).

Los pasos descritos representan una respuesta del investigador, aún en evolución, a una serie de circunstancias difíciles, y sirve para ilustrar los principios para tratar variables no experimentales. En sistemas con fríjol arbustivo, la práctica de los agricultores de sembrar a una alta densidad sin tratamiento de semilla y sin raleo o resiembra, era más fácil de imitar por parte de los investigadores sin temer a perder muchas parcelas.

5.9 Datos que se tomarán

Es aconsejable hacer una lista de los datos que se tomarán cuando se esté diseñando el ensayo. Si los recursos son limitados, nuestra experiencia indica que se deben tomar menos datos a partir de un mayor número de localidades de un tipo particular de ensayo hasta que el número de ensayos sugerido en el Cuadro 1 sea alcanzado, en lugar de tomar más datos de menos localidades. Esto debido a que es más importante obtener una muestra adecuada de campos que conocer todo en detalle acerca de solo uno o dos campos. También observamos que muchos de los datos tomados quizás nunca sean utilizados en la interpretación o en los informes. Un juego de datos estándar para cualquier ensayo, son las observaciones necesarias para medir el rendimiento (peso del grano y humedad), el número de plantas establecidas después de la germinación y el número cosechado. Por lo general, los recuentos de plantas no están sujetos a análisis de varianza, (excepto en ensayos de tratamiento de semilla o densidad de semilla), pero permite verificar rendimientos de parcela inusualmente altos o bajos.

Otros tipos adicionales de datos de parcelas que pueden ser útiles en ciertos tipos de ensayos son: severidad de ataques por insectos o patógenos; volcamiento de plantas; tiempo hasta la madurez y su uniformidad en un cultivo; altura o vigor de las plantas, especialmente en cultivos asociados en los que uno le sirve de soporte al otro. En ensayos manejados por los agricultores, o ensayos de verificación con parcelas grandes, pueden tomarse datos por parcela sobre la mano de obra o la cantidad de productos utilizados, con el fin de hacer un análisis de costos y beneficios real en vez de estimado.

Hay otros tipos de datos que no se toman a nivel de plantas y que son importantes para la interpretación del ensayo. Incluyen notas sobre el plan de campo de cada ensayo para indicar las partes que son infértiles, que están inundadas, que están sujetas a sequía o que han sido dañadas por animales domésticos y descripciones de cada sitio (análisis y descripción del suelo, detalles sobre el manejo dado por el agricultor y el cultivo anterior, altitud, pendiente y, cuando sea posible, precipitación durante el ensayo).

5.10 Esquema del trazado de campo

Las situaciones de las fincas con frecuencia conducen a una posición irregular de las parcelas en el campo la cual no se puede determinar hasta el momento de la siembra. Sin embargo, hemos encontrado que los diagramas de los trazados preferidos, de acuerdo con si el campo disponible es plano o pendiente, son extremadamente útiles para tener presentes la forma y el tamaño del lote que debe solicitársele al agricultor colaborador. Los diagramas no son planes de campo, puesto que no asignan tratamientos a las parcelas.

La escogencia de la forma para cada repetición resulta de un esfuerzo para obtener la máxima homogeneidad posible dentro de cada una (y, adicionalmente, dentro de cada bloque incompleto, si es que éstos se utilizan). Las causas más comunes de heterogeneidad en campos de agricultores corresponden a variaciones en la fertilidad, textura y humedad del suelo. Generalmente, pero no exclusivamente, todos estos factores varían con la posición vertical en una pendiente. Al examinar un lote

experimental en prospecto, es importante observar si hay otros signos que ayudan a la identificación de áreas con condiciones similares (crecimiento de un cultivo anterior o de malezas, color o textura del suelo, la descripción del campo hecha por el agricultor). La asignación de las repeticiones debe basarse en la pendiente solamente en ausencia de tales evidencias, y utilizando las siguientes pautas:

- a. Si la tierra es plana o casi plana, las repeticiones deben ser tan cuadradas como sea posible.
- b. Si hay una pendiente, las repeticiones deben ser rectangulares en forma y deben colocarse con su lado más largo en forma perpendicular a la pendiente. La longitud y anchura del rectángulo dependerá del gradiente. Para pendientes de hasta un 30%, probablemente sería incorrecto exceder una relación de 3:1 para la longitud:anchura, puesto que puede resultar en que los extremos del rectángulo sean menos similares en su condición que puntos en el mismo extremo de diferentes rectángulos. Para pendientes extremas de más del 30%, pueden justificarse proporciones hasta de 5:1, aunque es factible que la proporción 3:1 sea más efectiva.

