

Guía para la

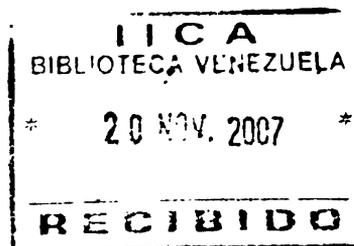
EJECUCION DE ENSAYOS EXTENSIVOS EN LAS FINCAS

Autor:

HENRY HOPP

Traductor:

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO



En 4 partes

Parte I: Introducción

Parte II: Ensayos de Resultado

Publicación Miscelánea No. 6

Publicación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Ha sido preparada de acuerdo con el contrato firmado con la Administración de Cooperación Internacional de los Estados Unidos de América, como un servicio a sus Misiones de Operaciones en América Latina y a las instituciones nacionales cooperadoras. Fue publicada originalmente en inglés por el Foreign Agricultural Service Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Dr. Henry Hopp es el Jefe de Trade Statistics Branch, Foreign Agricultural Service, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Ing. Fernando Suárez de Castro es el Jefe de la Campaña de Defensa y Restauración de Suelos, de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Turrialba, Costa Rica
1956

~~001013~~

00000193

CONTENIDO

IICA - CIDA

	Página
Parte I. Introducción.....	1
Cuándo debe usted hacer ensayos en las fincas.....	3
Cuánto tiempo deben durar los ensayos extensivos?.....	6
Cuáles son las clases de ensayos extensivos.....	7
Parte II. Ensayos de resultados.....	8
Fase 1. Delimite las regiones.....	9
Fase 2. Decida sobre el número de fincas.....	11
Fase 3. Seleccione las fincas.....	13
Fase 4. Decida si necesita parcelas testigos o patrones.....	16
Fase 5. Establezca las parcelas.....	18
Fase 6. Recoja los datos.....	21
Fase 7. Interprete los resultados.....	23



Las fincas reales —con sus diferentes suelos, pendientes, cosechas y condiciones de manejo— son la prueba última a la cual deben someterse las prácticas mejoradas.

PARTE I - INTRODUCCION

"Los agricultores generalmente no cambian sus prácticas observando lo que puede hacerse en fincas sostenidas con dineros públicos. Por lo tanto, tienen que haber demostraciones ejecutadas por los mismos agricultores, en sus propias fincas y bajo condiciones normales." A.C. True.

El técnico, al igual que el agricultor, también reclama demostraciones: antes de recomendar una práctica desea obtener pruebas de que ella es aplicable en las fincas de su zona.

La aceptación del concepto de servicio técnico a los agricultores, como herramienta de progreso agrícola, ha aumentado rápidamente en todo el mundo, a partir de la segunda guerra mundial. A un ritmo sin precedentes se han establecido programas para ofrecer este tipo de servicios. Naturalmente, ta les programas buscan su orientación en los más antiguos. Los programas antiguos de servicio técnico generalmente operan a través de dos organizaciones bien reconocidas: una estación experimental y un servicio de extensión. En sus formas más sencillas, la estación experimental es un sitio en el cual se llevan a cabo experimentos para desarrollar mejores prácticas agrícolas y el servicio de extensión es un grupo de consejeros que ayuda a los agricultores a adoptar esas prácticas.

Pero estas definiciones tienden a oscurecer una fase vital en el proceso de avance de la agricultura: el complejo mecanismo de ensayos y pruebas que van mucho más allá de la investigación intensiva en la propia estación experimental y que son necesarios antes de que una práctica mejorada esté lista para recomendarla a los agricultores.

Este complejo incluye el establecimiento de subestaciones, fincas experimentales, parcelas experimentales en las fincas, agricultores cooperadores, y a menudo organizaciones comerciales tales como compañías productoras de semillas y fabricantes de implementos agrícolas. En realidad, una parte considerable del trabajo de las estaciones experimentales consiste en ensayos extensivos los cuales se llevan a cabo fuera de los límites físicos de la estación principal.

Cada uno de estos dos niveles de ensayos buscan un propósito diferente: la investigación intensiva, en la estación experimental, descubre una buena práctica; los ensayos extensivos, en las fincas, determinan la aplicabilidad de esa práctica en una región. La investigación intensiva suministra la primera guía sobre cuál práctica es mejor pero generalmente no es base sólida para una directa recomendación a los agricultores. Solamente después de que el agente de extensión está provisto de información satisfactoria sobre la aplicabilidad, puede él recomendar con confianza una práctica, sabiendo anticipadamente los resultados que el agricultor puede obtener.

Las actividades cooperativas en California ilustran la forma como los ensayos extensivos encajan en un programa de servicio agrícola. En el prefacio al Programa de Investigaciones de la Estación Experimental, 1950-51, publicado por el Colegio de Agricultura de la Universidad de California se dice lo siguiente: "El servicio de extensión agrícola y la estación experimental establecen cada año más de 7.000 parcelas de demostración e investigación esparcidas por todo el Estado. Las dos entidades trabajan en estrecha cooperación". Y J. Earl Coke, antiguo director de Extensión Agrícola en California y actualmente Secretario Ayudante del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, escribió al autor en septiembre 2 de 1952, lo siguiente:

"Por la variedad de climas, suelos y plantas que se cultivan en California, es necesario establecer parcelas de ensayo en las fincas para determinar la adaptabilidad de las cosechas a condiciones locales. Por tal razón, el Servicio de Extensión ha llevado a cabo durante muchos años innumerables ensayos, en la mayoría de los casos en cooperación con la Estación Experimental. Por ejemplo, los agentes de extensión han llevado a cabo en toda el área del Estado ensayos sobre variedades de cereales. En la mayoría de los casos las semillas para estos ensayos provienen de la Estación Experimental la cual también cosecha, pesa y tabula los resultados de muchas de las parcelas. Además de estas parcelas establecidas por el Servicio de Extensión, la Estación Experimental verifica también ensayos de campo en varios condados, en los cuales interviene, en la mayoría de los casos, el agente de extensión en alguna forma. El agente de extensión puede ayudar en la selección de los cooperadores y de las parcelas; también puede ayudar en la aplicación de diferentes tratamientos utilizados para obtener los resultados. Estos trabajos son muy similares a los ensayos verificados por el Servicio de Extensión pero su dirección está a cargo de la Estación Experimental."

Se ve entonces cómo la investigación intensiva en una estación experimental no es apoyo suficiente para un programa de extensión y tiene que reforzarse con adecuados ensayos extensivos. Esta debe ser la guía para los organizadores de todo programa de servicio agrícola. Aunque al principio la nueva organización tendría un programa de ensayos mucho más pequeño que el del Estado de California, debería sin embargo reconocerse el lugar que cada una de estas tres fases tiene en el desarrollo agrícola: (1) La investigación intensiva en la estación experimental para desarrollar nuevas prácticas; (2) los ensayos extensivos de estas prácticas para determinar la aplicabilidad bajo las condiciones de los agricultores; y (3) la ayuda a los agricultores para la aplicación de las prácticas. El descuido en el desarrollo de la segunda fase conduce a una investigación sin oportunidades de aplicación práctica y a una extensión sin una base técnica comprobada.

Esta guía se ha preparado para ayudar al técnico agrícola cuyo trabajo lo lleva a interesarse, específicamente, de los ensayos extensivos en las fincas.

Cuando una estación experimental o su propia experiencia le sugieren una nueva práctica, tiene que averiguar las respuestas a varios interrogantes antes de que pueda recomendarla: cómo se comportará la práctica en las diferentes partes del área en donde yo trabajo? Cómo debe modificarse para usarla en las fincas? Producirá suficientes beneficios para que valga la pena su implantación? Cuáles serán las variaciones en los beneficios?

La respuesta a estas y otras preguntas similares sobre aplicabilidad, requieren una clase de ensayos diferente a la investigación intensiva que se ejecuta en la estación experimental. Por una parte, exige la cooperación de los agricultores; por la otra, tienen que llevarse a cabo en muchos sitios y bajo condiciones normales de cultivo. Algunas veces, para obtener una medida válida de aplicabilidad, el técnico tiene que ir más allá de la simple localización de los ensayos en las fincas y tiene que permitir que el agricultor ejecute las labores a su manera y con sus propias herramientas.

El técnico interesado en comprobar la adaptabilidad de una práctica se encuentra colocado en el papel intermedio entre el investigador y el agente de extensión. En realidad, como los ensayos extensivos constituyen una fase intermedia entre las investigaciones en la estación experimental y el verdadero trabajo de extensión en la finca, pueden estar a cargo del investigador como secuela de sus experimentos en la estación o del agente de extensión como trabajo preliminar a la recomendación integral de una práctica.

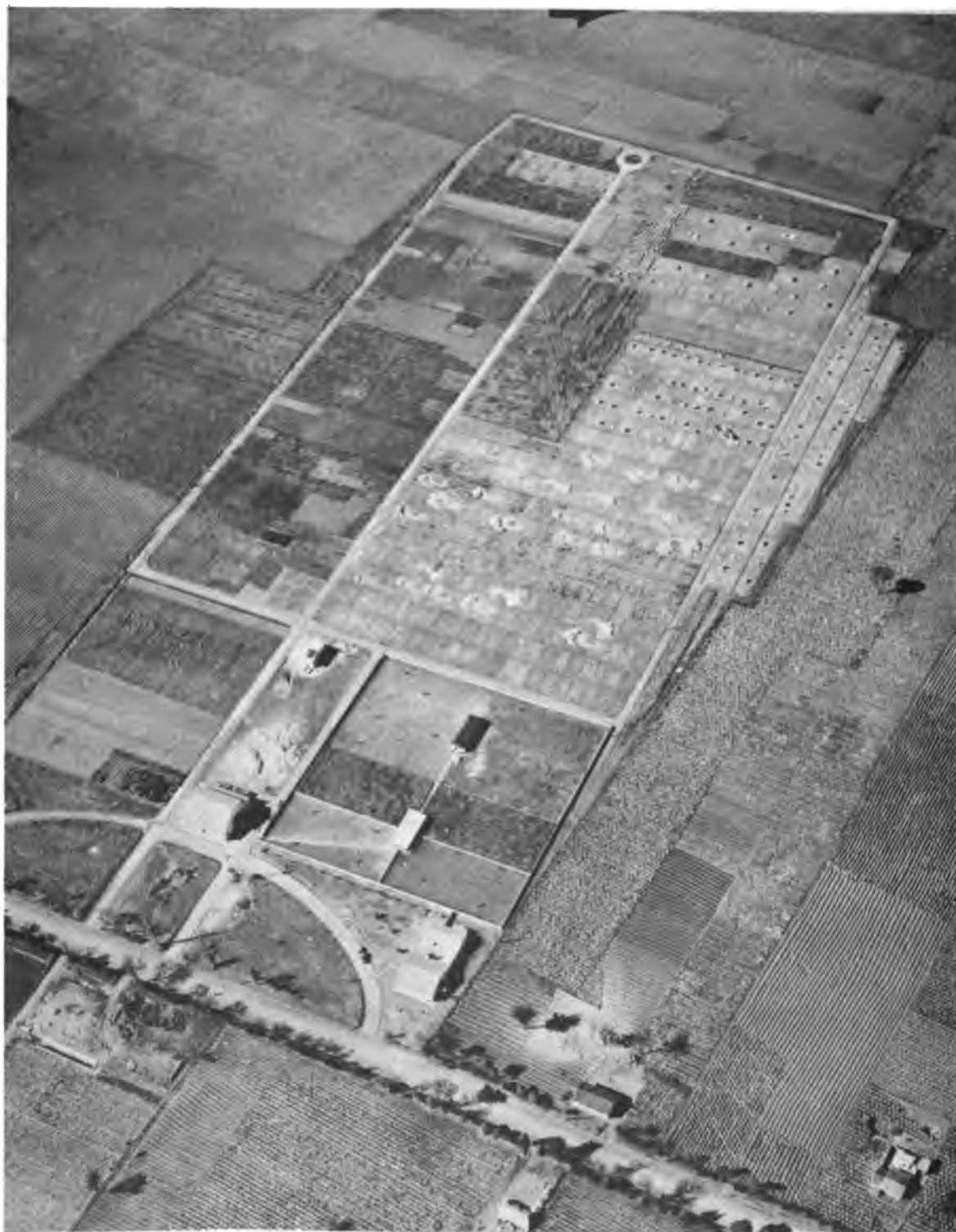
CUANDO DEBE USTED HACER ENSAYOS EN LAS FINCAS.

El concepto de ensayo extensivo exige que usted valore cuidadosamente las razones reales del ensayo. Si usted decide en forma específica, cómo desea usar la información que va a obtener del ensayo, generalmente estará en capacidad de definir si necesita un ensayo intensivo, un ensayo extensivo, o una combinación de los dos en forma consecutiva. Cuando usted pretende usar la información para formular una recomendación final a los agricultores, probablemente lo que necesita es un ensayo de naturaleza extensiva.

En la investigación convencional el técnico debe preocuparse de comparar un número de prácticas - algunas veces un gran número - y de medir exactamente las respuestas. Por estas razones, generalmente, él establece sus ensayos en parcelas replicadas o repetidas en una o más áreas experimentales. En ensayos extensivos la situación es un poco diferente: por lo general, el técnico comienza con una práctica de cuyos benéficos efectos tiene una certeza razonable, y trata de determinar su aplicabilidad a las fincas.

Para aclarar aún más la distinción entre los interrogantes que la investigación resuelve y los que aclara el ensayo extensivo, destacaremos algunos problemas generales que se refieren típicamente a la aplicabilidad y que por lo tanto se resuelven por medio de ensayos extensivos en las fincas y no por experimentos en la estación experimental.

Determinar las condiciones en una área. Algunos ensayos se llevan a cabo para determinar las condiciones dentro de una área de la cual es responsable el técnico. Un ejemplo de esta clase es un ensayo para determinar la respuesta promedio a la aplicación de fertilizantes. Problemas de esta clase pueden considerarse como reconocimientos llevados a cabo por medio de



Parcelas experimentales en una estación agrícola. Las prácticas que aquí demuestran ser superiores, necesitan generalmente ensayos extensivos en las fincas antes de que puedan recomendarse para su utilización por parte de los agricultores.

ensayos. La respuesta no puede obtenerse a través de la investigación en una o dos estaciones experimentales; la validez de la respuesta depende del número adecuado de ensayos que se haga en toda el área.

Averiguar los resultados de una práctica en diferentes regiones. Otro grupo de problemas se refiere a los resultados diferentes que con la aplicación de una práctica pueden obtenerse en las distintas regiones del área en donde trabaja el técnico. Una región puede ser una serie de suelos, un complejo geográfico o aun una clase particular de agricultores. La investigación ejecutada en una estación experimental puede darle a usted una guía sobre una práctica, pero aún necesita delinear las regiones en donde la práctica pueda aplicarse o en donde se necesite introducirle modificaciones. Por ejemplo, la mejor mezcla de fertilizantes en un suelo puede ser una de fórmula 10-6-4, en tanto que en otro puede ser una de fórmula 5-10-5. Un problema de esta clase no puede resolverse en un sólo sitio; tendrán que hacerse ensayos en varios lugares de cada región.

Encontrar los resultados de la aplicación de una práctica bajo condiciones normales de cultivo. Con frecuencia la investigación se lleva a cabo bajo condiciones "ideales" o al menos diferentes a las comunes en las fincas. Por lo tanto, la guía para una práctica mejorada proviene de condiciones no representativas. Subsiste el problema de determinar los resultados que se obtendrán al aplicar la práctica en la finca. El comportamiento de una nueva variedad en la estación experimental, en suelos que han sido bien manejados, puede ser diferente al comportamiento en las fincas, en donde las prácticas de fertilización pueden variar y ser bastante distintas a las de la estación experimental.

Puede también ser un problema no de condiciones de los terrenos sino más bien de la forma como operan los agricultores. Entonces, el ensayo tiene que ejecutarse no solamente en las fincas sino por los mismos agricultores, cada uno con sus propios implementos y a su manera. Cuando se trata de un problema de esta clase, los ensayos intensivos en las estaciones experimentales pueden ser poco aplicables.

Sukhatme ^{1/} cita un notable ejemplo en la India de comparación entre los resultados obtenidos en las fincas y en las estaciones experimentales. Sus datos muestran la incertidumbre envuelta en el uso de los resultados obtenidos en investigaciones en las estaciones, como una medida de la respuesta en la finca. El encontró: (1) que el terreno en donde los agricultores aplicaban la nueva práctica era mucho mejor que el terreno agrícola promedio del área y (2) que a pesar de este hecho los resultados obtenidos por los agricultores eran mucho menores que los que se anticipaban con base en los resultados experimentales. A continuación se enumeran algunas causas de tal discrepancia entre los resultados del agricultor y los de la estación experimental:

1. La producción en parcelas experimentales pequeñas, generalmente es

^{1/} T. V. Sukhatme. Assessment of additional food production (Report of sample survey in Madhya Pradesh, 1949) Agr. Sit. in India 5:719-724. 1951.

mayor que la producción en las fincas.

2. Las labores de cultivo (preparación del terreno, siembra, desyerbas y recolección) se aplican generalmente con más oportunidad y se ejecutan con mayor destreza y cuidado en las estaciones experimentales que en las fincas. Además, algunos de los implementos usados en la estación pueden ser diferentes a los que usan los agricultores.
3. El personal dedicado a la investigación generalmente aplica una práctica en forma más adecuada que los agricultores y considerando más ampliamente los factores que influyen en el éxito, ya que estos ejecutan la práctica como parte de sus operaciones normales en la finca.

Medir el beneficio de una práctica. Antes de que pueda recomendarse una práctica a los agricultores tiene con frecuencia que aclararse lo relativo a su beneficio económico. Por ejemplo, usted puede tener este problema: qué cantidad de fertilizantes es la más conveniente económicamente para los agricultores, considerando que puede haber muchos factores desconocidos, diferentes a la simple deficiencia de nutrientes, que están limitando la producción bajo las condiciones reales de la finca? A menudo, la cantidad de fertilizantes que deben usar los agricultores año tras año para obtener las mayores ganancias, puede ser menor que la cantidad que produce los máximos aumentos en las cosechas.

Medir la variabilidad del beneficio. Para determinar si los agricultores de una región deben adoptar una práctica, usted tiene que preocuparse no solamente del beneficio promedio en la región sino también de la consistencia de ese beneficio para los agricultores individuales. No es conveniente recomendar una práctica que produce grandes beneficios en algunas fincas y ninguno en otras, como práctica que da resultados consistentes en todos los sitios.