Las repeticiones no se deben confundir con los bloques físicos de las parcelas en el campo, divididos por calles. Es perfectamente aceptable, y con frecuencia esencial, que cada repetición conste de partes de cada bloque físico y que cada bloque físico quede dividido entre varias repeticiones. El no entender esto con frecuencia lleva a los investigadores erróneamente a estirar una repetición como una sola línea

larga de parcelas en tierra plana o, lo que es peor, hacia abajo por la pendiente.

Deben mencionarse otros dos ejemplos más complejos en el trazado. Los ensayos con una sola repetición por finca y los ensayos en un diseño de parcelas divididas. Si solo hay una repetición por finca, el lote experimental debe, como siempre, escogerse lo más uniformemente posible, sin que pierda representatividad de las condiciones de los agricultores. Los tratamientos luego deben organizarse de tal manera que cada uno tome una muestra del rango total de condiciones prevaletientes en el campo escogido. Por consiguiente, en contraste con las repeticiones en ensayos repetidos a nivel de cada localidad, las parcelas deben trazarse en la dirección del gradiente detectado y no paralelo a él. Se puede utilizar la misma estrategia para asignar parcelas dentro de cada repetición de un ensayo repetido.

En el caso de un diseño de parcelas divididas ubicado en un gradiente de fertilidad, debe hacerse una serie de escogencias (Figura 3), pero será mejor ubicar las parcelas principales y las subparcelas en el sentido del gradiente dentro de cada repetición, si la forma de la parcela lo permite.

6. Diseños experimentales y arreglos de tratamientos especiales para la selección de variedades a nivel de finca

En vista de las diferencias en el comportamiento de las variedades entre la estación experimental y las fincas, en ocasiones es necesario o deseable evaluar en campos de agricultores más que los 16 materiales típicamente

incluidos como máximo en los ensayos de variedades. Como 16 tratamientos es también el máximo normalmente aconsejable en un diseño de bloques completos al azar, tiene que introducirse una de una serie de maneras para controlar variaciones ambientales entre tratamientos dentro de repeticiones. Tres de las posibilidades discutidas aquí son el uso de un diseño en látice; un análisis modificado de varianza (análisis de Papadakis); y parcelas de un testigo local a intervalos regulares en el campo. Ninguna de éstas normalmente sería necesaria en ensayos de investigación adaptativa en campos de agricultores del tipo incluido en el Cuadro 1. Cuando el número de tratamientos es grande, es posible que para estos ensayos se utilice una sola repetición por localidad, pero por lo menos tres localidades por tipo de ensayo.

6.1 Diseños en látice

Estos diseños están disponibles para números de tratamientos que se pueden expresar como n^2 o $n(n-1)$. El número exacto de tratamientos generalmente se puede alcanzar eliminando unas pocas variedades o variedades testigo repetidas en más de un tratamiento. Hay ciertas restricciones al número de repeticiones según el número de tratamientos, pero no son muy onerosas. La asignación de tratamientos a bloques incompletos obedece a normas precisas con el fin de que el análisis sea válido y generalmente se hace utilizando planes existentes (Cochran y Cox, 1965) o un programa de computador. Después del análisis de varianza, el rendimiento de cada línea se corrige con base en el rendimiento medio de cada bloque incompleto y el error residual para los bloques. El análisis es relativamente complejo y generalmente lo hace un computador. El análisis de diseños en látice es

relativamente sensible a valores faltantes, pero si surge este problema, los diseños pueden ser válidamente analizados como bloques completos al azar.

6.2 Análisis de Papadakis

En este análisis (Kempton y Howes, 1981), se puede asignar un gran número de tratamientos en un diseño de bloques completos al azar. Cada uno se corrige con base en el efecto estimado de su ambiente local, calculado a partir de la diferencia de los rendimientos de sus cuatro vecinos más cercanos (3 o 2 vecinos para parcelas en el borde o esquina del ensayo) y sus rendimientos en otras repeticiones. Las sumas de cuadrados residuales se utilizan para calcular los factores de corrección.

El método de análisis es apto para situaciones en las que ocurren problemas en parches pequeños de forma irregular en el campo, siempre y cuando éstos excedan usualmente al tamaño de una sola parcela. Si una parcela ha quedado en una área relativamente infértil, por ejemplo, sus vecinos también pueden ser afectados y su rendimiento se corregirá hacia arriba; si se encuentra ubicada en un parche inusualmente fértil, su rendimiento se reducirá. El análisis de Papadakis es totalmente inadecuado para situaciones en las que puedan estar compitiendo las parcelas vecinas, puesto que los vecinos de rendimiento inusualmente alto pueden disminuir el rendimiento de una parcela si los bordes son inadecuados. El análisis de Papadakis en este caso disminuiría su rendimiento aún más.

Un ensayo para el análisis de Papadakis simplemente requiere que los tratamientos sean asignados al azar dentro de cada repetición, pero sí requiere un computador para hacer los cálculos.

6.3 Corrección del rendimiento utilizando parcelas de una variedad testigo

En esta técnica, las parcelas de una misma variedad, preferiblemente un cultivar o una línea avanzada de la cual se sepa que esté bien adaptada al área, se distribuyen en un patrón regular en todo el campo. Estas proporcionan estimados de diferencias debido al ambiente en diferentes partes del campo. Los rendimientos (u otros datos) de cada parcela se corrigen con base en los rendimientos (u otros datos) de las parcelas testigo. Los rendimientos corregidos luego se someten al análisis normal de varianza para un diseño de bloques completos al azar. La forma más sencilla de corrección es expresar la diferencia (positiva o negativa) del rendimiento de cada parcela respecto al rendimiento medio de las dos parcelas testigo entre las cuales está situada. Un procedimiento más complejo pondera inversamente la contribución de los dos testigos vecinos al rendimiento esperado del testigo, según la distancia de cada uno a la parcela en evaluación. Un procedimiento más sofisticado que requiere un computador, calcula el rendimiento medio esperado del testigo para cualquier punto en un ensayo, mediante el cálculo de una superficie de respuesta a partir de los rendimientos de todas las parcelas testigo.

Es más satisfactorio expresar los rendimientos de parcelas como "diferencias con el testigo" en lugar de como "porcentajes del testigo",

con el fin de mantener una distribución normal de los datos y evitar distorsiones debido a rendimientos del testigo inusualmente bajos. A diferencia de los análisis del látice y de Papadakis, la corrección de los rendimientos por la media de los dos vecinos, y el análisis de varianza posterior, puede manejarse en una calculadora sencilla. Si se desea, la técnica de las parcelas testigo podría utilizarse junto con el diseño en látice, aunque se espera poca ventaja adicional de ambas sobre una u otra, puesto que resultan en correcciones similares para el ambiente de cada parcela.

Bibliografía

Byerlee, D. & Hesse, E. (1982). The rate and sequence of adoption of improved cereal technologies: the case of rainfed barley in the Mexican altiplano, CIMMYT Economics Working Paper 82/6.

✓ CIMMYT (1985). La etapa de planeamiento en un programa de investigación en campos de agricultores: desarrollando una lista de variables experimentales. Borrador de un documento de entrenamiento, CIMMYT, México.

Cochran, W.G. & Cox, G.M. (1965). Diseño experimental. Trillas, México.

Davis, J.H.C., Amezquita, M.C. & Muñoz J.E. (1981). Border effects and optimum plot sizes for climbing beans (Phaseolus vulgaris) and maize in association and monoculture. Experimental Agriculture 17: 127-135.

Hempton, R.A. & Howes, C.W. (1981). The use of neighbouring plot values in the analysis of variety trials. Journal of the Royal Statistical Society Series C 30: 59-70.

Mead, R. (1984). Confounded experiments are simple, efficient and misunderstood. Experimental Agriculture 20: 189-201.

Mead, R. & Stern, R. (1983). The case against split-plot designs.
Experimental Agriculture.

Muñoz, J.E., Salazar, L.C. & López, Y. (1975). Determinación del tamaño, forma y número de repeticiones más adecuadas en ensayos de rendimiento en frijol (Phaseolus vulgaris L.) y comparación de dos métodos para estimar su rendimiento comercial. Mimeo, Unidad de Biometría, CIAT, Cali, Colombia.

Muñoz, J.E., Amezquita, M.C. & Voysest, O. (1977). Efecto de bordes en ensayos de rendimiento en frijol (Phaseolus vulgaris L.). Memorias de la XXII reunión del PCCMCA, Panamá, 21 al 24 de marzo de 1977.

Perez, H. (1983). Determinación del tamaño y forma de la parcela experimental para frijol, Phaseolus vulgaris L. de temporal. Agricultura Técnica en Mexico 9(2) 141-150.

Smith, F.L. (1958). Effects of plot size, plot shape and number of replications on the efficiency of bean yield trials. Hilgardia 28(2): 43-63.

Turrent, A. & Laird, R.J. (1975). La matriz Plan Puebla, para ensayos sobre practicas de produccion de cultivos. Agrociencia 19: 117-143.

Woolley, J.N. (1984). La evaluación agronómica de ensayos a nivel de finca. Documento de capacitación, CIAT, Cali, Colombia.

Woolley, J.N. & Pachico, D.H. (1987). Un marco metodológico para la investigación en campos de agricultores. Versión preliminar de un documento de trabajo, CIAT, Cali, Colombia.

100.43 F5 N6

Woolley, J.N., Beltrán, J.A., Vallejo, R.A. & Prager, M., (1987).

Identificando tecnologías apropiadas para agricultores: caso del sistema fríjol + maíz en Ipiales, Colombia, 1982-1986. Versión preliminar de un documento de trabajo, CIAT, Cali, Colombia.