Valorar una práctica cuando no existe un solo testigo o patrón. Usted sabe que los experimentos en las estaciones a menudo incluyen comparaciones con prácticas que se están usando normalmente. Esta comparación es fácil de hacer cuando no existe sino una sola práctica normal: sencillamente, el experimentador incluye una parcela testigo en el ensayo. Pero algunas veces no existe una sola práctica normal. Por ejemplo, si cada agricultor cultivara su propio maíz el experimentador necesitaría tantos testigos como fincas existen. O, si los agricultores tuvieran diferentes razas de ganado vacuno, se necesitaría un gran número de testigos para ensayar por ejemplo, una nueva práctica de alimentación en la estación experimental. Podría ser más fácil llevar a cabo los ensayos directamente en las fincas y utilizar como testigos o patrones de comparación, las diferentes prácticas normales en las distintas fincas.

Cuánto tiempo deben durar los ensayos extensivos? El clima y el suelo influyen en los resultados que se obtienen con algunas prácticas. Una práctica que produce beneficios consistentes en buenos y malos años, es más segura de recomendar que una que actúa solamente en buenos años. Por lo tanto, si existe duda sobre la consistencia de una práctica de año a año, usted tendrá que repetir el ensayo por varios años.

La variabilidad anual en clima puede influir mucho sobre algunas prácticas en tanto que sobre otras no. Por ejemplo, la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes puede ser económicamente productiva únicamente en

épocas de lluvias abundantes; para determinar los beneficios en un período largo, los ensayos extensivos tendrán que repetirse varios años antes de poder hacer una recomendación final. En cambio, el mejoramiento en la ración y en el sistema de alimentar terneros, producirá beneficios bastante independientes de las variaciones climáticas; un ensayo de una práctica de tal clase, podría llevarse a cabo en un año o aun en menos tiempo.

Quando el ensayo extensivo tiene que repetirse durante varios años, no puede darse una regla fija sobre el número de años necesarios; dos pueden ser suficientes pero también pueden necesitarse varios más. La guía que usted debe seguir es la de ejecutar el ensayo durante un número suficiente de años para que en ellos queden incluidas las condiciones extremas del clima. Los registros meteorológicos prolongados le ayudarán a determinar cuando han ocurrido esas condiciones extremas; si no cuenta con datos de esa clase, puede recurrir a las opiniones de los agentes de extensión y de los agricultores, quienes tienen buenas razones para recordar las condiciones climáticas.

Cuáles son las clases de ensayos extensivos. Es conveniente distinguir dos clases de ensayos extensivos en las fincas: el ensayo de resultados y el experimento en la finca.

El ensayo de resultados se lleva a cabo para averiguar el resultado que se obtiene al aplicar una sola práctica bajo condiciones de campo; es sencillo, exige pocos conocimientos sobre métodos de investigación, y tiene un gran valor demostrativo para los agricultores. Usted ya está familiarizado con un término similar, "la demostración de resultados". Una demostración de resultados se utiliza para demostrar un resultado; un ensayo de resultados se usa para ensayar un resultado. Usted ejecuta una demostración de resultados solamente después de que la práctica ha sido probada, usted ejecuta un ensayo de resultado antes de que aquella haya sido probada.

A menudo, sin embargo, usted tendrá que ensayar más de una práctica. Entonces tendrá que llevar a cabo un ensayo más complejo: un experimento de campo, el cual se ejecuta para averiguar, entre varias prácticas, por ejemplo, varias fórmulas de fertilizantes, cuál es la mejor bajo condiciones de campo. Exige una mayor aplicación de métodos estadísticos y además tiene un menor valor demostrativo. El diseño de un experimento de esta clase exige la cooperación de técnicos con experiencia en investigación.

PARTE II - ENSAYOS DE RESULTADOS

"Se ha dicho que los agricultores constituyen una clase difícil de abordar y de impresionar. Mi experiencia no confirma tal afirmación. Son las personas más tratables si usted tiene algo sustencias que ofrecerles; pero ellos siempre quieren pruebas."

Seaman A. Knapp.

El ensayo de resultado está relacionado íntimamente con la demostración de resultado, sistema usado ampliamente en la actualidad por los agentes de extensión. La demostración de resultado ayuda a un grupo de agricultores a aprender el beneficio de una práctica recomendada. Sus propósitos y su técnica se han resumido en la siguiente forma:

"Se utiliza para probar la aplicación práctica de un hecho básico, a los problemas de la finca y del hogar, y no es en ningún sentido experimental, excepto posiblemente en la mente del demostrador. Con este método el agente de extensión puede utilizar los resultados obtenidos con una práctica agrícola o del hogar o con una combinación de prácticas, para probar comparativamente el valor de un nuevo método." 2/

La demostración de resultado y el ensayo de resultado son a menudo muy similares al ejecutarlos en el campo. La razón es obvia: con frecuencia puede necesitarse la misma clase de prueba para mostrar a los agricultores o a los técnicos el beneficio de una práctica. Además, un ensayo de resultado generalmente tiene gran valor demostrativo; es una herramienta efectiva tanto para enseñar como para aprender.

Pero, en sentido estricto, la demostración de resultado se usa solamente con prácticas de las cuales el técnico ya conoce su verdadero beneficio. Su propósito es suministrar a los agricultores suficiente experiencia concreta sobre la práctica para convencerlos de su efectividad. En el ensayo de resultado se usa la misma técnica, es decir, se verifican comparaciones en las fincas y se valoran los resultados. Pero el objetivo primordial es completamente diferente. Un ensayo de resultado se lleva a cabo para determinar el beneficio o la efectividad de una práctica mejorada, bajo las condiciones agrícolas de la comunidad. El ensayo de resultado es anterior a la recomendación en tanto que la demostración de resultado es posterior a ella.

2/ Lincoln D. Kelsey and C. C. Hearne. Cooperative Extension Work. p. 345 Ithaca, N. Y. 1949.

En la demostración de resultado, el número y la localización de los ensayos dependen de la necesidad de fortalecer su influencia educativa sobre la comunidad; en el ensayo de resultado, dependen de las necesidades de valoración de la práctica. Generalmente, aunque no siempre, se necesita un mayor número de comparaciones para un ensayo de resultado que para una demostración de resultado.

Es muy importante el diseño adecuado de un ensayo de resultado para asegurar su validez. Por lo tanto, señalaremos a continuación las fases sucesivas de procedimiento que deben seguirse para establecer un ensayo de esa clase.

FASE 1 - DELIMITE LAS REGIONES

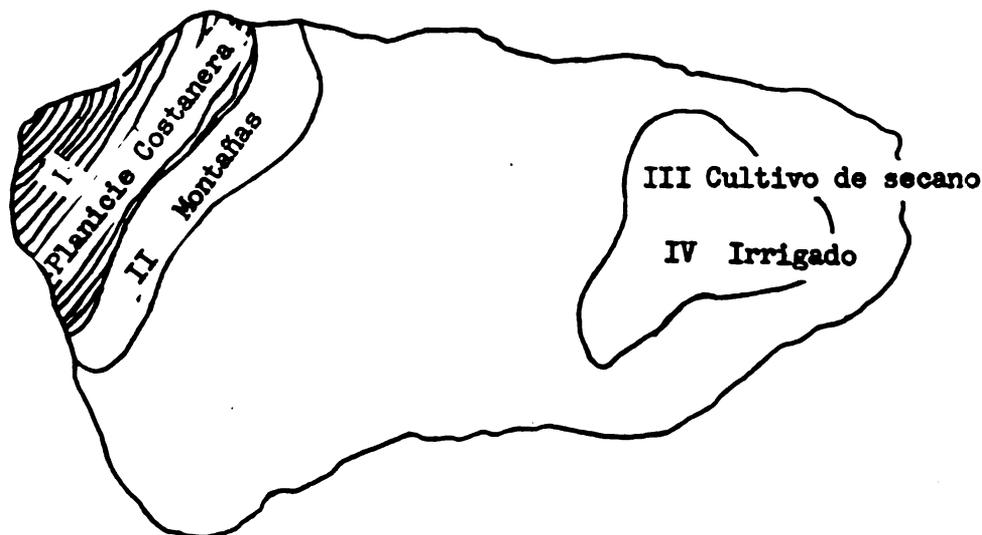
Decida, en primer término, en cuales regiones, dentro de su área de trabajo, se aplicará la práctica. Es un punto que fácilmente deja de tenerse en cuenta; con demasiada frecuencia entramos a decidir sobre los detalles de ejecución del ensayo sin haber determinado las regiones en donde van a aplicarse los resultados.

Naturalmente, si el área en donde usted trabaja tiene condiciones aproximadamente uniformes de suelo, clima, altura, etc., usted planeará formular un solo conjunto de recomendaciones para toda el área y por lo tanto no habrá necesidad de delimitar subdivisiones. Pero si el área en donde usted actúa está formada por regiones diferentes, cada una de las cuales puede exigir un conjunto separado de recomendaciones, usted tendrá que definir esas regiones.

Generalmente usted comenzará por consultar un mapa de la totalidad del área en la cual está trabajando. En él marcará las regiones donde la nueva práctica va a ensayarse o sea las subdivisiones para las cuales usted formulará recomendaciones por separado, en caso de que los resultados lo justifiquen. Estas subdivisiones se denominarán regiones de ensayo. Para limitar el número de regiones se tendrán en cuenta algunas consideraciones prácticas tales como el costo de los ensayos y la complejidad de hacer recomendaciones para muchas regiones diferentes.



Veamos cómo se hace esto. En el mapa que se presenta a continuación se indican las subdivisiones que se fijaron para un ensayo sobre variedades de maíz. En este ejemplo hipotético, se dividió primero el área productora de maíz en dos regiones principales, una al oeste y la otra al este. Se consideraron como regiones de ensayo separado por las diferentes condiciones de crecimiento que exhiben, las cuales exigen sin duda recomendaciones separadas.



Delimitación del área de aplicación de una práctica y subdivisión del área en regiones de ensayo (I, II, III y IV).

En la región oeste se hicieron dos nuevas subdivisiones de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar: las planicies costaneras (I) y las montañas (II). La razón para ello es la de que a través de la investigación se determinó que todas las variedades no se comportan igual en diferentes altitudes.

En la región II existen tres tipos de suelos, pero no se separaron como regiones independientes porque ellos no se presentan en bloques extensos y porque las recomendaciones separadas para cada suelo serían demasiado complicadas de seguir.

La región este se dividió de acuerdo con el sistema de cultivo: secano (III) y bajo riego (IV). Se hizo esto porque la variedad óptima bajo un sistema probablemente no será la mejor bajo el otro y porque los agricultores pueden fácilmente aplicar recomendaciones diferentes para terrenos irrigados y no irrigados.

No se hicieron más subdivisiones porque el número de ensayos necesarios en estas cuatro regiones era todo lo que el servicio podía llevar a cabo.

Después de delimitar las 4 regiones mencionadas, se procedió a diseñar un ensayo completo de resultados para cada una.

FASE 2 - DECIDA SOBRE EL NUMERO DE FINCAS

La experiencia indica que usted debe utilizar de 15 a 30 fincas en un ensayo de resultado. Con un número menor de fincas, la información que obtenga probablemente será insuficiente para hacerles una recomendación segura a los agricultores. Por el otro lado, rara vez se necesitan más de 30 fincas para valorar adecuadamente una práctica.

Sin duda usted se preguntará por qué es importante el número de fincas, y podrá pensar que sería suficiente un buen ensayo en una sola finca. Sin embargo, si reflexiona un poco se dará cuenta de lo peli-groso que resulta abrigar esta idea.

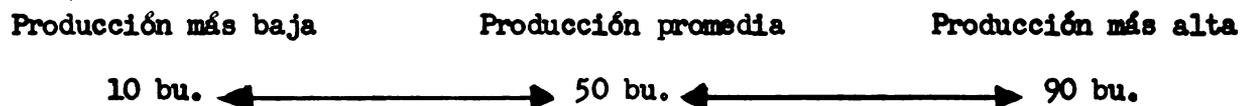
Examine la cuestión de la siguiente manera: bajo su dirección, los agricultores de la zona en donde usted trabaja están tratando de determinar qué beneficios obtendrán de la nueva práctica. Usted desea saber esto en forma tan definitiva que lo capacite para hacerles a todos una recomendación precisa. Si lleva a cabo un ensayo en una sola finca, aun que el ensayo sea muy bueno, los resultados serán aplicables solamente en esa finca particular, ya que los suelos y los agricultores varían mucho en toda una región. No existirá la seguridad de cuáles serán los resultados que obtendrán los agricultores en general. Claramente se ve que usted está actuando sobre terreno poco firme si trata de deducir de un solo caso una conclusión general.



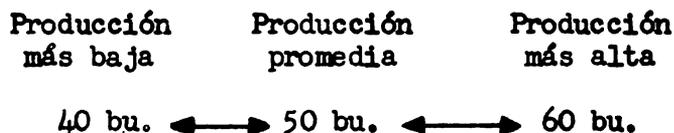
Además, si usted están pensando en hacer un ensayo en una sola finca hay otra circunstancia que debe tenerse en cuenta. La práctica puede ser muy beneficiosa en la finca usada para el ensayo y pueden obtenerse aumentos hasta del 50 por ciento o más. Pero aunque los resultados en esa finca sean muy promisorios, ellos no le indican a usted en qué proporción variarán los beneficios de una finca a otra. La misma práctica probada como muy exitosa en una finca, puede dar resultados muy variables cuando se utiliza en otra finca; y una práctica que produce resultados muy variables no es tan segura de recomendar a los agricultores como una de resultados consistentes. Es prudente además considerar que muchas prácticas potencialmente buenas pueden llegar a descartarse solamente por haber fallado en un ensayo en una sola finca.

Examinemos un ejemplo en el cual la Práctica A y la Práctica B se ensayan en un número adecuado de fincas. Como se ve en el diagrama a continuación, con ambas se obtiene la misma cosecha promedio, 50 bushell por acre. Si se considera tan solo este dato, ambas prácticas son igualmente buenas. Pero al examinar la consistencia en los resultados, vemos que la Práctica B puede recomendarse con mayor seguridad. La cosecha más baja que se obtuvo con la Práctica B fue de 40 bushells, en tanto que con la A se obtuvo una cosecha de 10 bushells.

PRACTICA - A



PRACTICA - B



Es decir, si usted hubiera hecho un ensayo en una sola finca, podría haber obtenido el mismo aumento en producción con las dos prácticas. Esta es la falla fundamental del ensayo en una sola finca: no da absolutamente ninguna indicación sobre la variabilidad de los beneficios en toda una región. La única manera de determinar la variabilidad es ensayando la práctica en un número suficiente de fincas.

Aunque sabemos por experiencia que se necesitan de 15 a 30 fincas para la mayoría de los ensayos, esta cifra es, sin embargo, una especificación un tanto improvisada. Para ser exactos, el número de fincas que usted necesita para confiar en los resultados de su ensayo dependerá de dos consideraciones: (1) la magnitud del beneficio, en promedio, que usted espera de la nueva práctica y (2) la variabilidad que usted espera obtener en los resultados. Si espera lograr un beneficio grande de la aplicación de la práctica y resultados bastante consistentes en toda la región, puede reducir el número de fincas.

La tabla siguiente le ayudará a decidir sobre el número de fincas. Supongamos que usted desea ensayar una nueva variedad de maíz en su región y que usted espera obtener una duplicación de la producción, es decir que, en promedio, espera lograr un aumento del 100%. Supongamos también que usted espera que los aumentos sean muy variables en la región. En la tabla mencionada, encontrará que debe trabajar con 15 fincas. Naturalmente, es aconsejable utilizar algunas fincas adicionales para compensar aquellas en las cuales no se ejecute el ensayo hasta el final.

Esta es la mayor aproximación a que podemos aspirar en lo relacionado con el número de fincas. Como usted sin duda sospechará, existen métodos más precisos para hacer esa determinación, pero ellos son complejos.

Si usted espera un aumento en promedio de:

Y si Ud. espera que el aumento en la región sea:

Entonces usted tendrá que establecer el ensayo en este número de fincas:

200%	[Muy variable	10
	[Consistente	7
100%	[Muy variable	15
	[Consistente	10
50%	[Muy variable	25
	[Consistente	15
25%	[Muy variable	30
	[Consistente	20

Si va a emprender un costoso ensayo de resultado, en el cual es importante determinar con bastante precisión el número más adecuado de fincas, posiblemente usted deseará un método más preciso. En las Partes III y IV de esta guía se explica el procedimiento. Sin embargo, la tabla anterior es adecuada para la mayoría de los ensayos.

FASE 3 - SELECCIONE LAS FINCAS

El objeto de su ensayo es el de obtener una respuesta aplicable a todas las fincas de la región. Sin embargo, es imposible que todas las fincas participen en el ensayo. Es por lo tanto importante el criterio con el cual se escogen las fincas que van a participar; ellas tienen que ser representativas de todas las fincas de la región. Si no lo son, aunque usted conduzca los ensayos con el mayor cuidado nunca obtendrá resultados correctamente aplicables a la región.

Un método de seleccionar las fincas, el cual ya no se considera adecuado, es el de escoger fincas que se supone son "típicas" de la región. Algunas veces usted oír que un técnico dice: "yo escogí esta finca para el ensayo porque es típica". Huya usted de esa idea de "típica", pues está preñada de peligros. En primer lugar el concepto de área "típica" es engañoso.





Los métodos de cultivo primitivos y modernos practicados dentro de la misma comunidad, destacan la necesidad de ejecutar ensayos de aplicabilidad. Para tener la seguridad de que los resultados de un ensayo son aplicables a toda una comunidad, el técnico tiene que llevar a cabo el ensayo en una muestra representativa de todas las fincas.

No existe un lugar típico! En una región sin duda se incluyen variaciones en topografía, suelo, cultivos verificados anteriormente, tamaño de las fincas, métodos de cultivo, habilidad de los agricultores, etc. De manera que realmente no existe manera de definir qué es lo típico. Ninguna porción de terreno puede representar una área completa, con sus numerosas variaciones.

Existe otra razón para huir del concepto de "típico". Aunque usted pudiera seleccionar fincas típicas, no estaría haciendo nada que valiera la pena, pues los resultados de los ensayos en ellas conducidos se podrían aplicar tan solo en estas fincas típicas o fincas promedio. Pero en un ensayo de resultado, usted necesita averiguar no solamente el beneficio promedio que se obtiene con la aplicación de la práctica; necesita averiguar también qué tan consistentes son los beneficios en el rango de condiciones de la región. Para averiguar esto, tendrá usted que establecer el ensayo en un rango de fincas. Tenga mucho cuidado en no pasar por alto el siguiente punto: la variabilidad de los resultados es tan importante como el promedio de los resultados.

En vista de que no existen lugares típicos y de la necesidad de ensayar la práctica en un rango de sitios, el único procedimiento válido es el de seleccionar fincas para el ensayo que constituyan una buena muestra representativa de todas las fincas.

Cómo puede lograrse esto? La forma ideal sería la de que usted escribiera los nombres de los agricultores en papeletas, colocara éstas en un sombrero y luego, con los ojos vendados, sacara al azar el número necesario. Sin embargo, es generalmente imposible seleccionar las fincas en esta forma. Por una parte, pueden existir inconvenientes en la obtención de una lista de todos los agricultores en la zona. Además, puede resultar imposible el incluir algunas fincas.

De manera que, para seleccionar las fincas que van a participar en el ensayo, usted tendrá que variar un poco el sistema de escogencia por suerte o azar.

Puede que tenga que limitarse a fincas localizadas a lo largo de carreteras transitables o a fincas con las cuales se puedan establecer fácilmente relaciones de cooperación. Sin embargo, tenga en cuenta que cuanto menos limite su escogencia a una clase particular de fincas y cuanto más acepte las fincas que se presenten al azar, se acercará más a la obtención de una verdadera muestra representativa. Recuerde esto: toda desviación del sistema de suerte o azar lleva envuelto el peligro de parcialidad en la aplicabilidad de los resultados. Pero este es un riesgo que usted tiene que aceptar y sólo usted podrá decidir hasta donde puede alejarse de la escogencia de las fincas al azar sin afectar seriamente la aplicabilidad de los resultados en la región.

FASE 4 - DECIDA SI NECESITA PARCELAS TESTIGOS O PATRONES

Usted tiene ahora que decidir si su ensayo necesita una o dos parcelas por finca. Si lo que se persigue es que los agricultores sustituyan una práctica que ya están usando por otra nueva, se necesitarán dos parcelas en cada finca: una para la nueva práctica y otra para la antigua. Le damos algunos ejemplos: (1) sustituir una variedad por otra nueva; (2) usar fertilizantes cuando ellos no se acostumbran; (3) usar un insecticida cuando él no se utiliza; (4) ensayar una nueva ración en la alimentación del ganado vacuno en reemplazo de otra.

La práctica antigua o ya en uso se denomina el testigo o patrón. Es la condición con la cual se va a comparar la nueva práctica.

Usted podrá notar que el término "parcela" no es apropiado para usarlo en ensayos con animales o con familias campesinas. Puede, sin embargo, usarlo teniendo en cuenta que en tales circunstancias las parcelas son grupos de animales o de personas a uno de los cuales se le aplica la nueva práctica y al otro la práctica patrón o testigo.

Algunas clases de comparaciones no le permiten tener el patrón o testigo en la misma finca en donde esté la nueva práctica; en tales casos usted tendrá tan solo una parcela por finca. Por ejemplo, si está comparando el efecto de un remedio contra las plagas y enfermedades en el ganado, tendrá seguramente que tratar todo el rebaño. En ese caso, la práctica nueva se aplica a una finca y otra finca sirve como patrón o testigo. Cada finca llega a ser entonces una parcela y dos fincas sirven para una sola comparación, lo mismo que en los ejemplos anteriores en los cuales las dos parcelas estaban localizadas en la misma finca.

Algunas veces el ensayo no es comparativo, pues con la práctica bajo estudio no se pretende reemplazar lo que los agricultores previamente estaban haciendo. Ejemplos de tales casos son los siguientes:

- 1 - Averiguar cómo se comporta una nueva legumbre en una región.
- 2 - Averiguar si la cría de conejos es remunerativa.
- 3 - Hacer un reconocimiento de la cosecha de trigo en una zona,





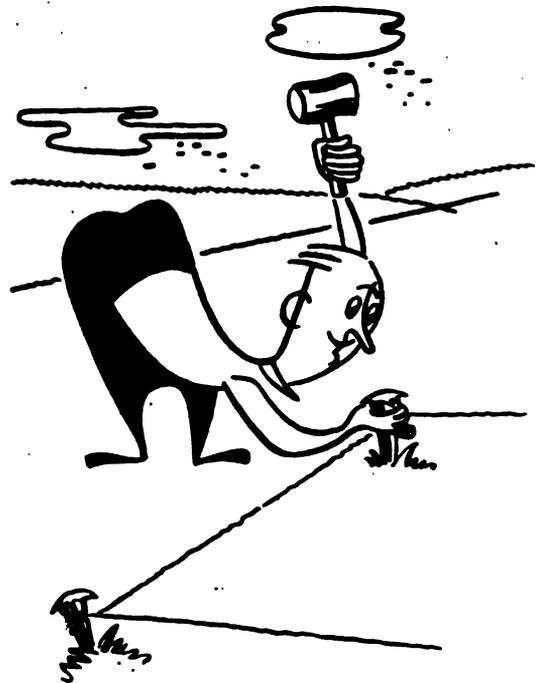
El agricultor y su familia se reúnen con el técnico para hacer un plan. Los ensayos extensivos requieren la cooperación, y a menudo la participación, del agricultor.

En tales casos usted tendrá una sola parcela por finca. La información obtenida en cada finca será la producción de la parcela en lugar de la ventaja que ella tenga sobre una parcela patrón. En este caso también se trabaja con animales o seres humanos, la palabra "parcela" significa el grupo bajo ensayo.

FASE 5 - ESTABLEZCA LAS PARCELAS

Hasta ahora usted ha decidido sobre el número de fincas, las ha seleccionado y ha determinado el número de parcelas por finca. Ahora está listo para comenzar el trabajo de campo necesario para establecer las parcelas.

La escogencia de la localización de una o dos parcelas en una finca estará influenciada considerablemente por el deseo del agricultor cooperador. El puede desear que las parcelas queden en determinado campo, por ejemplo, alledaño a una carretera. Esto está bien. Sin embargo, debe recordarse un punto: no seleccione la porción de terreno tan solo porque es la mejor porción de la finca. Mas bien selecciónela sin entrar a juzgar hacia un lado o hacia otro, sobre su fertilidad relativa. Su meta debería ser la de localizar al azar las parcelas del ensayo, sin ningún propósito previamente seleccionado por usted, en cuanto a condiciones del suelo se refiere. Siga esta norma en la localización de las parcelas en cada una de las fincas; así, el ensayo total representará bien las condiciones en la región.



Algunas parcelas estarán en buena tierra y otras en mala, de manera que se logrará una representación aceptable de los suelos en la zona.

Cuando su ensayo exija dos parcelas en una finca - un patrón o testigo y otra con la práctica nueva - debe ser cuidadoso en resguardarse contra toda parcialidad. No escoja el sitio para establecer la parcela con la práctica nueva de manera que ésta quede colocada en terreno más fértil que el patrón o testigo. Si hace esto cometerá un error que le restará honradez al ensayo, pues los resultados pueden así ser muy favorables para la práctica nueva. El ensayo será parcializado y no mostrará el beneficio real de la práctica. Usted usará los resultados del ensayo como guía para

hacerle recomendaciones a los agricultores, y sin duda usted no desea que la diferencia en rendimiento entre la nueva práctica y la antigua esté influenciada por diferencias en la fertilidad del suelo.

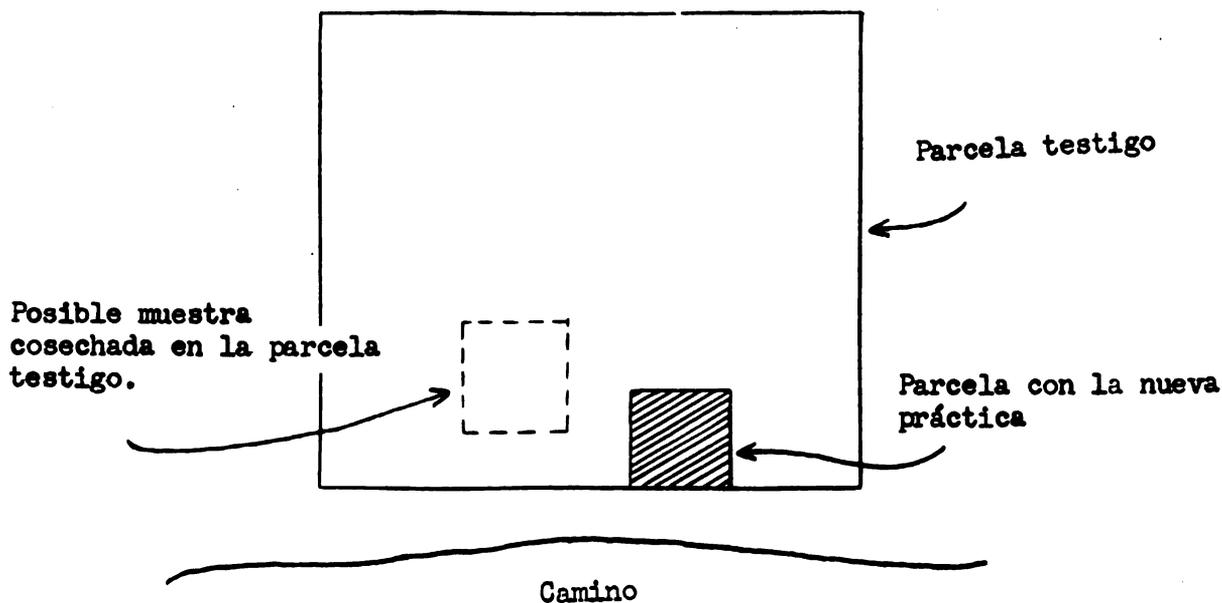
Claro está que a usted le gustaría localizar las dos parcelas en un terreno exactamente igual en fertilidad y demás aspectos. Pero sería muy difícil, si no imposible, lograr esta uniformidad.

Coloque las parcelas tan cerca una de otra como sea posible y escójalas de acuerdo con la facilidad de ejecutar el trabajo y no con base en la fertilidad relativa. Confíe en la repetición de las parcelas de finca en finca para compensar las diferencias en fertilidad que puedan existir entre las parcelas de cada finca individual.

Luego debe considerarse el tamaño de las parcelas. Usted sabe que en las estaciones experimentales la mayoría de las parcelas son más bien pequeñas y todas del mismo tamaño. Pero en la mayoría de los ensayos usted deberá establecer parcelas grandes; es más: no necesita que ellas sean del mismo tamaño en todas las fincas. Siga esta regla: haga las parcelas suficientemente grandes para que se puedan aplicar los métodos de cultivo usuales y para que los resultados se aprecien con facilidad. No es necesario hacerlas más grandes y ello no agregará ninguna precisión a los resultados.

Asimismo, la parcela testigo o patrón en una finca, no necesita ser del mismo tamaño de la parcela con la práctica nueva.

Como se ve en el diagrama, la parcela con la nueva práctica puede ser simplemente una porción de un lote y utilizarse el resto como testigo.



En ensayos de resultados, la parcela testigo o patrón puede ser mucho más grande que la parcela con la nueva práctica. Algunas veces, puede cosecharse tan sólo una muestra de la parcela testigo, para hacer la comparación.



El agricultor se da cuenta del beneficio de una nueva práctica: "Un buen programa incluye la valoración de los resultados". Kelsey y Hearne.

Cuando se recolecte la cosecha, determine las áreas de las dos parcelas y convierta las producciones respectivas a unidades similares de área.

Para obtener datos, puede ser más conveniente recolectar tan solo la cosecha de una muestra de la parcela testigo. Trate de localizar las muestras cerca a la parcela con la nueva práctica y del mismo tamaño de ésta.

Si cosecha tan sólo una muestra de la parcela testigo, tenga mucho cuidado de no parcializarse. No seleccione deliberadamente el sector de crecimiento más raquítrico. La forma de evitar esto es escoger la localización de la muestra en el momento de empezar el ensayo, mucho antes de ver los resultados. Por ejemplo, usted podría decidir tomar como muestra una área de las mismas dimensiones de la parcela con la nueva práctica, aledaña a ésta en su límite occidental.

Para estar aun más seguro, estipule la posición de la muestra cuando escriba el plan del ensayo, antes de haber comenzado el trabajo de campo.

FASE 6 - RECOJA LOS DATOS

Usted debe hacer los mayores esfuerzos para obtener datos numéricos sobre los resultados del ensayo; solo con datos de esa clase usted estará en capacidad de decirle a los agricultores la magnitud de los beneficios que ellos pueden esperar de la nueva práctica al aplicarla en sus propias fincas. Debe de obtener medidas cuantitativas. No se contente con anotar tan sólo su impresión sobre los resultados.

Aunque usted puede hacer una buena cantidad de observaciones intermedias, la información final que usted desea es la cosecha u otro beneficio producido por la práctica bajo ensayo. Cuando recoja la cosecha de las parcelas de ensayo, asegúrese que también anota el tamaño de cada parcela. Luego, podrá transformar la cosecha obtenida en parcelas de distintos tamaños en cosechas para áreas iguales.

En seguida se dan algunos ejemplos de los datos obtenidos en ensayos de resultado:



Ejemplo 1. Resultados parciales de un ensayo con maíz.

FINCA	Variedad nueva		Antigua variedad		Producción por acre	
	Cosecha	Tamaño de parcela	Cosecha	Tamaño de parcela	Variedad nueva	Control (var. ant.)
	(Bushels)	(Acres)	(Bushels)	(Acres)	(Bushels)	(Bushels)
Rodríguez	9	1/4	100	5	36	20
Fernández	28	1	25	1	28	25
Gómez	16	1/2	1100	50	32	22

Ejemplo 2. Resultados parciales de un ensayo sobre alimentación de ganado vacuno.

FINCA	Alimento nuevo		Alimento antiguo		Produc. por vaca	
	Producción	Número de vacas	Producción	Número de vacas	Alimento nuevo	Alimento antiguo
	(Libras)		(Libras)		(Libras)	(Libras)
Rodríguez	89	4	653	36	22	18
Fernández	627	20	576	20	31	29
Gómez	148	10	211	19	15	11

Ejemplo 3. Datos parciales de un ensayo sobre producción de kudzi.

FINCA	PRODUCCION	TAMAÑO DE PARCELAS	PRODUCCION POR ACRE
			(Ton)
Rodríguez	1,79 tons.	10.000 pies cuad.	7,8
Fernández	598 lbs.	1/10 acre	3,0
Gómez	8.584 lbs.	0,8 acre	5,4

FASE 7 - INTERPRETE LOS RESULTADOS

El objeto final de un ensayo de resultado es el de formular una recomendación o declaración sobre el comportamiento de la nueva práctica en la región. Los datos recogidos en las diferentes parcelas del ensayo, deben por lo tanto interpretarse para su aplicación regional. La validez de la interpretación dependerá en buena parte de la validez de la muestra representativa de fincas, que se seleccionó.

La interpretación de los resultados, exige algunos cálculos estadísticos, los cuales afortunadamente, no son difíciles ni complicados. Tenga en cuenta que gran parte del esfuerzo que usted ha hecho se perderá si no lleva el ensayo hasta su adecuada conclusión, mediante un análisis adecuado de los datos. En realidad, una buena proporción de la validez de las recomendaciones que se extraigan del ensayo dependerá de la forma como se haga este análisis.

El cuadro 1 indica cómo se hace el análisis de un ensayo comparativo. Los datos son los de un ensayo sobre variedades de maíz. Primero coloque en dos columnas, las cosechas obtenidas en cada localidad con la práctica nueva y con la antigua. El beneficio se calcula restando los datos de cosecha del control de los correspondientes datos de cosecha de la nueva práctica (note que en la finca 13 se obtiene un beneficio negativo). En la última columna anote los cuadrados de los beneficios. Sume todas las columnas. Los promedios se obtienen dividiendo las sumas de esas columnas por el número de fincas.



Cuadro 1. Datos obtenidos en un ensayo sobre variedades de maíz, ejecutado en 25 fincas.

FINCA	C O S E C H A		BENEFICIO	CUADRADO DE LOS BENEFICIOS
	PRACTICA NUEVA	TESTIGO		
	Bushels p/acre	Bushels p/acre	Bushels p/acre	
1.....	23	16	7	49
2.....	37	26	11	121
3.....	24	17	7	49
4.....	20	14	6	36
5.....	28	20	8	64
6.....	39	28	11	121
7.....	8	6	2	4
8.....	17	12	5	25
9.....	28	20	8	64
10.....	25	18	7	49
11.....	22	16	6	36
12.....	22	16	6	36
13.....	11	13	-2	4
14.....	21	15	6	36
15.....	18	14	4	16
16.....	17	12	5	25
17.....	37	26	11	121
18.....	31	22	9	81
19.....	14	10	4	16
20.....	21	15	6	36
21.....	28	20	8	64
22.....	24	17	7	49
23.....	22	16	6	36
24.....	28	21	7	49
25.....	26	19	7	49
Suma.....	591	429	162	1.236
Promedio..	23.6	17.2	6.5	

Ahora utiliza la suma de los cuadrados de los beneficios, 1.236 para obtener un valor denominado desviación estandar (d.e.) Los siguientes cálculos indican cómo se logra esto:

Suma de los cuadrados de los beneficios..... 1.236

$$(\text{Suma de beneficios})^2 = \frac{(162)^2}{25} = \frac{26.244}{25} \dots\dots\dots 1.050$$

Diferencia = 1.236 - 1.050..... 186

$$\begin{aligned} \frac{\text{Diferencia}}{\text{Número de fincas}} &= \frac{186}{24} \dots\dots\dots 7,75 \\ \text{Desviación estandar} &= \text{raíz cuadrada de } 7,75 = \dots\dots\dots 2,8 \text{ Bu.} \\ \text{Desviación estandar en porcentaje} &= \frac{\text{d.e.} \times 100}{\text{promedio del control}} = \frac{2,8 \times 100}{17,2} = 16\% \end{aligned}$$

Ahora, usted está en condiciones de responder tres importantes preguntas para hacerles recomendaciones a los agricultores:

Pregunta 1 - Cuál fue el aumento promedio en cosecha, debido a la nueva práctica?