Cuadro 1. Tipos de ensayos en campos de agricultores usados actualmente por el Programa de Frijol de CIAT y sus colaboradores

Tipo de Ensayo	Objetivo	Participación del Agricultor		# Trata- mientos	Tamaño de Parcela m ² ***	# Repe- ticiones /campo	# Campos/ Dominio Recomenda.
		Toma decisiones y ejecución	Evaluación				
Variedades	Reducir el número de variedades para las siguientes etapas.	La mayoría de las prácticas no experimentales menos fecha de siembra.**	Métodos actualmente bajo estudio	Hasta 16	5-16	2	3-4
Exploratorio	Identificar los factores limitantes más importantes y sus interacciones/	*	*	a.Hasta 16 b.Hasta 16	5-16 5-16	2 1	3-4 4-6
Niveles Económicos	Averiguar los niveles o productos de mayor beneficio para los factores importantes.	*	*		8-32	3-4	3-4
Verificación	Verificar las Bondades de tecnologías promisorias en todo el dominio de recomendación.	Todas las prácticas no experimentales y "la práctica del agricultor", menos fecha de siembra.	Evalua todos los tratamientos en detalle (individual y a veces en grupo).	Hasta 6	40-60	2	6-15
Manejados por el agricultor	Averiguar que la tecnología es factible comercialmente dentro del sistema agrícola	Todo el ensayo	Evalua en detalle (individual y en grupo)	2	1000-3000	1	8-15

(*) Sin embargo, las visitas de los investigadores pueden, sin querer, influirle al agricultor.

(**) Típicamente los investigadores fijan el número y el arreglo de las plantas dentro de cada surco, pero no la distancia entre surcos, si esto se define durante la preparación del terreno. Fertilizaciones y fumigaciones se fijan en base a promedios del grupo objetivo de agricultores y se ejecutan por los investigadores si hay mucha variabilidad de prácticas en la zona.

(***) Tamaño de parcela usado en Colombia en ensayos de frijol en unicultivo o asociado con maíz. Puede ser diferente si se aplica a otros cultivos o tamaños de explotación agrícola.

Cuadro 2. Formato para asignar soluciones a ensayos (con un ejemplo de trabajos sobre el sistema fríjol + maíz realizados por INIPA-CIAT en Chota, Perú).

Número de Referencia	Solución	Probable interacción con solución número	Urgencia ² de solución	Confianza ² en componente	Tipo de ensayo elegido
1	Variedades de mejor rendimiento	6, 7	A	A	Variedades Verificación
2	Variedades tolerantes a enfermedades	4, 6, 7, 10	B	B	Variedades Exploratorio
3	Variedades tolerantes a sequía	6, 7	A	B	Variedades
4	Selección física de semilla	1, 10	B	B	Exploratorio
5	Variedades tolerantes a pudrición radicular	6, 7, 9, 10	B	B	Variedades o ensayo especial
6	Siembras en surcos y no al voleo	1, 2, 3, 5	C	B	Niveles Económicos Verificación ¹
7	Nuevas variedades de maíz (menor competencia al fríjol)	1, 2, 3, 5, 8	B	B	Variedades maíz
8	Insecticida a la semilla	5	B	B	Exploratorio
9	Fungicida a la semilla	1, 4, 5	B	B	Exploratorio
10	Rotación con arveja después de maíz y fríjol precoz	7	A	C	Variedades maíz (sembrar después de tratamientos de maíz precoz)

¹ La comparación con el sistema al voleo únicamente se puede hacer en parcela grande que es la única justificación para incluirlo en la etapa de verificación.

² A = Alta; B = Intermedia; C = Baja

Cuadro 3. Ejemplo de tratamientos incluidos en ensayos de niveles económicos sobre dosis de fertilización, en una zona donde únicamente fertilizantes compuestos están disponibles (adaptado de diseños usados en Ipiales, Colombia).

Hipótesis

1. La relación N:P en el fertilizante compuesto más común entre los agricultores (13-26-6) es inapropiada para los cultivos.
2. El uso de K en el fertilizante 13-26-6 representa un costo innecesario.
3. La adición de otros micronutrientes es aconsejable.

Tratamientos

1. 13N 11.3P	9. 65N 56.7P
2. 13N 34 P	10. 39N 34 P 15K
3. 13N 56.7P	11. 300 kg/ha 13-26-6
4. 39N 11.3P	12. 300 kg/ha 13-26-6 + 5 Mg
5. 39N 34 P	13. 300 kg/ha 13-26-6 + 5 Zn
6. 39N 56.7P	14. 300 kg/ha 13-26-6 + 1 B
7. 65N 11.3P	15. 100 kg/ha 13-26-6*
8. 65N 34 P	16. Sin fertilización