Solución: Divida el beneficio promedio por la producción promedio del control y el resultado multiplíquelo por 100; o sea:

$$\frac{6,5}{17,2} \times 100 = 38 \text{ por ciento}$$

Respuesta: Los agricultores pueden esperar un aumento, en promedio, del 38% o sea 6,5 bushels por acre.

Pregunta 2 - Cuál es el aumento mínimo en producción que 3 de cada 4 pueden esperar los agricultores?

Solución: Multiplique la desviación estandar en porcentaje por 0,7 $\frac{3}{4}$ y reste el producto del aumento promedio en

$$16 \times 0,7 = 11,2 \text{ por ciento}$$

$$38 - 11,2 = 27 \text{ por ciento}$$

Respuesta: Tres de cada cuatro veces, el aumento en producción será por lo menos del 27 por ciento.

Pregunta 3 - Qué porcentaje de agricultores probablemente no obtendrá aumentos en producción con la nueva práctica?

Solución: Divida el promedio de los beneficios por la desviación estandar para obtener una proporción; o sea:

$$\frac{6,5}{2,8} = 2,3$$

3/ El número 0,7 es una constante matemática que se usa en estadística.

Busque en la siguiente tabla la respuesta para esta proporción, haciendo interpolaciones si ello es necesario.

<u>Proporción</u>	<u>Respuesta</u> (Por ciento)
2,6	menos de 1/2
2,3	1
2,0	2
1,6	5
1,3	10
1,0	15
0,8	20
0,7	25

Respuesta: Normalmente, cerca del 1 por ciento de los agricultores pueden esperar que no aumente la producción con la nueva práctica.

Como resultado del ensayo, usted puede por lo tanto decirles, más o menos, lo siguiente a los agricultores:

"En nuestro ensayo ha participado un grupo de agricultores que nosotros consideramos representativo de la zona, y los resultados indican que la nueva variedad aumentará la producción en esta región en 6,5 bushels por acre, o sea en un 38 por ciento, en promedio; las tres cuartas partes de los agricultores pueden esperar aumentos por lo menos del 27 por ciento; menos de 1 agricultor de cada 100 podría no obtener un aumento en producción."

Vamos ahora a explicar el procedimiento que debe utilizarse para interpretar los resultados cuando el ensayo no es comparativo o sea cuando usted obtiene datos sobre el efecto de una práctica, los cuales no se comparan con los de una práctica antigua o control. En el cuadro 2 presentamos algunos datos sobre producción de Kudzú. La interpretación de estos resultados no es muy diferente de la interpretación de resultados comparativos. Ordene en la última columna los cuadrados de las producciones y sume ambas columnas. El promedio de la producción, 5,5 toneladas por acre, es igual a la suma de las producciones, 99,1, dividida por el número de fincas, 18.

Cuadro 2 - Datos obtenidos en un ensayo de kudzu en 18 fincas.

FINCA	PRODUCCION	CUADRADOS DE LAS PRODUCCIONES
	<u>Ton. por acre.</u>	
1.....	7,8	60,84
2.....	3,0	9,00
3.....	5,4	29,16
4.....	5,9	34,81
5.....	4,2	17,64
6.....	5,6	31,36
7.....	6,5	42,25
8.....	4,9	24,01
9.....	5,4	29,16
10.....	4,4	19,36
11.....	5,1	26,01
12.....	6,8	46,24
13.....	5,9	34,81
14.....	4,8	23,04
15.....	6,1	37,21
16.....	5,3	28,09
17.....	6,2	38,44
18.....	5,8	33,64
Suma.....	99,1	565,07
Promedio.....	5,5	

La desviación estandar se calcula en la misma forma como se explicó en el ejemplo anterior.

$$\text{Suma de los cuadrados de las producciones} \dots\dots\dots 565,07$$

$$\frac{(\text{Suma de las producciones})^2}{\text{número de fincas}} = \frac{(99,1)^2}{18} = \frac{9.820,81}{18} \dots\dots\dots 545,60$$

$$\text{Diferencia} = 565,07 - 545,60 \dots\dots\dots 19,47$$

$$\frac{\text{Diferencia}}{\text{número de fincas} - 1} = \frac{19,47}{17} \dots\dots\dots 1,1453$$

$$\text{Desviación estandar} = \text{raíz cuadrada de } 1,1453 \dots\dots\dots 1,07$$

$$\text{Desviación estandar en porcentaje} = \frac{\text{d.e.} \times 100}{\text{promedio}} = \frac{1,07 \times 100}{5,5} \quad 19\%$$

Con datos que no son comparativos, también podemos considerar tres preguntas importantes en relación con la práctica.

Pregunta 1 - Cuál fue la producción promedio de Kudzú en la región?

Respuesta: 5,5 toneladas por acre.

Pregunta 2 - Cuál es la menor cosecha que pueden esperar tres de cada cuatro agricultores?

Solución: Multiplique la desviación estandar por 0,7 y reste ese producto del promedio de producción; o sea:

$$1,07 \times 0,7 = 0,749 \text{ toneladas por acre}$$

$$5,5 - 0,749 = 4,8 \text{ toneladas por acre}$$

Respuesta: Tres de cada cuatro veces, la producción será por lo menos de 4,8 toneladas por acre.

Pregunta 3 - Cuál es la mínima producción que pueden esperar los agricultores?

Solución: Multiplique la desviación estandar por $4 \frac{4}{}$ y el producto réstelo del promedio de producción; o sea:

$$1,07 \times 4 = 4,28 \text{ toneladas por acre}$$

$$5,5 - 4,28 = 1,2 \text{ toneladas por acre}$$

Respuesta: Sería muy raro que se obtuviera una producción inferior a 1,2 toneladas por acre.

Con estos resultados, se justificaría que usted hiciera una recomendación a la comunidad, más o menos en la siguiente forma:

"Al sembrar Kudzú en un grupo de fincas representativas de la región, se obtuvo una producción promedio de 5,5 toneladas de forraje por acre. Como existe alguna variabilidad dentro de la región tres agricultores de cada cuatro pueden esperar obtener por lo menos 4,8 toneladas por acre; prácticamente todos los agricultores obtendrán un mínimo de 1,2 toneladas por acre."



Guía para la

EJECUCION DE ENSAYOS EXTENSIVOS EN LAS FINCAS

Autor:

HENRY HOPP

Traductor:

FERNANDO SUAREZ DE CASTRO

En 4 partes

Parte III: Experimentos en
las Fincas

Publicación Miscelánea N^o 6

Publicación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Ha sido preparada de acuerdo con el contrato firmado con la Administración de Cooperación Internacional de los Estados Unidos de América, como un servicio a sus Misiones de Operaciones en América Latina y a las instituciones nacionales cooperadoras. Fue publicada originalmente en inglés por el Foreign Agricultural Service Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Dr. Henry Hopp es el Jefe de Trade Statistics Branch, Foreign Agricultural Service, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Ing. Fernando Suárez de Castro es el Jefe de la Campaña de Defensa y Restauración de Suelos, de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Turrialba, Costa Rica
1956



CONTENIDO

Página

Introducción.	1
Experimentos en las fincas o experimentos en las estaciones experimentales?	2
Qué se entiende por diseño?.	2
Selección de un plan.	3
Primer paso - Decida sobre el número de tratamientos	4
Segundo paso - Clasifique el experimento.	4
Tercer paso - Decida sobre el número de parcelas en cada finca .	5
Cuarto paso - Seleccione el plan apropiado	5
Cómo decidir sobre el número de fincas.	7
Primer paso - Calcule la diferencia mínima.	7
Segundo paso - Calcule el error.	9
Tercer paso - Determine el número de repeticiones.	14
Cuarto paso - Determine el número de fincas.	15
Quinto paso - Escoja entre varios planes.	15
Procedimiento de campo.	16
Primer paso - Seleccione las regiones y las fincas.	16
Segundo paso - Distribuya los bloques en las fincas.	17
Tercer paso - Recoja los datos.	20
Cuarto paso - Analice los datos.	20
Apéndice.	30

INTRODUCCION

En la Parte I de esta guía discutimos el propósito y los principios de los ensayos extensivos en las fincas. Dijimos que cuando usted está interesado en la aplicabilidad regional de una práctica agrícola, necesita ejecutar ensayos en las fincas como fase subsiguiente a los ensayos en la estación experimental. Asimismo, diferenciamos dos clases de ensayos extensivos: los ensayos de resultado y los experimentos en las fincas. El ensayo de resultado, el cual se discutió en la parte II, ayuda al técnico y a la comunidad a averiguar cómo se comporta, en las condiciones de las fincas, una práctica mejorada.

El ensayo de resultado no satisface todas las pruebas de aplicabilidad necesarias pues en él se incluye una sola práctica y se verifica con el propósito de comprobar el beneficio de esta práctica sola.

Sin embargo, el técnico tiene con frecuencia un problema más complicado: el de ignorar cual, entre varias prácticas, es la mejor bajo condiciones de campo. Para averiguar esto, tiene que llevar a cabo experimentos en las fincas; la forma como puede hacer esto, es el tema de la Parte III de esta guía.

La conducción de experimentos en las fincas requiere gran cuidado tanto en el planeamiento como en la ejecución. Al diseñar experimentos en las fincas, además de las técnicas usuales de un buen diseño experimental, tiene usted que observar dos condiciones:

1. Mantenga el número de parcelas en cualquiera de las fincas en un mínimum, de manera que ninguna de éstas esté sobrecargada con parcelas.
2. Distribuya el ensayo sobre un número suficiente de fincas, para que los resultados sean representativos de la región.

Para indicar cómo puede cumplirse la primera de esas condiciones damos en esta parte de la guía algunos diseños, los cuales permiten que las parcelas por finca sean menores en número que las prácticas bajo comparación. La mayoría de estos diseños se han adaptado de los que aparecen en el libro Experimental Designs por Cochran y Cox 1/

Para ayudarle a diseñar un experimento en la finca hemos delineado el procedimiento paso a paso. El primer paso le ayuda a seleccionar un plan apropiado. Luego se da un método aproximado pero sencillo para determinar cuántas fincas deben participar en el ensayo. En seguida, se explica un sistema para seleccionar un plan, cuando hay varios entre los cuales escoger. Finalmente, se describe el procedimiento de campo.

1/ William G. Cochran y Gertrude M. Cox. Experimental Designs. John Wiley and Sons, Inc., Nueva York, 1950.

Antes de comenzar a usar esta parte de la guía, lea la primera parte, en la cual se presentan los principios de los ensayos extensivos.

EXPERIMENTOS EN LAS FINCAS O EXPERIMENTOS EN LAS ESTACIONES EXPERIMENTALES?

Es probable que un experimento en fincas sea más costoso que un experimento en la estación experimental, aunque el costo pueda reducirse parcialmente distribuyendo el trabajo entre un mayor número de personas. Además, un experimento es más difícil de manejar en varias fincas dispersas que en una sola estación experimental. Así pues, antes de comenzar un experimento en fincas usted debe estar seguro que éste es el mejor modo de enfocar el problema.

Recuerde siempre esta regla sencilla como punto de partida para decidir qué tipo de experimentos se necesita:

Quando usted ignora si las prácticas bajo ensayo son efectivas, verifique el experimento en una estación experimental (o solamente en uno o dos sitios); cuando usted está seguro de que las prácticas son efectivas pero ignora su aplicabilidad regional, lleve a cabo el experimento en las fincas.

En la parte I de esta guía se presenta en forma más detallada la idea de la aplicabilidad regional.

QUE SE ENTIENDE POR DISEÑO?

Examinemos cuál es el significado de la palabra "diseño". Qué es lo que usted trata de llevar a cabo? Después de todo, usted puede preguntarse, qué más necesitamos hacer además de ejecutar los tratamientos en cada finca?

En algunos casos todo el problema envuelto en el diseño es simplemente el de comparar diferentes prácticas en varias fincas. Sin embargo, a menudo este sencillo procedimiento no es práctico. Por ejemplo, qué ocurriría si usted quisiera comparar 8 tratamientos? Teniendo en cuenta la dificultad de llevar a cabo experimentos comparativos en las fincas, usted puede desear no establecer un número tan alto de parcelas en una sola finca. Puede resolver esta dificultad seleccionando un plan que, por ejemplo, le permita comparar 8 tratamientos sin tener más que dos parcelas en una sola finca. En el Apéndice, el cual comienza en la página 20, se dan varios planes que usted puede usar cuando desea comparar más tratamientos de los que puede establecer en una sola finca.

Los biometristas también han desarrollado planes que ayudan a aumentar la precisión del ensayo. Usando estos planes usted puede disminuir el número de replicaciones, o de repeticiones, y por lo tanto reducir también el costo del ensayo extensivo.

Pero "diseño" significa más que la simple selección de un plan. Significa también determinar el número de fincas necesarias para el ensayo y el número de replicaciones que deben usarse. Pues de todos modos, usted tiene

que tener replicaciones de fincas si quiere lograr una representación adecuada de las fincas de la zona, y una medida de la consistencia de los resultados en la región.

SELECCION DE UN PLAN

La mayoría de los planes que se presentan en esta publicación son apropiados para comparar 10 tratamientos o menos. Los planes para un número mayor de tratamientos se utilizan en la comparación de variedades de una planta, o en la comparación de factores endiferentes combinaciones y a diferentes niveles, tales como nitrógeno, fósforo y potasio en diferentes combinaciones y cantidades. La mayoría de los planes se limitan también a unas pocas parcelas --cuatro o menos-- en una finca. Todos los planes son para aplicarse sin repetición en cualquier localidad.

Si usted desea comparar más tratamientos o establecer más parcelas por finca que las incluidas en los planes de esta Guía, tendrá que consultar una fuente de información más amplia sobre diseño experimental, tal como el libro de Cochran y Cox 2/. Sin embargo, antes de hacer esto sería conveniente que usted reconsiderara sus objetivos teniendo en cuenta que los ensayos extensivos se ejecutan con el objeto de determinar la aplicabilidad de prácticas cuya efectividad ya se conoce.

Las prácticas, en primer lugar, deberían seleccionarse cuidadosamente para eliminar aquellas que claramente se ve que no valen la pena. Si usted tiene un gran número de prácticas para ensayar, posiblemente la selección no ha sido adecuada. Entonces, sería mejor no llevar a cabo un ensayo extensivo, sino más bien comenzar con un experimento de selección en una o dos localidades, probablemente en una estación experimental, usando un diseño convencional. Este ensayo investigativo le permitirá eliminar aquellos tratamientos inefectivos, poco prácticos, o definitivamente inferiores. Después usted estará en condiciones de llevar a cabo el ensayo extensivo, usando únicamente prácticas que prometen ser efectivas y para las cuales, en la región de trabajo, usted necesita información sobre su aplicabilidad relativa.

Todos los planes que aquí se dan requieren solamente unas pocas parcelas en cada finca. Generalmente, no es aconsejable tener un gran número de parcelas en una sola finca porque es demasiado peligroso que el técnico y el agricultor cooperador confundan las parcelas. Si usted está pensando en un gran número de parcelas en cada finca, reconsidere la idea. Cuando esté llevando a cabo ensayos cooperativos, evite el verse envuelto en un estudio complicado.

El tener un gran número de parcelas en una sola finca ofrece otra desventaja: contribuye a concentrar el ensayo en muy pocos sitios. Como el objetivo principal de un ensayo extensivo es el de obtener una respuesta representativa para una región, es mejor tener pocas parcelas por finca y aumentar el número de fincas, en lugar de tener muchas parcelas en unas pocas fincas.

2/ Op. Cit.

**PRIMER PASO
DECIDA SOBRE EL NUMERO DE TRATAMIENTOS**

Los tratamientos son las diferentes prácticas que usted está ensayando: la palabra "tratamientos" se aplica al terreno o cultivo, o a diferentes variedades de un solo cultivo.

Con frecuencia, se persigue el propósito de comparar prácticas mejoradas con una práctica común y corriente. La práctica corriente se llama el testigo, o control, y se considera como uno de los tratamientos. Así, si usted desea ensayar cuatro nuevas variedades de trigo en comparación con la variedad nativa, tendrá un total de 5 tratamientos. Algunas veces el testigo no es realmente la misma práctica en todas las fincas: el trigo nativo por ejemplo, puede comprender tantas variedades diferentes como fincas haya. No es necesario tener exactamente la misma variedad como control en todas las fincas, pues el propósito del ensayo es comparar prácticas nuevas con una práctica común, cualquiera que ella sea.

**SEGUNDO PASO
CLASIFIQUE EL EXPERIMENTO**

En el cuadro 1 se da una lista de diferentes planes entre los cuales usted seleccionará el que mejor se adapte al ensayo que intenta verificar. Para facilitar su escogencia, clasifique, en primer lugar, el experimento en uno de los tres tipos siguientes:

Tipo I

Los experimentos se incluyen en el Tipo I cuando comprenden 10 o menos tratamientos; los tratamientos no podrán ser combinaciones de factores a diferentes niveles. Por ejemplo, usted puede comparar varios insecticidas diferentes. Cada insecticida es un tratamiento, y el testigo es un tratamiento más. En este caso, el propósito del experimento es el de comparar varios insecticidas diferentes con el testigo, y determinar cuál insecticida da los mejores resultados; el experimento es sencillamente una comparación entre varios factores separados.

Tipo II

Los experimentos se incluyen en el Tipo II cuando comprenden más de 10 tratamientos; como en el Tipo I, ellos no deben ser combinaciones de factores a diferentes niveles. Tales ensayos se utilizan con mayor frecuencia en la comparación de variedades de la misma planta. Como regla general usted no deseará comparar un número muy grande de variedades en un ensayo extensivo. Generalmente, usted puede eliminar las variedades no adaptadas, por medio de un ensayo investigativo en la estación experimental. Sin embargo, ocasionalmente usted puede tener más de 10 variedades para comparar. Con un número tan grande de variedades, usted ensayará solamente unas pocas en cada una de las localidades y así no tendrá demasiadas parcelas en cada finca.

Tipo III

Los experimentos se incluyen en el Tipo III cuando los tratamientos son combinaciones de factores a diferentes niveles. Un ejemplo es el de un ensayo con fertilizantes en el cual se van a determinar los efectos del nitrógeno, el fósforo y el potasio solos y en diferentes combinaciones. Los factores son los elementos fertilizantes individuales; los niveles son las cantidades o proporciones que de ellos se usan.

Cuando un elemento fertilizante se usa en dos proporciones tales como: con y sin, o cantidades altas y bajas, decimos que el factor está a dos niveles. Si comparamos dos proporciones diferentes de un fertilizante además de ningún fertilizante, decimos que el factor está a tres niveles. A menudo, no es aconsejable comparar más de tres niveles (los planes que aquí se dan son apropiados para comparar hasta cuatro factores a dos niveles). Si usted compara las cantidades mínimas, promedias y máximas de fertilizantes que en la práctica puedan aplicarse, podrá trazar una curva con los resultados y en esa forma obtener una idea aproximada del nivel más económico.

Aunque la determinación del nivel económicamente óptimo de varias combinaciones de fertilizantes es un problema, no es necesario limitar los experimentos del Tipo III a la comparación de fertilizantes. Uno de los factores podría ser una práctica tal como la aplicación de un abono verde o de un insecticida.

Cada uno de los planes del Tipo III que se incluyen en el Cuadro 1, comparan un número igual de niveles para todos los factores. Algunos factores se comparan a dos niveles; algunos a tres; uno a cuatro. Si usted desea comparar un número desigual de niveles en el mismo experimento, necesita usar diseños más complicados; consulte los capítulos 5 y 6 de Cochran y Cox 3/

TERCER PASO DECIDA SOBRE EL NUMERO DE PARCELAS EN CADA FINCA

Generalmente, usted deseará tener tan sólo unas pocas parcelas en cada finca. Al decidir sobre el número considere el tiempo disponible de cada técnico de campo que intervenga en el ensayo y el terreno disponible en las fincas cooperadoras. Aquí se presentan planes que permiten establecer hasta una y dos parcelas por finca.

El número y tipo de los tratamientos limita algunas veces el número de parcelas por finca. Para ensayos del Tipo I aquí se dan planes que le permiten a usted tener hasta cuatro parcelas en una finca con casi cualquier número de tratamientos, entre 2 y 10.

CUARTO PASO SELECCIONE EL PLAN APROPIADO

Usted está ahora listo para consultar el Cuadro 1 para seleccionar el plan apropiado. En la columna denominada "Plan que debe usarse" encontrará 8
3/ Op. cit.

series, las cuales se distinguen con las letras A a H. Las características generales de cada serie son las siguientes:

- A. Cada tratamiento está en una finca diferente, y sólo hay una parcela por finca.
- B. Todos los tratamientos están en cada finca.
- C. Cada tratamiento está en una finca diferente, como en la serie A; pero cada finca tiene también una parcela testigo, habiendo por lo tanto dos parcelas por finca.
- D. Hay dos tratamientos en cada finca, pero hay tres ó más tratamientos en total.
- E. Hay tres tratamientos en cada finca, pero hay cuatro o más tratamientos en total.
- F. Hay cuatro tratamientos en cada finca, pero hay cinco o más tratamientos en total.
- G. Hay un gran número de tratamientos o variedades (de 16 a 36).
- H. Los tratamientos son factoriales; o sea, que se aplican dos o más factores en combinación a diferentes niveles.

Supongamos que usted desea comparar tres tratamientos separados y ha decidido establecer una parcela en cada finca: tales especificaciones lo llevarán a usted a seleccionar el Plan A en la tercera columna del Cuadro 1. En la página 31 se muestra el diseño detallado de una sola repetición de este plan. Si en cambio usted desea comparar cuatro tratamientos separados y ha decidido establecer tres parcelas en cada finca deberá utilizar el plan E-1; el diseño se presenta en la página 41.

Ocasionalmente, usted encontrará que puede escoger entre varios planes. Por ejemplo, con cuatro tratamientos y dos parcelas en cada finca, hay dos posibilidades: el plan C y el plan D-2. En las páginas 15-16 y 24 explicaremos cómo escoger entre diferentes planes cuando existen varias posibilidades.

Supongamos que su ensayo comprende un gran número de tratamientos separados y que por lo tanto está incluido en el Tipo II. Los planes que aquí se dan para ese tipo de ensayo cubren un número de tratamientos entre 16 y 36. Si el número de tratamientos que usted desea no está incluido en la lista, usted puede seguir una de las dos alternativas siguientes: la primera consiste en repetir algunos de los tratamientos para completar un número total que encaje en uno de los diseños que aquí se presentan. Por ejemplo, si usted va a comparar 23 variedades, puede repetir dos, para completar 25, y luego usar el plan G-2. La segunda alternativa es la de consultar el libro sobre diseño experimental de Cochran y Cox ^{4/}, en el cual se presenta un número mayor de planes. Sin embargo la mayoría de estos planes son más complicados.

Pero supongamos que su ensayo comprende combinaciones de factores a diferentes niveles y por lo tanto queda incluido en el Tipo III. En este caso, las especificaciones se hacen un poco más complejas pues en lugar de especificar únicamente el número de tratamientos, usted tiene que especificar tanto el número de factores bajo comparación como el número de niveles.

Por ejemplo, si usted está comparando el nitrógeno, el fósforo y el potasio, tiene tres factores; y si está comparando únicamente la ausencia o presencia de cada elemento, tiene dos niveles. Con 3 factores a 2 niveles usted tendrá 8 combinaciones o tratamientos posibles ("1" significa o quiere decir ausencia del elemento o el más bajo nivel; "2" quiere decir presencia del elemento o el nivel más alto):

- | | |
|---|---|
| 1. N ₁ P ₁ K ₁ | 5. N ₁ P ₁ K ₂ |
| 2. N ₂ P ₁ K ₁ | 6. N ₂ P ₁ K ₂ |
| 3. N ₁ P ₂ K ₁ | 7. N ₁ P ₂ K ₂ |
| 4. N ₂ P ₂ K ₁ | 8. N ₂ P ₂ K ₂ |

Existen uno o más planes posibles para cada combinación de factores y niveles, de acuerdo con el número de parcelas en cada finca. Con 3 factores a 2 niveles, existe un plan para 4 parcelas por finca (H-6 en la página 62) y otro para 8 parcelas por finca (H-7 en la página 63). Si es indiferente el tener 4 u 8 parcelas por finca usted puede consultar el QUINTO PASO de la sección siguiente de este folleto (páginas 15).

Si desea obtener planes para un número mayor de factores o para factores a diferentes niveles, puede encontrar sugerencias en el libro de Cochran y Cox 5/. Sin embargo, procure evitar los ensayos que incluyan un gran número de variables y un diseño complicado. En los ensayos extensivos es posible resolver los problemas, con diseños relativamente sencillos.

COMO DECIDIR SOBRE EL NUMERO DE FINCAS

Los cuatro pasos que usted ha dado hasta aquí, lo han llevado a uno o más planes posibles para el experimento. Ahora, usted tiene que responder la siguiente pregunta: cuántas fincas deben incluirse en el experimento? Es decir, cuántas repeticiones del plan se necesitan para lograr un ensayo apropiado en una región? Siguiendo los cuatro pasos que se dan en esta sección del folleto estará usted en capacidad de determinar el número de fincas y repeticiones necesarias. Si existen varios planes posibles, usted tiene que escoger uno entre ellos; el paso quinto le explica cómo hacerlo.

**PRIMER PASO
CALCULE LA DIFERENCIA MINIMA**

La decisión que tiene que tomarse ahora es la siguiente: qué tan

pequeño puede ser un mejoramiento producido por un tratamiento para que todavía valga la pena?; en otras palabras: cuál es la mínima diferencia que usted desea comparar? A primera vista esta decisión parece difícil, pero realmente es muy sencilla de tomar en cualquier experimento que persiga un objetivo práctico.

Fácilmente se ve por qué debe tomarse tal decisión: entre más pequeño sea el efecto, es mayor el número de repeticiones necesarias. Si usted está trabajando con una práctica que aumenta la cosecha en una forma espectacular, puede necesitar tan solo un ensayo extensivo pequeño. Pero si la práctica solamente produce un efecto pequeño, necesitará un ensayo mucho más cuidadoso. Afortunadamente, la mayoría de los ensayos extensivos se ejecutan con prácticas que producen grandes beneficios o aumentos grandes en producción.

Para determinar la mínima diferencia que va a compararse puede usarse uno de los dos métodos siguientes: el primero se basa en el costo de la aplicación de la práctica; el otro en el esfuerzo necesario para ejecutar la práctica.

Con base en el costo

Supongamos que usted va a llevar a cabo un ensayo extensivo para determinar si es benéfico aplicar fertilizantes y ha seleccionado un nivel de aplicación de 300 libras por acre. Si el precio de los fertilizantes es de \$55.00 por tonelada, el costo de la práctica sería aproximadamente de \$8.00 por acre para los fertilizantes y tal vez \$2.00 más para su aplicación o sea un total de \$10.00 por acre. Si se está ensayando con maíz, con un precio de \$2.00 por bushel, el agricultor tendría que obtener un aumento en producción de 5 bushels por acre para pagar el costo de la práctica. Si la producción promedio de maíz sin fertilizantes es de .30 bushels por acre, se necesitaría un aumento mínimo de $1/6$, o sea aproximadamente el 16%. Para que el agricultor obtuviera ganancia con la práctica se necesitaría un aumento mayor. Es decir usted tendría que fijar la diferencia mínima a un nivel un poco superior al 16%, tal vez en el 20%.

Se usa un método similar cuando se comparan factores a diferentes niveles, es decir, cuando se hacen ensayos del Tipo III. Continuando el ejemplo, supongamos que usted desea comparar tres niveles de fertilizantes: 0, 150 y 300 libras por acre. Cada nivel en 150 libras más alto que el nivel precedente y supongamos que 150 libras, con el trabajo de aplicarlas, cuestan \$5.00. Haciendo los mismos cálculos del párrafo anterior usted encontrará que los costos se pagarían con un aumento del 8%; de modo que la mínima diferencia que usted estará interesado en comparar será un poco mayor del 8%.

Con base en el esfuerzo necesario

El método basado en el costo, algunas veces es poco práctico o da resultados irreales que tienen que ser ajustados. El aumento mínimo necesario para obtener ganancia usando el método de costos --digamos el 5% para una determinada práctica-- puede ser demasiado pequeño para compensar los esfuerzos

que el agricultor tendría que hacer para verificar el cambio. Usted tendría entonces que decidir que, al menos que la práctica produzca digamos un 20% de beneficio, no cuenta con bases prometedoras para un programa de extensión.

Es decir, tendría que decidir sobre la diferencia mínima en forma bastante subjetiva. La decisión puede inclusive estar influenciada por la política que siga el programa. Pueden proponerse muchos ensayos extensivos entre los cuales escoger; sin embargo, puede que la organización en que usted trabaja no tenga facilidades sino para incorporar algunas de las prácticas en su programa técnico. Si tal cosa ocurre, no serán de mucho interés las prácticas que producen tan solo un beneficio pequeño. Naturalmente, no vale la pena tener en cuenta aquellas prácticas que no se esperan que produzcan la diferencia mínima.

SEGUNDO PASO CALCULE EL ERROR

Cuando usted ejecuta una práctica en diferentes sitios, no obtiene siempre el mismo resultado. Algunas veces la práctica es buena, otras no. Esta variación en diferentes sitios, al azar, accidental, o inexplicable, se denomina el error del ensayo. Después de completar el ensayo, encontrará usted el error real y lo usará para establecer los límites de seguridad en las recomendaciones a los agricultores. Pero antes de comenzar el ensayo, usted tiene que hacer una "adivinación racional" o cálculo sobre la magnitud del error. Necesita hacer esto porque entre mayor es el error es mayor el número de repeticiones que usted necesita para lograr precisión en los resultados.

Vamos a describir un método sencillo y aproximado para calcular el error. Se basa en el conocimiento que usted tiene del área y en la clase de práctica que se está ensayando. Existen métodos más avanzados en los cuales se usan datos reales obtenidos en encuestas previas o en ensayos investigativos y se utilizan cálculos estadísticos ejecutados por una máquina calculadora. Estos métodos son más exactos. Si usted no se siente satisfecho con el método que se explica en este capítulo, posiblemente desearía usar métodos más exactos. Ellos se presentan en la Parte IV de esta guía.

Para determinar el error del ensayo, usted tiene que adivinar un poco sobre los tres factores de variabilidad:

1. Variabilidad de parcelas: en qué proporción varía la producción de parcelas adyacentes en la misma finca?
2. Variabilidad de localización: en qué proporción varía la producción de distintas fincas en la misma región?
3. Variabilidad de tratamiento: en qué proporción varía de finca a finca el beneficio de un tratamiento nuevo?

Si usted pretende utilizar el Plan A, necesitará hacer predicciones so
bre todos los tres factores. Para los Planes de B a H, puede omitir la varia
bilidad de localización.

Calcule la variabilidad de parcelas

Considere dos parcelas del cultivo bajo estudio, localizadas una junto
a otra y tratadas del mismo modo. Algunas veces las dos parcelas producirán
la misma cosecha, pero con mayor frecuencia su producción será distinta. Aho
ra responda la siguiente pregunta: "Cuál es la diferencia máxima en producción
que puede obtenerse en estas dos parcelas"? Note usted que deseamos saber la
diferencia máxima y no la diferencia usual.

Note que la respuesta no necesita datos reales; puede hacerse por sim-
ple cálculo. Sería conveniente discutir su cálculo con varios de los técnicos
con quienes usted trabaja; inclusive ellos pueden ayudarle a hacerlo.

Como ejemplo, supongamos que el ensayo se va a llevar a cabo en parce-
las de maíz de un cuarto de acre. Supongamos también que la producción prom
edia de maíz en el área es de 30 bushels por acre. El interrogante es el si-
guiente: "Si dos parcelas adyacentes y tratadas en forma similar dieron esta
producción en promedio, cuál podrá ser la diferencia extrema o máxima que pue
de anticiparse entre las producciones de esas parcelas?" Usted debe responder
esta pregunta, tal vez después de consultar con varias personas competentes.
Puede llegar a la conclusión de que dos parcelas adyacentes de un cuarto de
acre cada una, con producción promedio de 30 bushels por acre pueden, en el
caso más extremo, tener una diferencia de 20 bushels por acre o sea que una
puede producir 40 bushels y la otra 20. Este es su cálculo de la diferencia
máxima.

Después de calcular la diferencia máxima, usted obtiene el valor de
la variabilidad de parcelas dividiendo la diferencia máxima por 6. 6/

$$\text{Variabilidad de parcelas} = \frac{\text{Diferencia máxima}}{6}$$

$$= \frac{20}{6}$$

$$= 3\text{-}1/3 \text{ bushel.}$$

Un sistema ligeramente diferente de verificar el mismo cálculo es el
de considerar la diferencia promedia, en lugar de la máxima. Usted puede en
sayar este procedimiento como un control de lo razonable que haya resultado
el cálculo utilizando el primer procedimiento. Ahora usted se formula el in
terrogante en esta forma: "Si dos parcelas adyacentes tomadas en conjunto
tienen una producción media de 30 bushels por acre, cuál será la diferencia
en promedio de la producción individual de las dos parcelas"?

Es claro que dos parcelas adyacentes pueden producir cosechas muy similares o bastante diferentes. Pero después de reflexionar sobre la pregunta y discutir el asunto con otros técnicos puede usted decidir que, en promedio, dos parcelas adyacentes pueden diferir en 5 bushels. La variabilidad de parcelas se obtiene en este caso dividiendo esta diferencia por 1.4: 7/

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad de parcelas} &= \frac{\text{Diferencia promedio}}{1.4} \\ &= \frac{5}{1.4} \\ &= 3.6 \text{ bushels}\end{aligned}$$

Utilizando los dos procedimientos usted podría decidirse por una variabilidad de parcela de 3.5 bushels. Luego, este valor se expresa en porcentaje de la cosecha promedio, que es de 30 bushels por acre:

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad de parcela} &= \frac{3.5 \times 100}{30} \\ &= 12\%\end{aligned}$$

Calcule la variabilidad de localización

Si usted está trabajando con los planes B a H puede omitir la lectura de esta sección. Tan solo para los ensayos del Plan A es necesario determinar la variabilidad de localización.

La variabilidad de localización, es simplemente la variabilidad en producción entre fincas que se manejan con métodos agrícolas comunes, es decir, las diferencias en producción que obtienen los diferentes agricultores en la región. La variabilidad de localización combina las diferencias debidas a clima, fertilidad del suelo y prácticas de cultivo.

Para determinar la variabilidad de localización se usa un método muy parecido al que se utiliza para la variabilidad de parcelas: usted confía en su propia experiencia y en el criterio de otros técnicos competentes o agricultores en la zona. Responda esta pregunta: "Cuál es la producción más alta y la más baja por hectárea que los agricultores obtienen en este cultivo y en la región en donde va a llevarse a cabo el ensayo"? Tenga en cuenta nuevamente que deseamos saber la diferencia máxima.

Supongamos por ejemplo, que el ensayo va a llevarse a cabo con maíz; que su cálculo de las cosechas más altas y más bajas es de 100 y 10 bushels por acre, respectivamente, y que la producción promedio es de 30 bushels por acre. La variabilidad de localización se obtiene sencillamente dividiendo

7/ Ibid. p. 49

esta diferencia máxima por 6: $\frac{3}{6}$

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad de localización} &= \frac{\text{Diferencia máxima}}{6} \\ &= \frac{100 - 10}{6} \\ &= 15 \text{ bushels}\end{aligned}$$

Convierta ahora este valor en un porcentaje dividiéndolo por 100 y multiplicándolo por el promedio:

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad de localización} &= \frac{15 \times 100}{30} \\ &= 50\%\end{aligned}$$

Calcule la variabilidad de tratamiento

Una práctica puede ser más benéfica en algunos lugares que en otros. En ocasiones producirá un efecto muy grande, y algunas veces el efecto será pequeño o nulo. Responda la siguiente pregunta: "Teniendo en cuenta que un tratamiento no producirá siempre el mismo efecto, cuál será el mayor y el menor efecto que pueden esperarse"?

Si los aumentos de producción ocasionados por el tratamiento fueron exactamente iguales en todos los sitios en donde este se aplica, la variabilidad de tratamiento sería cero. Sin embargo, un resultado de tal clase es muy poco común. Con mayor frecuencia, los resultados tendrán alguna inconsistencia en las diferentes localidades. La decisión que usted tiene que tomar es la siguiente: Cuál es la inconsistencia probable de los resultados?

Sin duda usted tendrá una idea más o menos aproximada de cuál será el efecto promedio del tratamiento; supongamos que usted anticipa un aumento promedio en producción del 50%. Naturalmente ocurrirá alguna variación pues no puede esperarse que se encuentre en todas las localidades este mismo aumento. En algunos sitios el tratamiento producirá excelentes resultados, en otros los resultados no serán tan buenos.