* Dosis promedio de agricultores

Notas

- (a) 1 al 9, juego factorial empezando tanto para N como para P del nivel actual de los agricultores. Niveles de N y P escogidos equivalentes a 100, 300 y 500 kg/ha del compuesto más común en la zona.
- (b) La comparación de tratamientos 10 y 11 averigua si la fuente de aplicación es importante o si los resultados de tratamientos 1 al 9 se pueden extrapolar directamente a compuestos.
- (c) Tratamientos 10, 12, 13, 14 evalúan la necesidad de K, Mg, Zn y B respectivamente.
- (d) El tratamiento 15 es el testigo del agricultor. La comparación 11 vs 15 evalúa el beneficio de aumentar la fertilización con el compuesto actual.
- (e) El tratamiento 16 (opcional) sirve de testigo absoluto en caso de que se desee evaluar la hipótesis de que los agricultores no necesitan aplicar fertilizante.

Cuadro 4. Tratamientos para un arreglo factorial 2^4 en dos bloques incompletos (adaptado de Cochran & Cox 1965).

Bloque 1	Bloque 2
(Todos los tratamientos que tienen 1 o 3 factores a su nivel alto)	(Todos los tratamientos que tienen 0, 2 o 4 factores a su nivel alto)
A	O
B	AB
C	AC
D	AD
ABC	BC
ACD	BD
ABD	CD
BCD	ABCD

Cuadro 5. Lista corta de ensayos y estudios especiales propuestos para frijol + maíz en Chota, Perú (trabajo INIPA-CIAT).

Tipo de ensayo/ estudios especiales	Descripción	Recursos necesarios (ensayo-unidades)
Ensayo de variedades	3 localidades x 2 repeticiones x 16 tratamientos	3
Ensayo exploratorio	3 localidades x 2 repeticiones x 3 tipos de semilla ¹ x 2 niveles fungicida a la semilla (con y sin) x 2 niveles insecticida a la semilla (con y sin) ²	3
Ensayo de niveles económicos	3 localidades x 3 repeticiones x 2 variedades x 3 sistemas de siembra x 2 arreglos de siembra	3
Ensayo de variedades de maíz (se eliminó después al evaluar los recursos disponibles)	3 localidades x 3 repeticiones x 2 variedades maíz x 2 variedades frijol	3
Ensayo de verificación	8 localidades x 2 repeticiones x 2 variedades x 2 métodos de siembra (surcos y al voleo)	4.8
Estudios especiales-entrevistas con agricultores	Entender mejor las razones del uso de mezclas varietales y siembras de frijol a baja densidad al voleo	cerca 0 ³
Estudios de comercialización y consumo	Entender mejor el tipo de tecno- logía adoptable	cerca 0 ³
Estudio de costos de frijol y papa	Para evaluación económica de ensayos	cerca 0 ³

¹ Variedad nueva con selección física de semilla; variedad local con selección; variedad local semilla del agricultor.

² También se incluyeron 4 tratamientos diagnósticos sobre N, P, K y micronutrientos.

³ Para hacer en momentos de poca actividad en ensayos.

Cuadro 6. Ejemplo de la descripción de un ensayo.

ENSAYO EXPLORATORIO, EL TAMBO, 1984B

Etapas de la investigación

Exploratorio

Objetivo

En vista de los efectos muy diferentes de componentes tecnológicos obtenidos en 1982B y 1983B, repetir su evaluación individual para entender su variabilidad de año a año. Los componentes son:

- a) Uso de la variedad PVAD 359 promisorio en 1983B, en lugar de la variedad local, Nima.
- b) Control de enfermedades foliares con Benlate + Dithane M-45.
- c) Control de insectos foliares con Azodrín.
- d) Control de insectos del suelo con Sevín 80%.
- e) Control de pudrición radicular, tratando la semilla en una solución de Benlate o una mezcla de Benlate + Vitavax 300.
- f) Fertilización química con una fórmula completa y con nitrógeno y fósforo, aparte o juntos.
- g) Aplicación de Zn (se incluye por haber obtenido una respuesta a este elemento en otra zona similar, Funes).
- h) Aplicación de potasio.

Sistema de cultivos

Intercalado. 4 surcos frijol: 1 surco maíz del agricultor. Espacio entre surcos 30 cm.

Diseño

Bloques completos al azar. 3 localidades x 3 repeticiones x 12 tratamientos.

Tratamientos

1. Práctica promedio agricultores:

Variedad Nima, sin fertilización, sin fungicidas ni insecticidas de suelo o follaje.