Usted puede estar bastante seguro, por ejemplo, de que en ningún sitio el tratamiento producirá un aumento mayor del 100 por 100. El límite inferior será el aumento más bajo que usted anticipa, tal vez un 20%. Es posible también que usted espere que en algunos casos no ocurran aumentos en producción. Entonces, el efecto más bajo del tratamiento será cero.

En esta forma usted obtiene dos valores extremos: los aumentos mayores y menores en producción por efecto del tratamiento que puede pronosticar. La diferencia entre estos dos valores extremos dividida por 6, da la variabilidad de tratamiento:

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad de tratamiento} &= \frac{\text{Diferencia máxima}}{6} \\ &= \frac{100 - 0}{6} \\ &= 17\%\end{aligned}$$

El mismo cálculo puede hacerse en valores absolutos en lugar de porcentaje. En este caso, usted comienza por hacer cálculos como los que a continuación se dan como ejemplo:

Producción promedio de la parcela control.....30 bushels por acre.
 Aumento promedio en producción debido al tratamiento.....20 bushels por acre.
 Aumento máximo en producción debido al tratamiento.....30 bushels por acre.
 Aumento mínimo en producción debido al tratamiento..... 0 bushel por acre.

La variabilidad de tratamiento se computa en la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de tratamiento} &= \frac{\text{Producción máxima} - \text{Producción mínima}}{6} \\ &= \frac{60 - 30}{6} \\ &= 5 \text{ bushels} \end{aligned}$$

Para obtener la variabilidad de tratamiento en porcentaje, se multiplica este valor por 100 y se divide por la producción promedio sin tratamiento:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de tratamiento} &= \frac{5 \times 100}{30} \\ &= 17\% \end{aligned}$$

Cuando usted esté comparando varios tratamientos en un ensayo extensivo, calcule la variabilidad de tratamiento para el o los tratamientos bajo estudio, en el momento de calcular la diferencia mínima (página 7).

Combine las variabilidades calculadas

Después de que usted ha calculado los tres factores de variabilidad, es cuestión de simple aritmética unirlos para obtener el error del ensayo extensivo. Sencillamente, eleve al cuadrado las variabilidades, sume los cuadrados y luego extraiga la raíz cuadrada a esta suma. Para el Plan A se usan las tres variabilidades:

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 1. Variabilidad de parcelas | = 12%; cuadrado = 144 |
| 2. Variabilidad de localización | = 50%; cuadrado = 2500 |
| 3. Variabilidad de tratamiento | = 17%; cuadrado = 289 |
| Suma de los cuadrados | = 2933 |

Error del ensayo extensivo (raíz cuadrada de 2933).....54%

Para los planes B a H se usan tan solo la variabilidad de parcelas y la variabilidad de tratamientos:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| 1. Variabilidad de parcelas | = 12%; cuadrado = 144 |
|-----------------------------|-----------------------|

2. Variabilidad de tratamiento	= 17%; cuadrado = <u>289</u>
Suma de los cuadrados	= 433
Error del ensayo extensivo (raíz cuadrada de 433).....	21%

<p>TERCER PASO DETERMINE EL NUMERO DE REPETICIONES</p>
--

Después de que usted ha seleccionado un plan y ha calculado la diferencia mínima y el error, puede determinar el número de repeticiones del plan, por medio de una sencilla operación aritmética. En el siguiente ejemplo puede usted observar como se hace esto:

Supongamos que usted ha escogido el Plan E-2 (página 42); es decir está usted comparando 5 tratamientos con 3 parcelas por finca. También ha hecho usted los siguientes cálculos:

Diferencia mínima que va a compararse.....	30%
Error.....	21%

Divida ahora la diferencia por el error:

$$\frac{30}{21} = 1.43$$

Busque en la primera columna del cuadro 2, ^{9/} el número que más se aproxime a 1.43 (1.25 y 1.50). Al frente de ese número y en la otra columna se halla el número de repeticiones necesarias. Se necesitan cerca de 12 repeticiones para todo el ensayo.

Por último, mire la descripción del Plan E-2 (página 42) y hallará que cada repetición tiene 6 repeticiones. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Número de veces que debe repetirse el plan} &= \frac{\text{Número de repeticiones necesarias para el ensayo}}{\text{Número de repeticiones en cada repetición}} \\ &= \frac{12}{6} \\ &= 2 \end{aligned}$$

Ahora sabe usted que necesitará repetir dos veces el Plan E-2.

^{9/} Cochran and Cox, op. cit. Sec. 2.21.

Si examina el Plan G-1, usted notará que, lo mismo que otros en el Apéndice, permite varias ordenaciones para cada repetición. Si tiene que repetir el plan, use tantas ordenaciones como le sea posible. Es decir, si necesita dos repeticiones, use una vez cada una de las ordenaciones 1 y 2 en lugar de usar 2 veces la ordenación 1.

CUARTO PASO
DETERMINE EL NUMERO DE FINCAS

Supongamos nuevamente que está usando el Plan E-2 y ha determinado que necesita 2 repeticiones. Como se indica en la página 42, una repetición exige 10 fincas; por lo tanto necesitará un total de 20 fincas.

QUINTO PASO
ESCOJA ENTRE VARIOS PLANES

Ahora, veamos cómo seleccionar un plan cuando se encuentran varios en el Cuadro 1, para un determinado número de tratamientos. Por ejemplo, puede usted desear hacer la comparación entre siete tratamientos, pero está indeciso en cuanto al número de parcelas por finca. El Cuadro 1 le ofrece 5 planes posibles para siete tratamientos: A, una parcela por finca; C, dos parcelas; D-5, también dos parcelas; E-4, tres parcelas; y F-3, cuatro parcelas.

Cuál de estos diseños debería usarse? Comience por resumir, en forma tabular, los pasos 1 a 4 de esta sección para los varios diseños posibles. En el Cuadro 3 se presenta tal resumen para el ejemplo que estamos considerando.

En la parte superior del Cuadro se da una lista de las especificaciones para el diseño o sea: 7 tratamientos y 1, 2, 3 ó 4 parcelas por finca. La diferencia mínima que va a compararse se ha determinado, mediante el PRIMER PASO de esta sección, en un 30%. El error, determinado por el SEGUNDO PASO, es de 54% para el Plan A y de 21% para los Planes B a H.

Usted está ahora en capacidad de llenar las 10 columnas del Cuadro. Copie en la columna 1 el número posible de planes que se encuentran en el Cuadro 1 y ponga en la columna 2 la lista del número de parcelas por finca que exige cada plan. En la columna 3 coloque la lista de la relación entre la diferencia y el error, o sea: para el Plan A, $30/54 = 0.56$; para los otros planes $30/21 = 1.43$. Ponga en la columna 4 el número de replicaciones necesarias tomadas del Cuadro 2, la cual indica 68 replicaciones para una relación entre la diferencia y el error de 0.56 y 12 para una relación de 1.43. En la columna 5 escriba el número de replicaciones en cada plan. En la columna 6 el número de repeticiones necesarias, las cuales se obtienen dividiendo las cifras de la columna 4 por las cifras correspondientes de la columna 5. Los valores de las columnas 7 y 8 los obtendrá del Apéndice. La

columna 9 que indica el número total de fincas necesarias para cada ensayo extensivo, se obtiene multiplicando la columna 6 por la 7. La columna 10, número total de parcelas en el ensayo, se obtiene multiplicando la columna 6 por la columna 8.

Las dos últimas columnas contienen la información necesaria para escoger entre los diseños posibles. Note que el número de fincas (columna 9) disminuye a medida que aumenta el número de parcelas por finca (columna 2). Con una parcela por finca (Plan A) usted necesitará 476 fincas; con 4 parcelas por finca (Plan F-3) necesitará tan solo 21.

Naturalmente, es mejor tener pocas parcelas por finca siempre y cuando que el número necesario de fincas no sea demasiado grande. Pero en este ejemplo, el Plan A exige un número excesivo de fincas. Es casi seguro que usted no podrá manejar un ensayo extensivo que necesita 476 fincas, de manera que el Plan A se eliminará.

Examine luego el Plan C que tiene 2 parcelas por finca. Exige 72 fincas, que son un número bastante grande. El Plan E-5 también tiene 2 parcelas por localidad, pero exige tan solo 42 fincas.

Una ventaja del Plan C es la de tener un tratamiento y un control en cada finca. Este hecho puede darle al ensayo un mayor valor demostrativo, pues el agricultor podrá ver más fácilmente el efecto de la nueva práctica. Sin embargo, para lograr este valor demostrativo adicional, tiene usted que usar 72 localidades en lugar de 42 o sea un 75% más.

Si se concluye que ambos planes exigen demasiado número de localidades, podrá pasarse al Plan E-4 que requiere 3 parcelas por finca y sólo 28 fincas. Finalmente el Plan F-3, con 4 parcelas por finca, reduce el número de localidades a 21. Los Planes E-4 y F-3 exigen el mismo número total de parcelas, 84, y usted escoge entre ellos con base en su preferencia por un menor número de fincas o un menor número de parcelas por finca. Podría decidir, por ejemplo, que 4 parcelas son demasiadas para cada localidad pero que 3 sería un número satisfactorio. Entonces se decidirá por el Plan E-3. Si usted piensa que las 7 fincas adicionales son una dificultad seria, se decidirá en favor del Plan E-4.

PROCEDIMIENTO DE CAMPO

<p>PRIMER PASO SELECCIONE LAS REGIONES Y LAS FINCAS</p>

Para diseñar un ensayo extensivo, tiene usted primero que decidir si es conveniente obtener resultados separados para regiones dentro del área en donde va a aplicarse la práctica. El punto se discute en la Parte II de esta Guía, en donde usted podrá orientarse sobre la forma de tomar una

decisión. Si decide obtener resultados separados para diferentes regiones, tiene que elaborar un diseño completo en cada región.

Al hacer el ensayo en más de una región, usted hallará que sus cálculos de la diferencia mínima o del error pueden variar entre las regiones. Si ello es así, determine en forma separada, el número de fincas para cada región.

En la parte II también se discutieron los métodos de seleccionar las fincas y de localizar las parcelas en cada una de aquellas.

SEGUNDO PASO DISTRIBUYA LOS BLOQUES EN LAS FINCAS
--

Observe usted que todos los planes que se dan en el Apéndice están dispuestos en bloques, con una o más parcelas en cada bloque. Cada bloque se establece en una finca diferente. La etapa siguiente de su trabajo es la de distribuir los bloques en las fincas.

En cada plan los bloques se enumeran consecutivamente. Usted tiene que reordenar los bloques pues si los distribuye en el orden dado en el plan, cada tratamiento tenderá a concentrarse en una sección de la región y los efectos no serán representativos de la región entera.

Hay dos esquemas para distribuir los bloques en las fincas. El esquema 1 ~~que~~ consiste en subdividir la región y establecer una repetición separada en cada subdivisión. 10/

Usted puede usar este esquema siempre y cuando que necesite repeticiones, y tan sólo con los siguientes planes:

D-4 a D-8
E-2, E-3, E-5, E-6
F-2 a F-6
G-1 a G-4
H-5, H-8 y H-9

Use el esquema 2 para todos los otros planes y para todos los planes cuando ellos no se repiten.

10/ El esquema 1 permite medir la variabilidad de las subdivisiones. La selección de los planes adecuados para este propósito se hace un tanto arbitrariamente. En general, se acepta el límite de 20 grados de libertad para el error cuando hay dos repeticiones. El Cuadro 6 indica que los grados de libertad para el error dependen del número de repeticiones. Pero algunos planes tendrán un gran número de grados de libertad para el error, aun con sólo 2 repeticiones; con tales planes se tiene una oportunidad de obtener mayor información sin ningún trabajo adicional. Sin embargo, para aquellos planes que no indican tener 20 grados de libertad en el error, no es aconsejable la subdivisión de la región y el Esquema 2 es el indicado.

Esquema 1

Para mostrar cómo se adapta un plan de manera que permita subdivisiones de la región, usaremos como ejemplo el Plan G-1 (página 53). Este plan exige 4 bloques por repetición y permite 5 ordenaciones posibles, cada una de las cuales se cuenta como una repetición.

Supongamos que usted ha decidido a través del procedimiento dado en la página 19, usar 4 ordenaciones repetidas dos veces. En esta forma se necesitan 32 fincas en total. Las ordenaciones y las repeticiones se distribuyen en diferentes subdivisiones de la región, pero cada conjunto de 4 bloques tiene que quedar en la misma subdivisión. En tal forma, usted tendrá 8 subdivisiones y 4 fincas por subdivisión. La Figura 1 indica cómo pueden hacerse las subdivisiones; en el ejemplo, se ha verificado en parte fisiográficamente, en parte políticamente y en parte por los distritos del servicio de extensión.

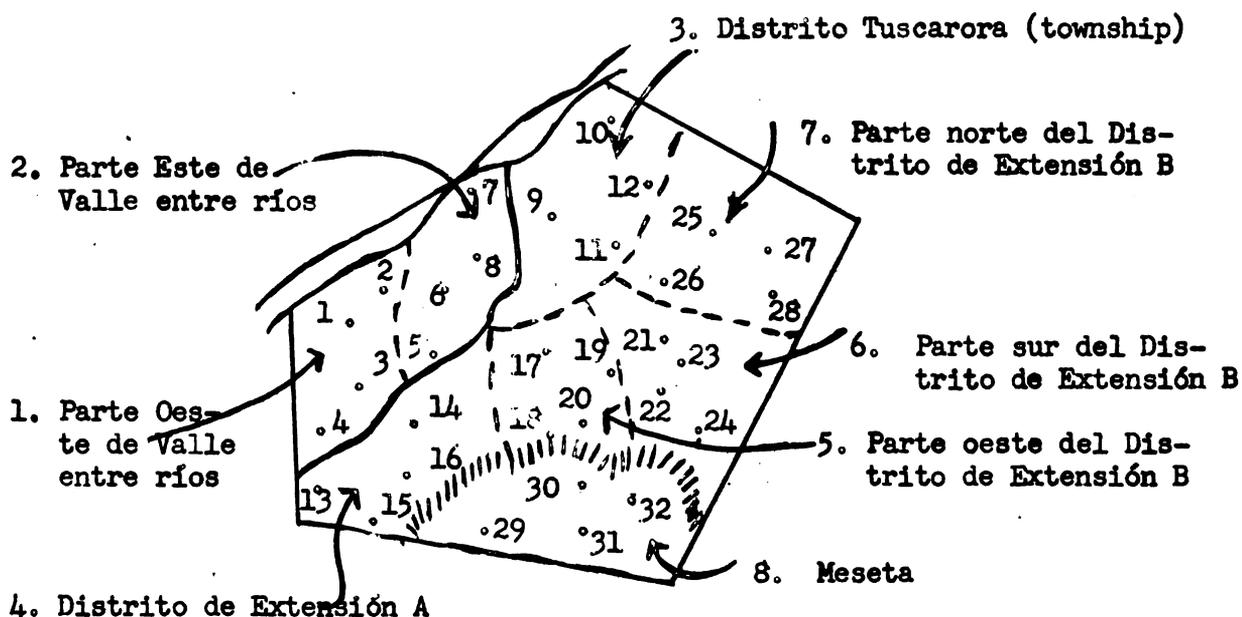


Figura 1. Numeración de las fincas para el Plan G-1 en una región experimental que ha sido dividida.

En el Cuadro 4 se da el resto del procedimiento. Las columnas para las subdivisiones, las fincas y las ordenaciones (cada una repetida dos veces) se presentan en orden consecutivo. Dentro de cada subdivisión los bloques se distribuyen al azar. Para aquellos planes que no permiten una escogencia de ordenaciones, se sustituye la columna de ordenación por una columna de repetición.

Esquema 2

Usted debe seguir el esquema que se presenta en la Figura 2 cuando esté usando uno de los planes en los cuales no es aconsejable la subdivisión, o cuando no esté repitiendo un plan. Para resaltar el contraste entre los dos esquemas, la Figura 2 se ha hecho para la misma área de la Figura 1. En este caso no se le presta ninguna atención a las subdivisiones. Las fincas se numeran consecutivamente en toda la región. Como es de suponer, el número corresponde aproximadamente al orden geográfico. En este caso estamos adaptando el Plan E-1 (página 41) a la región. Exige 3 parcelas en cada finca y 4 fincas para una sola repetición. Supongamos que usted ha decidido usar 8 repeticiones o sea un total de 32 fincas. En el Cuadro 5 se muestra la distribución de los tratamientos en las fincas; los bloques y las repeticiones se escriben en orden consecutivo, pero la lista de las fincas se elabora al azar.

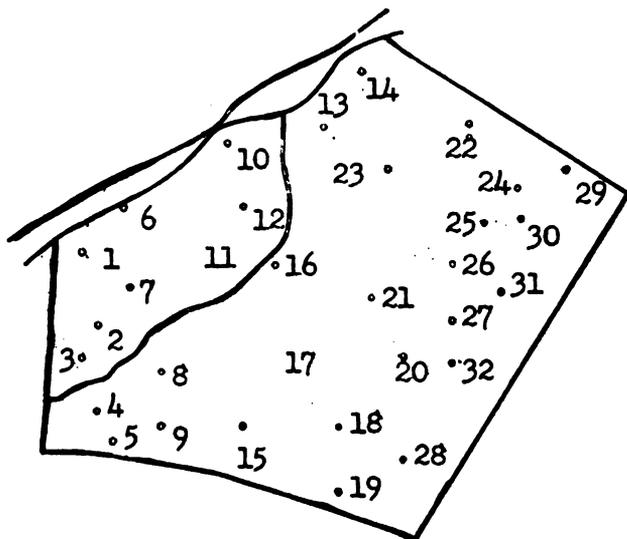


Figura 2. Numeración de las fincas para el Plan E-1 en una región experimental que no ha sido subdividida.

Después de que se han distribuido los bloques en las fincas será posible saber, al examinar el plan, cuáles tratamientos van en las parcelas de cada finca. Su próxima tarea es la de diseñar las parcelas y distribuir los tratamientos entre ellas. Al seleccionar las parcelas, a uno le gustaría escoger áreas que fueran exactamente iguales pero ello es imposible. No es posible encontrar grupos de parcelas exactamente iguales. Sin duda existirán diferencias en productividad entre ellas. Si usted trata de seleccionar parcelas de igual productividad tropezará con el mismo problema con el que se tropieza al tratar de seleccionar "fincas típicas".