Cuadro 6. (continuación)

2. Tratamiento 1, pero con la variedad PVAD 359.
3. Tratamiento 1 con remojo de la semilla en una solución de Benlate (5 g/l, media hora).
4. Tratamiento 1 + Sevín 80% (aspersión al suelo 2 kg/ha).
5. Tratamiento 1 + tratamiento a la semilla con 3 Benlate (3 g/kg semilla): 1 Vitavax 300 (1 g/kg semilla).
6. Tratamiento 1 con control de enfermedades foliares con Benlate (0.5 kg/ha) + Dithane N-45 (1 kg/ha) 2 veces.
7. Tratamiento 1 con aplicación de Azodrín (400 ml/ha) a los 20-25 días.
8. Tratamiento 1, con 250 kg/ha 13-26-6.
9. Tratamiento 1, con 250 kg/ha 13-26-6 + 5 kg/ha Zn (como $ZnSO_4$).
10. Tratamiento 1, con 32.5 kg/ha N (como úrea).
11. Tratamiento 1, con 28.5 kg/ha P (como super fosfato triple).
12. Tratamiento 1, con 32.5N + 28.4P.

Tamaño de parcela

3 m (8 surcos frijol) x 4.5 m (16 sitios frijol, 6 sitios maíz).

Parcela para cosechar

Frijol: 8 surcos de 14 sitios = 3.0 m x 4.2 m

Maíz : 1 surco de 6 sitios = 1.5 x 5.4 m

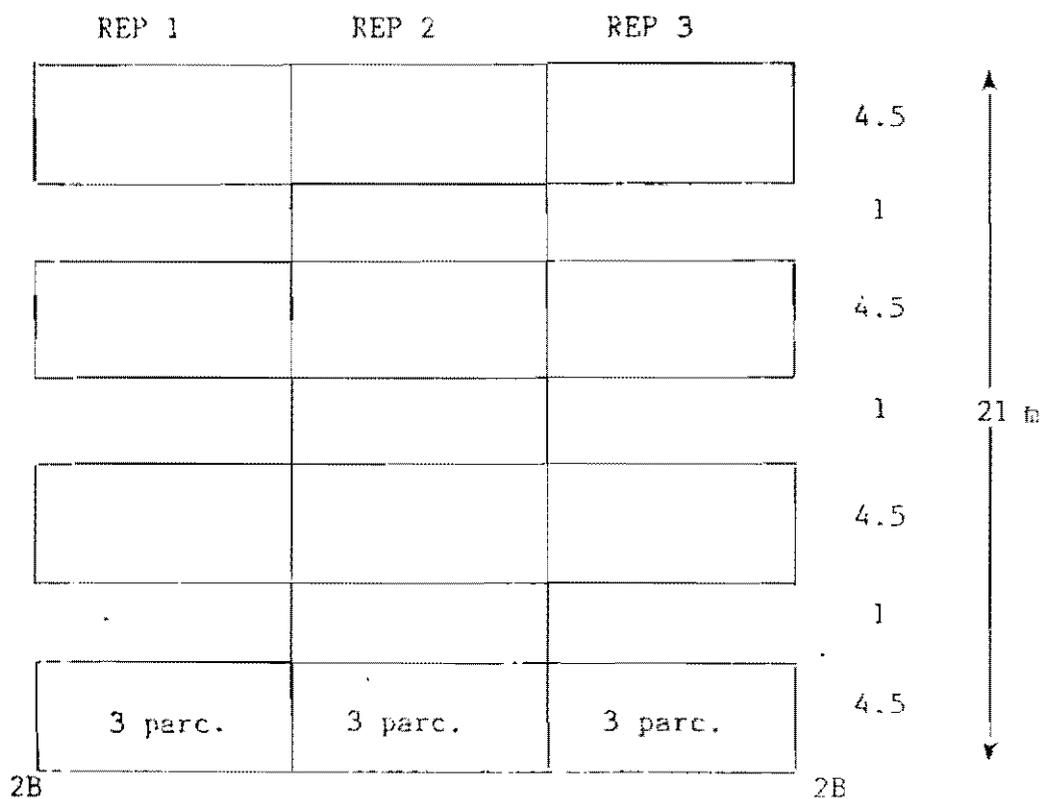
Otras prácticas

- Sembrar el frijol en surcos a 30 cm x 30 cm x 2 semillas (no ralear).
- Sembrar el maíz en surcos a 1.5 m x 90 cm x 5 semillas. Ralear a 3.
- Aplicar los fertilizantes solamente al frijol.
- Aplicar los fungicidas e insecticidas de suelo tanto al maíz como al frijol.

Cuadro 6. (continuación)

Datos para tomar

- Plantas establecidas para maíz y frijol.
- Severidad de las principales enfermedades de frijol en cada parcela.
- Evidencia de pudrición radicular en frijol especialmente en los tratamientos 1 al 5.
- Rendimiento y número de plantas cosechadas, tanto para maíz como para frijol.

Diseño de campo

Cuadro 7. Ejemplo de la variabilidad en largo de parcela y área cosechada que resultan de evaluar tratamientos con diferentes arreglos de siembra (Tomado de un trabajo de ICA-CIAT, Ipiales, Colombia, 1984-5).

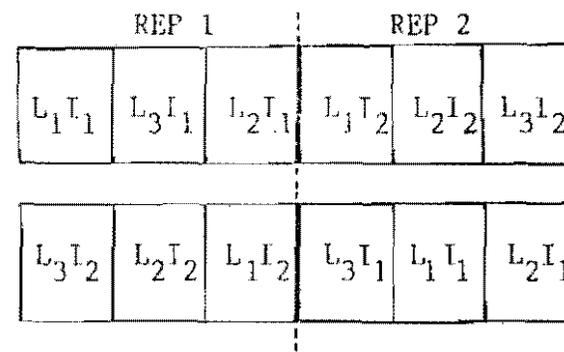
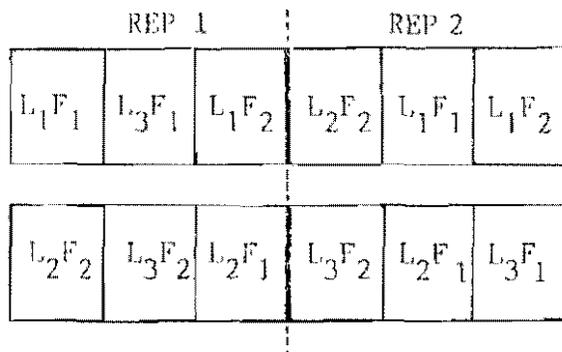
Distancia entre surcos (m)	1.0	1.0	1.0	1.0
Número de surcos/parcela	2	2	2	2
Distancia entre posturas (m)	1.0	0.8	0.65	0.5
Número de posturas sembradas por surco	8	10	12	15
Largo total de parcela (m) (primera a última postura)	7.0	7.2	7.15	7.0
Número de posturas cosechadas por surco	6	8	10	12
Area de parcela cosechada (m ²)	12.0	12.8	13.0	12.0

BLOQUES COMPLETOS AL AZAR
CON ARREGLO FACTORIAL DE TRATAMIENTOS

PARCELAS DIVIDIDAS

Diseño de campo

(Ejemplo de una localidad:
la aleatorización se hace
de nuevo en cada una)

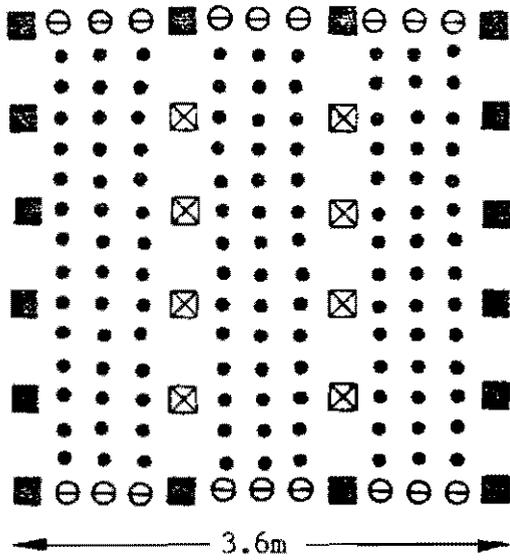


Nº. de grados de libertad
en el análisis de varianza
(combinado con 8 locali-
dades)

Localidades	7
Rep (localidad)	8
Líneas	2
Fertilización	1
Líneas x Fertilización	2
Líneas x localidades	14
Fertilización x localidades	7
Líneas x Fert. x localidades	14
Error	40

Localidades	7
Rep (localidad)	8
Fumigaciones (I)	1
Fumig. x localidad	7
Error (a)	8
Líneas	2
Líneas x Fumigación	2
Líneas x localidades	14
Líneas x fumig. x localidades	14
Error (b)	32

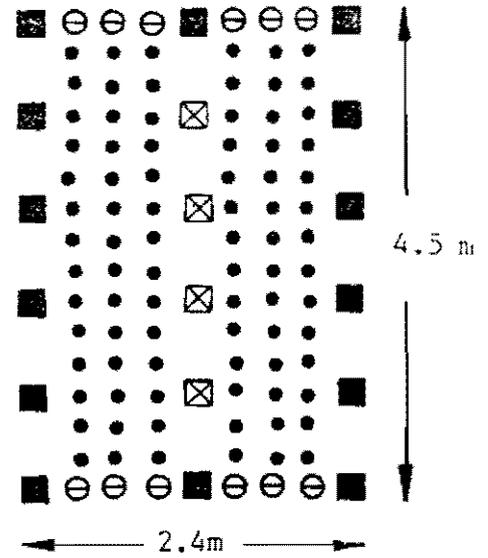
Figura 1. Comparación de diseño y análisis de ensayos de verificación
en bloques completos al azar y parcelas divididas.