El procedimiento más seguro y a la vez el más sencillo es el de distribuir los tratamientos al azar entre las parcelas. En esta forma existirá la seguridad de que los efectos de un tratamiento serán totalmente representativos de los resultados que los agricultores obtendrán al usar la práctica al azar en sus campos de labranza.

Usted tiene que tener mucho cuidado para no parcializar sus resultados. Si se ensaya una práctica en un terreno seleccionado por ser más fértil que el terreno en el cual se usaba la práctica antigua, el resultado del ensayo estará parcializado y puede ser muy favorable a la nueva práctica. No será por lo tanto una medida válida del efecto verdadero de la práctica. En cambio, el efecto será confuso o, como el biometrista dice, "confundido" con las diferencias naturales de fertilidad entre las dos parcelas seleccionadas en el terreno. Tal selección puede considerarse una buena idea con propósitos de demostración. Pero si el propósito en el trabajo es el de averiguar el efecto verdadero de la práctica con el objeto de guiarse correctamente en sus recomendaciones a los agricultores, es esencial que los efectos de los tratamientos no estén influenciados por las diferencias naturales en fertilidad del suelo. Si usted traza las parcelas y luego distribuye los tratamientos al azar entre ellas, estará a salvo de esta influencia.

**TERCER PASO
RECOJA LOS DATOS**

Los datos de cada cosecha se obtienen separadamente. Algunas veces usted tendrá la sensación de que los datos de producción no son representativos, especialmente cuando la nueva práctica no produzca tan buenas cosechas como la práctica testigo. Pero tenga cuidado en eliminar o "corregir" las producciones de las parcelas tan solo porque no corresponden a sus esperanzas. Recuerde que es inevitable alguna variabilidad; en realidad uno de los propósitos del ensayo extensivo es el de obtener una verdadera idea de la variabilidad en el efecto de la práctica. No elimine una parcela sino cuando usted esté seguro de que algo se hizo en forma rara durante el ensayo. Aun cuando tengan que eliminarse algunas parcelas, puede aun hacerse un análisis apropiado de los datos.

**CUARTO PASO
ANALICE LOS DATOS**

Analice los datos por los métodos estadísticos usuales. El análisis eliminará las diferencias entre fincas de manera que usted obtendrá un cálculo verdadero e imparcial del efecto de los tratamientos. El análisis también da los límites de seguridad es decir dirá cuánto puede esperarse que varíe el beneficio de cada tratamiento. Concluya su análisis con una declaración por el estilo de la siguiente:

"Como resultado del ensayo recomendamos la variedad A para esta región. Puede esperarse un aumento promedio del 50% en producción. Tres veces de cada cuatro, el aumento será por lo menos del 37%. Tan solo uno de cien agricultores puede esperar que no obtendrá aumento en la producción."

Tan solo un análisis estadístico completo permite hacer una declaración tan objetiva, precisa y concluyente. No es necesario repetir aquí los métodos, pues ellos están descritos ampliamente en muchos libros sobre métodos estadísticos. Para su conveniencia, nos referimos tan solo al libro por Cochran y Cox 11/. El Cuadro 6 será útil para el técnico que verificará el análisis estadístico. En cada plan se citan los grados de libertad que deben usarse en el análisis de la variancia, y una referencia exacta al libro de Cochran y Cox. Si los datos de un experimento en fincas se envían para su análisis a un biometrista consultor, debe incluirse la información pertinente de este Cuadro junto con una copia del plan.

Una advertencia final sobre el análisis estadístico: recuerde que en la mayoría de los planes no se compara un conjunto completo de tratamientos en todas las fincas. Por lo tanto, antes de que usted pueda hacer comparaciones, tiene que igualar los valores de los tratamientos para compensar las diferencias entre las fincas. No cometa el error de tomar los grados de libertad que se dan en el Cuadro 6 y proceder como si el ensayo estuviera simplemente diseñado en bloques al azar.

Cuadro 1. Clave para seleccionar el plan para un ensayo extensivo.

TIPO I						
10 tratamientos o menos						
Número de tratamien- tos	Número de parcelas en cada finca	Plan que debe usar- se	Número de tratamien- tos	Número de parcelas en cada finca	Plan que debe usar- se	
2	{ 1 2	A B				
3	{ 1 2 3	A { C D-1 B	7	{ 1 2 3 4	A { C D-5 E-4 F-3	
4	{ 1 2 3 4	A { C D-2 E-1 B	8	{ 1 2 4	A { C D-6 F-4	
5	{ 1 2 3 4	A { C D-3 E-2 F-1	9	{ 1 2 3 4	A { C D-7 E-5 F-5	
6	{ 1 2 3 4	A { C D-4 E-3 F-2	10	{ 1 2 3 4	A { C D-8 E-6 F-6	
TIPO II			TIPO III			
Más de 10 tratamientos			Combinación de factores a diferen- tes niveles			
Número de tratamien- tos	Número de parcelas en cada finca	Plan que debe usar- se	Número de		Número de parcelas en cada finca	Plan que debe usar- se
			Facto- res	Nive- les		
16	4	G-1		{ 2	{ 2	H-1
25	5	G-2	2	{ 3	{ 4	H-2
27	3	G-3		{ 4	{ 3	H-3
36	6	G-4			{ 9 4	H-4 H-5
			3	{ 2	{ 4	H-6
				{ 3	{ 8 9	H-7 H-8
			4	{ 2	{ 4	H-9
					{ 8	H-10

Cuadro 2. Número de replicaciones necesarias para ensayos extensivos, con base en la relación entre la diferencia mínima y el error.

Relación: diferencia dividida por el error	Número de replicaciones
10	3
7.5	3
5	4
4	4
3.5	4
3.0	5
2.5	6
2.0	8
1.75	9
1.50	12
1.25	16
1.00	23
.90	28
.80	35
.70	45
.60	60
.50	84

Cuadro 3. Ejemplo de un resumen hecho para ayudar en la escogencia entre varios planes posibles.

ESPECIFICACIONES

Número de tratamientos: 7 (1 es el testigo)
 Número de parcelas en cada localidad: 1, 2, 3, 6 y 4
 Diferencia mínima: 30%
 Error anticipado, Plan A: 54%
 Plan B a H: 21%

(1) Planes Posibles. (Cuadro 1)	(2) Parcelas en cada finca (Cuadro 1)	(3) Diferencia dividida por error	(4) Replicacio- nes neces- rias (Cuadro 2)	(5) Replicacio- nes por re- petición (Apéndice)	(6) Repeticio- nes neces- rias (Col. 4 divi- dida por col. 5)	(7) Finca- s por re- petición (Apén- dice)	(8) Parcelas por repe- tición (Apéndice)	(9) Necesidad finca- s (Cols. 6 x 7)	(10) total de: parcelas (Cols. 6 x 8)
A	1	0.56	68	1	68	7	7	476	476
C	2	1.43	12	1	12	6	12	72	144
D-5	2	1.43	12	6	2	21	42	42	84
E-4	3	1.43	12	3	4	7	21	28	84
F-3	4	1.43	12	4	3	7	28	21	84

Cuadro 4. Esquema apropiado para adaptar el Plan G-1 (cuatro bloques por ordenación) cuando se repiten cuatro ordenaciones dos veces y las 32 fincas se numeran aproximadamente en orden geográfico en la región del ensayo.

Subdivisión	Finca	Ordenación	Bloques (Al Azar)
1. Zona aluvial (Oeste)	1	1	3
	2	1	1
	3	1	4
	4	1	2
2. Zona aluvial (Este)	5	2	4
	6	2	1
	7	2	2
	8	2	3
3. Municipio de Tuscarora	9	3	4
	10	3	1
	11	3	3
	12	3	2
4. Distrito de extensión A	13	4	1
	14	4	3
	15	4	4
	16	4	2
5. Distrito de extensión B (Oeste)	17	1	2
	18	1	3
	19	1	4
	20	1	1
6. Distrito de extensión B (Sur)	21	2	4
	22	2	2
	23	2	1
	24	2	3
7. Distrito de extensión B (Norte)	25	3	3
	26	3	1
	27	3	4
	28	3	2
8. Meseta	29	4	3
	30	4	1
	31	4	2
	32	4	4

Cuadro 5. Esquema apropiado para adaptar el Plan E-1 (cuatro bloques por repetición) cuando hay ocho repeticiones y las 32 fincas se numeran en orden geográfico aproximado en la región del ensayo.

Bloque	Repetición	Finca (Al Azar)
1	1	3
2	1	16
3	1	12
4	1	18
1	2	26
2	2	23
3	2	31
4	2	27
1	3	29
2	3	11
3	3	14
4	3	20
1	4	5
2	4	7
3	4	17
4	4	9
1	5	24
2	5	22
3	5	1
4	5	21
1	6	32
2	6	28
3	6	19
4	6	8
1	7	15
2	7	4
3	7	13
4	7	30
1	8	25
2	8	10
3	8	6
4	8	2

Cuadro 6. Notas para el análisis estadístico: Grados de libertad para análisis de variancia y referencia respectiva al libro de Cochran y Cox, Experimental Designs.

Abreviaturas: T = No. de tratamientos
 R = No. de repeticiones del plan
 L = No. de localidades
 A = No. de ordenaciones usadas.
 X = No. de veces que se repite el número seleccionado de ordenaciones.

Plan	Grados de Libertad. ††			Referencia en Cochran y Cox	
	Tratamientos	Localidades	Error		
A	T-1	-	T (R-1)	L - 1	Sección 4.1
B	T-1	L-1	(T-1) (L-1)	TL-1	Sección 4.2
C	T	-	T (R-1)	L	Sección 4.1 †
D1	2	3R-1	3R-2	6R-1	Sección 11.54
D2	3	6R-1	6R-3	12R-1	Plan 11.1
D3	4	10R-1	10R-4	20R-1	Plan 11.2
D4	5	15R-1	15R-5	30R-1	Plan 11.3
D5	6	21R-1	21R-6	42R-1	Tabla 11.3
D6	7	28R-1	28R-7	56R-1	Plan 11.9
D7	8	36R-1	36R-8	72R-1	Tabla 11.3
D8	9	45R-1	45R-9	90R-1	Plan 11.14

Vea notas al final del Cuadro.

Cuadro 6. Notas para el análisis estadístico: Grados de libertad para análisis de variancia y referencia respectiva al libro de Cochran y Cox, Diseño Experimental. Continuación...

Plan	Grados de Libertad **			Referencia en Cochran y Cox	
	Tratamientos	Localidades	Error		
E1	3	4R-1	8R-3	12R-1	Tabla 11.3
E2	4	10R-1	20R-4	30R-1	Tabla 11.3
E3	5	10R-1	20R-5	30R-1	Plan 11.4
E4	6	7R-1	14R-6	21R-1	Plan 11.7
E5	8	12R-1	24R-8	36R-1	Plan 10.1
E6	9	30R-1	60R-9	90R-1	Plan 11.15
F1	4	5R-1	15R-4	20R-1	Tabla 11.3
F2	5	15R-1	45R-5	60R-1	Plan 11.6
F3	6	7R-1	21R-6	28R-1	Plan 11.8
F4	7	14R-1	42R-7	56R-1	Plan 11.10
F5	8	18R-1	54R-8	72R-1	Plan 11.11
F6	9	15R-1	45R-9	60R-1	Plan 11.16
G1	15	4AX-1	12AX-15	16AX-1	Plan 10.2
G2	24	5AX-1	20AX-24	25AX-1	Plan 10.3
G3	26	27R-1	54R-26	81R-1	Sección 10.4
G4	35	6AX-1	30AX-35	36AX-1	Plan 10.7

Vea notas al final del cuadro..

Cuadro 6. Notas para el análisis estadístico: Grados de libertad para análisis de variancia y referencia respectiva al libro de Cochran y Cox, Diseño Experimental. Continuación.

Plan	Grados de Libertad **				Referencia en Cochran y Cox
	Tratamientos	Localidades	Error	Total	
H1	3	6R-1	6R-3	12R-1	Plan 11.1
H2	3	R-1	3R-3	4R-1	Sección 5.1
H3	8	6R-1	12R-8	18R-1	Sección 6.15
H4	8	R-1	8R-8	9R-1	Sección 5.26
H5	15	12R-1	36R-15	48R-1	Plan 6.12
H6	6 ***	2R-1	6R-6	8R-1	Plan 6.1
H7	7	R-1	7R-7	8R-1	Sección 5.23
H8	26	3AX-1	24AX-26	27AX-1	Plan 6.7
H9	15	4AX-1	12AX-15	16AX-1	Plan 6.4
H10	14 ***	2R-1	14R-14	16R-1	Plan 6.2

***** El análisis se verifica con base en las diferencias en cada localidad entre el testigo y las parcelas tratadas.

****** Para aquellos diseños que incluyen la subdivisión de una región (vea el Segundo Paso, Páginas 18 a 21), las localidades deben fraccionarse en subdivisiones y fincas en subdivisiones, mientras que el error debe fraccionarse en tratamientos x subdivisiones y tratamientos x fincas en subdivisiones.

******* Un grado de libertad está confundido con localidades.

APENDICE: PLANES

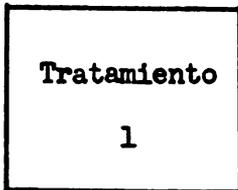
Plan - A

2 ó más tratamientos separados

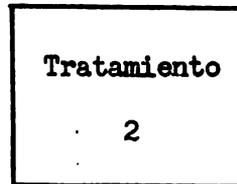
1 tratamiento y 1 parcela en cada finca.

1 sola repetición del plan necesita tantas fincas como tratamientos hay y contiene 1 replicación.

Finca 1



Finca 2



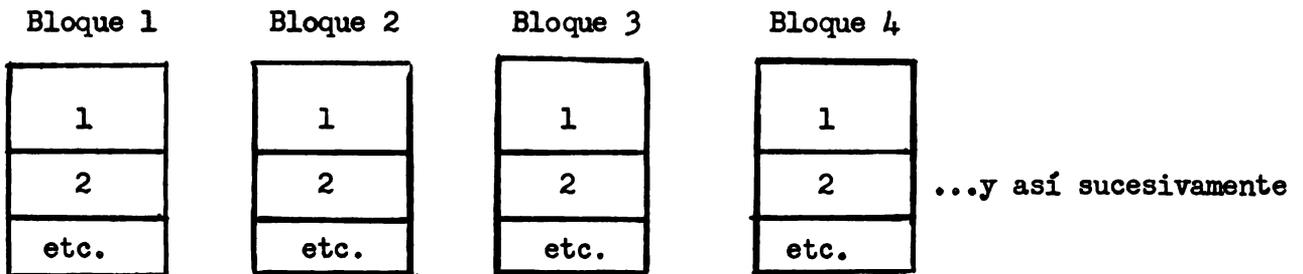
...y así sucesivamente

Plan - B

2 ó más tratamientos separados

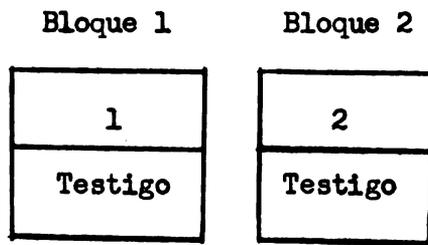
1 bloque de todos los tratamientos en cada finca

En cada finca aparece una sola repetición del plan y contiene 1 replicación.



-52-
Plan - C

- 2 ó más tratamientos separados, cada un comparado con un testigo.
- 1 bloque de 2 parcelas en cada finca, una para un tratamiento y la otra para el testigo.
- 1 sola repetición del plan necesita tantas fincas como tratamientos contiene una replicación.



...y así sucesivamente.

Plan - D-1

3 tratamientos separados

Un bloque de 2 parcelas (tratamiento) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 3 fincas y contiene 2 replicaciones.

Bloque 1

1
2

Bloque 2

1
3

Bloque 3

2
3

Plan - D-2

4 tratamientos separados.

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 6 fincas y contiene 3 replicaciones.

Bloque 1

1
2

Bloque 2

1
3

Bloque 3

1
4

Bloque 4

2
3

Bloque 5

2
4

Bloque 6

3
4

Plan - D-3

5 tratamientos separados

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 10 fincas y contiene 4 replicaciones.

Bloque 1

1
2

Bloque 2

1
3

Bloque 3

1
4

Bloque 4

1
5

Bloque 5

2
3

Bloque 6

2
4

Bloque 7

2
5

Bloque 8

3
4

Bloque 9

3
5

Bloque 10

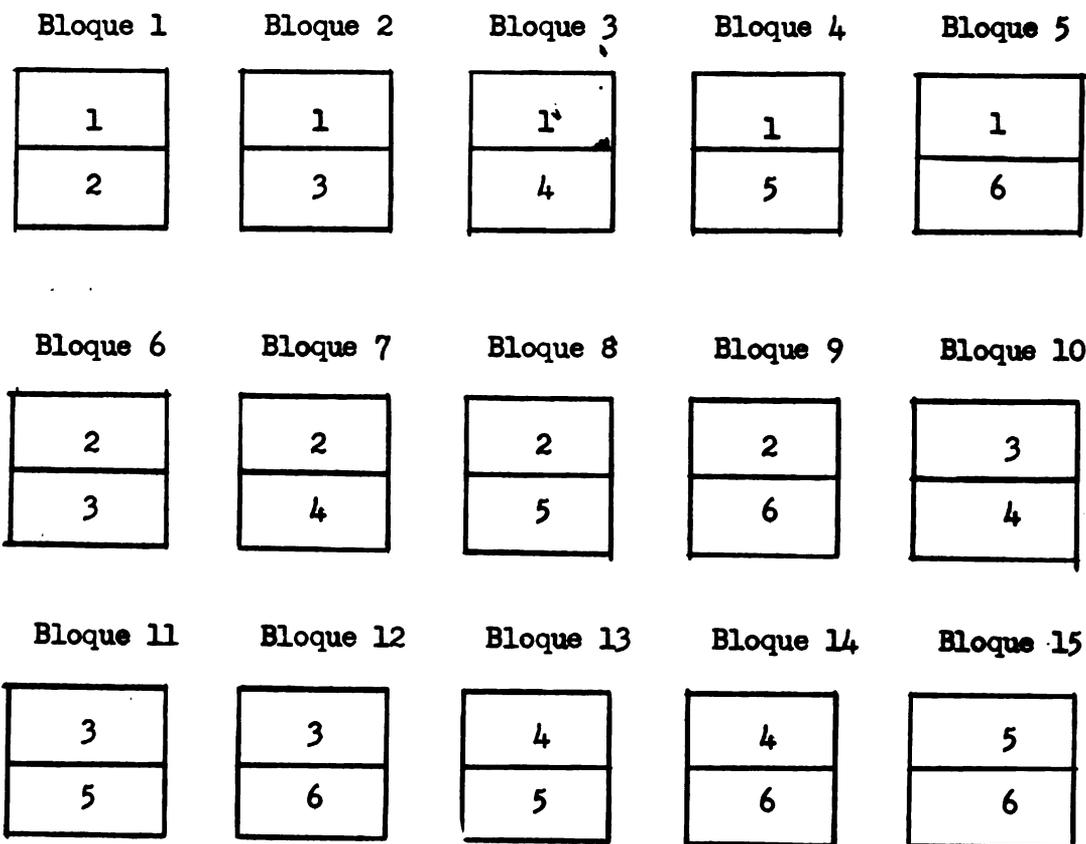
4
5

Plan - D-4

6 tratamientos separados.