Area de parcela cosechada:

Maíz = $2.4 \times 3.6 \text{ m}^2$

Frijol = $3.6 \times 4.2 \text{ m}^2$



Area de parcela cosechada:

Maíz = $1.2 \times 3.6 \text{ m}^2$ *

Frijol = $2.4 \times 4.2 \text{ m}^2$

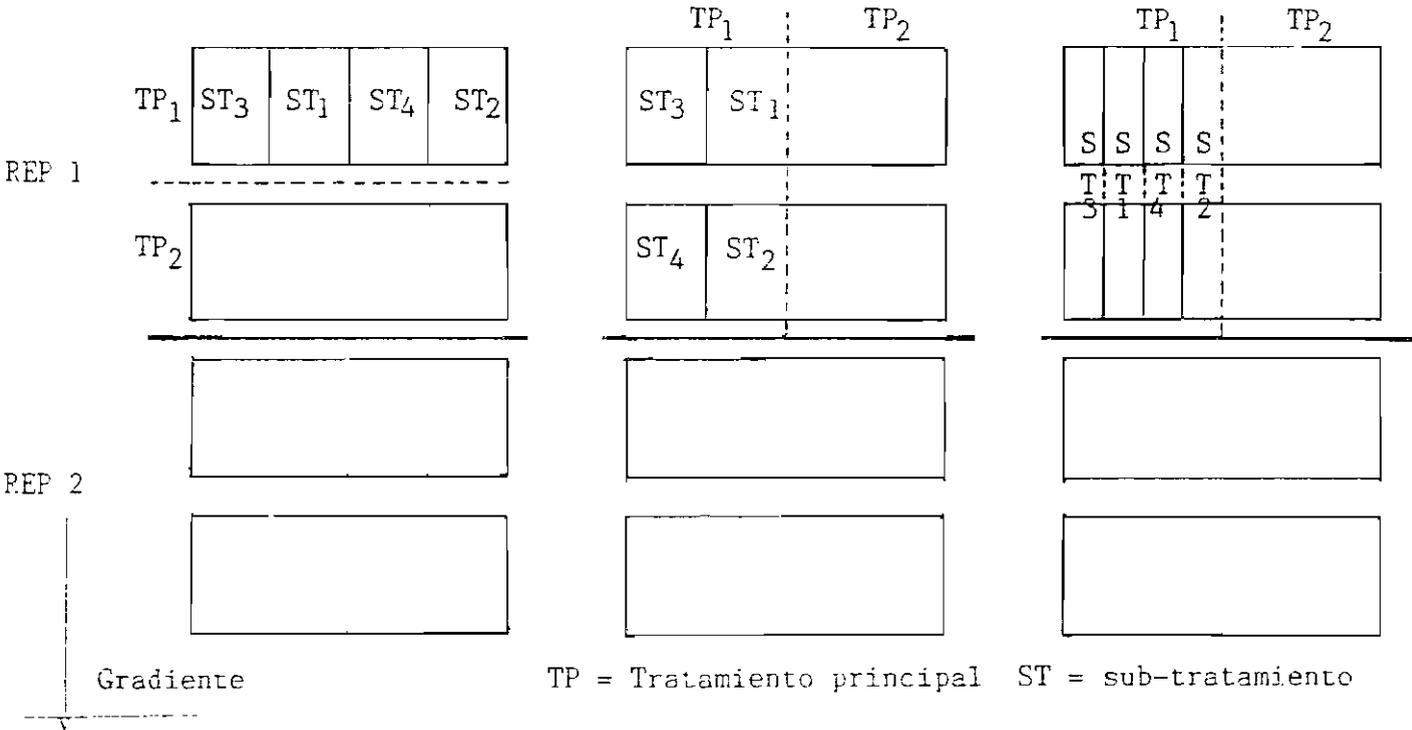
* Parcela muy pequeña para estimaciones en maíz.

Figura 2. Ejemplos de tamaños diferentes de parcela para maíz y frijol en un sistema intercalado: \blacksquare Planta maíz borde; \boxtimes Planta maíz cosechada; \ominus Planta frijol borde; \bullet Planta frijol cosechada. (Tomado de trabajos ICA-CIAT en El Tambo, Colombia).

Caso 1

Caso 2

Caso 3



	Caso 1	Caso 2	Caso 3
<u>Ventaja</u>	Si no hay interacción TP x ST, los ST están en 6 repeticiones homogéneas y bien estimados	Los TP experimentan condiciones homogéneas dentro de cada repetición	Tanto los TP como los ST están en condiciones homogéneas
<u>Desventaja</u>	Los TP están afectados por el gradiente dentro de cada repetición	Los ST están afectados por su posición dentro de cada repetición	El arreglo físico es más difícil ejecutar en el campo

Figura 3. Algunos arreglos de parcelas en el campo para un ensayo en parcelas divididas de 2 repeticiones x 2 tratamientos principales x 4 sub-tratamientos, con sus ventajas y desventajas.