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 15 fincas y contiene 5 replicaciones.



Plan - D-5

7 tratamientos separados

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 21 fincas y contiene 6 replicaciones.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	2 3
Bloque 8	Bloque 9	Bloque 10	Bloque 11	Bloque 12	Bloque 13	Bloque 14
2 4	2 5	2 6	2 7	3 4	3 5	3 6
Bloque 15	Bloque 16	Bloque 17	Bloque 18	Bloque 19	Bloque 20	Bloque 21
3 7	4 5	4 6	4 7	5 6	5 7	6 7

Plan - D-6

8 tratamientos

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 28 fincas y contiene 7 replicaciones.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
1	1	1	1	1	1	1
2	3	4	5	6	7	8

Bloque 8	9	10	11	12	13	14
2	2	2	2	2	2	3
3	4	5	6	7	8	4

Bloque 15	16	17	18	19	20	21
3	3	3	3	4	4	4
5	6	7	8	5	6	7

Bloque 22	23	24	25	26	27	28
4	5	5	5	6	6	7
8	6	7	8	7	8	8

Plan - D-7

9 tratamientos

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) por finca.

Una sola repetición del plan necesita 36 localidades y contiene 8 replicaciones.

Bloque 1 Bloque 2 Bloque 3 Bloque 4 Bloque 5 Bloque 6 Bloque 7 Bloque 8 Bloque 9

1	1	1	1	1	1	1	1	2
2	3	4	5	6	7	8	9	3

Bloque 10 11 12 13 14 15 16 17 18

2	2	2	2	2	2	3	3	3
4	5	6	7	8	9	4	5	6

Bloque 19 20 21 22 23 24 25 26 27

3	3	3	4	4	4	4	4	5
7	8	9	5	6	7	8	9	6

Bloque 28 29 30 31 32 33 34 35 36

5	5	5	6	6	6	7	7	8
7	8	9	7	8	9	8	9	9

Plan - D-8

10 tratamientos separados

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 45 fincas y contiene 9 repeticiones.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7	Bloque 8	Bloque 9
1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	1 10
Bloque 10	11	12	13	14	15	16	17	18
2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	2 10	3 4
Bloque 19	20	21	22	23	24	25	26	27
3 5	3 6	3 7	3 8	3 9	3 10	4 5	4 6	4 7
Bloque 28	29	30	31	32	33	34	35	36
4 8	4 9	4 10	5 6	5 7	5 8	5 9	5 10	6 7
Bloque 37	38	39	40	41	42	43	44	45
6 8	6 9	6 10	7 8	7 9	7 10	8 9	8 10	9 10

Plan - E-1

4 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 4 fincas y contiene 3 replicaciones

Bloque 1

1
2
3

Bloque 2

1
2
4

Bloque 3

1
3
4

Bloque 4

2
3
4

Plan - E-2

5 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 10 fincas y contiene 6 replicaciones.

Bloque 1

1
2
3

Bloque 2

1
2
4

Bloque 3

1
2
5

Bloque 4

1
3
4

Bloque 5

1
3
5

Bloque 6

1
4
5

Bloque 7

2
3
4

Bloque 8

2
3
5

Bloque 9

2
4
5

Bloque 10

3
4
5

Plan - E-3

6 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 10 fincas y contiene 5 replicaciones

Bloque 1

1
2
5

Bloque 2

1
2
6

Bloque 3

1
3
4

Bloque 4

1
3
6

Bloque 5

1
4
5

Bloque 6

2
3
4

Bloque 7

2
3
5

Bloque 8

2
4
6

Bloque 9

3
5
6

Bloque 10

4
5
6

Plan -E-4

7 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 7 fincas y contiene 3 replicaciones.

Bloque
1

1
2
4

Bloque
2

2
3
5

Bloque
3

3
4
6

Bloque
4

4
5
7

Bloque
5

5
6
1

Bloque
6

6
7
2

Bloque
7

7
1
3

Plan - E-5

9 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 12 fincas y contiene 4 replicaciones.

Bloque
1

1
2
3

Bloque
2

4
5
6

Bloque
3

7
8
9

Bloque
4

1
4
7

Bloque
5

2
5
8

Bloque
6

3
6
9

Bloque
7

1
5
9

Bloque
8

7
2
6

Bloque
9

4
8
3

Bloque
10

1
8
6

Bloque
11

4
2
9

Bloque
12

7
5
3

Plan - E-6

10 tratamientos separados

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 30 fincas y contiene 9 repeticiones

Bloque 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
2	2	3	4	5	6	7	8	9	3
3	4	5	6	7	8	9	10	10	6

Bloque 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
4	5	5	6	7	8	4	4	5	7
10	8	9	7	9	10	7	8	6	10

Bloque 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

3	3	4	4	4	4	5	5	6	6
8	9	5	5	6	7	6	7	7	8
9	10	9	10	9	8	10	8	10	9

Plan - F-1

5 tratamientos separados

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 5 fincas y contiene 4 replicaciones

Bloque 1

1
2
3
4

Bloque 2

1
2
3
5

Bloque 3

1
2
4
5

Bloque 4

1
3
4
5

Bloque 5

2
3
4
5

Plan - F-2

6 tratamientos separados

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 15 fincas y contiene 10 repeticiones..

Bloque 1

1
2
3
4

Bloque 2

1
2
3
5

Bloque 3

1
2
3
6

Bloque 4

1
2
4
5

Bloque 5

1
2
4
6

Bloque 6

1
2
5
6

7

1
3
4
5

8

1
3
4
6

9

1
3
5
6

10

1
4
5
6

Bloque 11

2
3
4
5

12

2
3
4
6

13

2
3
5
6

14

2
4
5
6

15

3
4
5
6

Plan - F-3

7 tratamientos separados

Un blòque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca

Una sola repetición del plan necesita 7 fincas y contiene 4 replicaciones.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
1	1	1	1	2	2	3
2	2	3	4	3	4	5
3	5	4	6	4	5	6
6	7	5	7	7	6	7

Plan - F-4

8 tratamientos separados

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 14 fincas y contiene 7 repeticiones

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7
1	5	1	3	1	3	1
2	6	2	4	2	4	3
3	7	5	7	7	5	5
4	8	6	8	8	6	7

Bloque 8	9	10	11	12	13	14
2	1	2	1	2	1	2
4	3	4	4	3	4	3
6	6	5	5	6	6	5
8	8	7	8	7	7	8

Plan - F-5

9 tratamientos.

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 18 fincas y contiene 8 replicaciones.

Bloque
1

1
2
3
4

Bloque
2

1
2
5
6

Bloque
3

1
2
7
8

Bloque
4

1
3
5
7

Bloque
5

1
4
6
8

Bloque
6

1
3
6
9

Bloque
7

1
4
8
9

8

1
5
7
9

9

2
3
8
9

10

2
4
5
9

11

2
6
7
9

12

2
3
4
7

Bloque
13

2
5
6
8

14

3
5
8
9

15

4
6
7
9

16

3
4
5
6

17

3
6
7
8

18

4
5
7
8

Plan - F-6

10 tratamientos separados

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 15 fincas y contiene 6 repeticiones

Bloque 1

1
2
3
4

Bloque 2

1
2
5
6

Bloque 3

1
3
7
8

Bloque 4

1
4
9
10

Bloque 5

1
5
7
9

Bloque 6

1
6
8
10

7

2
3
6
9

8

2
4
7
10

9

2
5
8
10

10

2
7
8
9

Bloque 11

3
5
9
10

12

3
6
7
10

13

3
4
5
8

14

4
5
6
7

15

4
6
8
9

Plan - G-1

16 tratamientos

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 4 fincas y contiene 1 replicación

Note que se pueden hacer 5 ordenaciones para cada repetición. Determine primero el número de repeticiones que usted necesita (siga el procedimientos que se explica en el TERCER PASO, páginas 15 a 16), y luego obténgalas usando tantas ordenaciones como le sea posible, repitiéndolas tantas veces como sean necesarias. Por ejemplo:

1. Para 15 repeticiones, use 5 ordenaciones repetidas 3 veces y no 3 ordenaciones repetidas 5 veces.
2. Para 7 repeticiones, use 4 ordenaciones repetidas 2 veces y no 2 ordenaciones repetidas 4 veces.
3. Para 2 repeticiones, use 2 ordenaciones repetidas 1 vez y no 1 ordenación repetida 2 veces.

Ordenación 1

Bloque			
1	2	3	4
1	5	9	13
2	6	10	14
3	7	11	15
4	8	12	16

Ordenación 2

Bloque			
1	2	3	4
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

Ordenación 3

Bloque			
1	2	3	4
1	5	9	13
6	2	14	10
11	15	3	7
16	12	8	4

Ordenación 4

Bloque			
1	2	3	4
1	13	5	9
14	2	10	6
7	11	3	15
12	8	16	4

Ordenación 5

Bloque			
1	2	3	4
1	9	13	5
10	2	6	14
15	7	3	11
8	16	12	4

* NOTA: el número de repeticiones se eleva a 8 porque 7 es un número primo.

Plan - G-2

25 tratamientos separados.

Un bloque de 5 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 5 fincas y contiene 1 replicación.

Note que pueden hacerse 6 ordenaciones para cada repetición. Determine primero el número de repeticiones que necesita, (siga el procedimiento que se explica en el TERCER PASO, páginas 14-15 25), y luego obténgalas usando tantas ordenaciones como le sea posible repitiéndolas tantas veces como sean necesarias. Por ejemplo:

1. Para 18 repeticiones use 6 ordenaciones repetidas 3 veces y no 3 ordenaciones repetidas 6 veces, ni tampoco 2 ordenaciones repetidas 9 veces.
- * 2. Para 7 repeticiones, use 4 ordenaciones repetidas 2 veces y no 2 ordenaciones repetidas 4 veces.
3. Para 2 repeticiones use 2 ordenaciones repetidas 1 vez y no 1 ordenación repetida 2 veces.

Ordenación 1

Bloque
1 2 3 4 5

1	6	11	16	21
2	7	12	17	22
3	8	13	18	23
4	9	14	19	24
5	10	15	20	25

Ordenación 2

Bloque
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

Ordenación 3

Bloque
1 2 3 4 5

1	21	16	11	6
7	2	22	17	12
13	8	3	23	18
19	14	9	4	24
25	20	15	10	5

Ordenación 4

Bloque
1 2 3 4 5

1	16	6	21	11
12	2	17	7	22
23	13	3	18	8
9	24	14	4	19
20	10	25	15	5

Ordenación 5

Bloque
1 2 3 4 5

1	11	21	6	16
17	2	12	22	7
8	18	3	13	23
24	9	19	4	14
15	25	10	20	5

Ordenación 6

Bloque
1 2 3 4 5

1	6	11	16	21
22	2	7	12	17
18	23	3	8	13
14	19	24	4	9
10	15	20	25	5

* NOTA: el número de repeticiones se eleva a 8 porque 7 es un número primo.

Plan - G -3

27 tratamientos separados.

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 27 fincas y contiene 3 repeticiones

Bloque 1 Bloque 2 Bloque 3 Bloque 4 Bloque 5 Bloque 6 Bloque 7 Bloque 8 Bloque 9

1	4	7	10	13	16	19	22	25
2	5	8	11	14	17	20	23	26
3	6	9	12	15	18	21	24	27

Bloque 10 11 12 13 14 15 16 17 18

1	2	3	10	11	12	19	20	21
4	5	6	13	14	15	22	23	24
7	8	9	16	17	18	25	26	27

Bloque 19 20 21 22 23 24 25 26 27

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

Plan - G - 4

36 tratamientos separados

Un bloque de 6 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 6 fincas y contiene tan solo 1 replicación para cada tratamiento.

Note que se pueden hacer 3 ordenaciones para cada repetición y que cada ordenación constituye 1 repetición. Determine primero el número de repeticiones que necesita (siga el procedimiento que se explica en el TERCER PASO, páginas 14, 15, 23) y luego obténgalas usando tantas ordenaciones como le sea posible, repitiéndolas tantas veces como sean necesarias. Por ejemplo:

1. Para 12 repeticiones use 3 ordenaciones repetidas 4 veces y no 2 ordenaciones repetidas 6 veces.
- * 2. Para 5 repeticiones use 3 ordenaciones repetidas 2 veces y no 2 ordenaciones repetidas 3 veces.
3. Para 2 repeticiones, use 2 ordenaciones repetidas 1 vez y no 1 ordenación repetida 2 veces.

<u>Ordenación 1</u>						<u>Ordenación 2</u>						<u>Ordenación 3</u>					
Bloque						Bloque						Bloque					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
1	7	13	19	25	31	1	2	3	4	5	6	1	31	25	19	13	7
2	8	14	20	26	32	7	8	9	10	11	12	8	2	32	26	20	14
3	9	15	21	27	33	13	14	15	16	17	18	15	9	3	33	27	21
4	10	16	22	28	34	19	20	21	22	23	24	22	16	10	4	34	28
5	11	17	23	29	35	25	26	27	28	29	30	29	23	17	11	5	35
6	12	18	24	30	36	31	32	33	34	35	36	36	30	24	18	12	6

*

NOTA: El número de repeticiones se eleva a 6 porque 5 es un número primo.

Plan - H-1

4 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 2 factores (a, b) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él.

Un bloque de 2 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 6 fincas y contiene 3 replicaciones.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6
$a_1 b_1$	$a_1 b_1$	$a_1 b_1$	$a_2 b_1$	$a_2 b_1$	$a_1 b_2$
$a_2 b_1$	$a_1 b_2$	$a_2 b_2$	$a_1 b_2$	$a_2 b_2$	$a_2 b_2$

Plan - H-2

4 tratamientos: todas las combinaciones posibles de dos factores (a, b) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él.
Un bloque de tratamientos (4 parcelas) en cada finca.
Una sola repetición del plan necesita 1 finca y, para los efectos principales, contiene 2 replicaciones.

Bloque 1

a_1b_1
a_2b_1
a_1b_2
a_2b_2

Plan - H-3

9 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 2 factores (a,b) a 3 niveles (inferior (1), mediano (2) y superior (3)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 3 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Use al menos 2 repeticiones de este plan. Una sola repetición necesita 6 fincas y, para los efectos principales, contiene 6 replicaciones.

Bloque 1

$a_1 b_1$
$a_2 b_2$
$a_3 b_3$

Bloque 2

$a_1 b_2$
$a_2 b_3$
$a_3 b_1$

Bloque 3

$a_1 b_3$
$a_2 b_1$
$a_3 b_2$

Bloque 4

$a_1 b_1$
$a_2 b_3$
$a_3 b_2$

Bloque 5

$a_1 b_2$
$a_2 b_1$
$a_3 b_3$

Bloque 6

$a_1 b_3$
$a_2 b_2$
$a_3 b_1$

Plan - H-4

9 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 2 factores (a,b) a 3 niveles (inferior (1), mediano (2) y superior (3)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de tratamientos (9 parcelas) en cada finca.

Use por lo menos 2 repeticiones de este plan. Una sola repetición necesita 1 finca y, para los efectos principales, contiene 3 replicaciones.

Bloque 1

a_1b_1
a_2b_1
a_3b_1
a_1b_2
a_2b_2
a_3b_2
a_1b_3
a_2b_3
a_3b_3

Plan - H-5

16 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 2 factores (a, b) a 4 niveles. El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 12 fincas y, para los efectos principales contiene 12 repeticiones.

Bloque 1

$a_4 b_4$
$a_3 b_3$
$a_2 b_1$
$a_1 b_2$

Bloque 2

$a_4 b_3$
$a_3 b_4$
$a_2 b_2$
$a_1 b_1$

Bloque 3

$a_4 b_2$
$a_3 b_1$
$a_2 b_3$
$a_1 b_4$

Bloque 4

$a_4 b_1$
$a_3 b_2$
$a_2 b_4$
$a_1 b_3$

Bloque 5

$a_4 b_4$
$a_3 b_2$
$a_2 b_3$
$a_1 b_1$

6

$a_4 b_1$
$a_3 b_3$
$a_2 b_2$
$a_1 b_4$

7

$a_4 b_3$
$a_3 b_1$
$a_2 b_4$
$a_1 b_2$

8

$a_4 b_2$
$a_3 b_4$
$a_2 b_1$
$a_1 b_3$

Bloque 9

$a_4 b_4$
$a_3 b_1$
$a_2 b_2$
$a_1 b_3$

10

$a_4 b_2$
$a_3 b_3$
$a_2 b_4$
$a_1 b_1$

11

$a_4 b_3$
$a_3 b_2$
$a_2 b_1$
$a_1 b_4$

12

$a_4 b_1$
$a_3 b_4$
$a_2 b_3$
$a_1 b_2$

Plan - H-6

8 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 3 factores (a, b, c) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Use por lo menos 2 repeticiones de este plan. Una sola repetición necesita 2 fincas y, para los efectos principales, contiene 4 repeticiones.

Bloque 1

$a_2b_1c_1$
$a_1b_2c_1$
$a_1b_1c_2$
$a_2b_2c_2$

Bloque 2

$a_2b_2c_1$
$a_2b_1c_2$
$a_1b_2c_2$
$a_1b_1c_1$

Plan - H-7

8 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 3 factores (a, b, c) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de todos los tratamientos (8 parcelas) en cada finca.

Use al menos 2 repeticiones de este plan. Una sola repetición necesita 1 finca y, para los efectos principales, contiene 4 replicaciones.

Bloque 1

$a_1 b_1 c_1$
$a_2 b_1 c_1$
$a_1 b_2 c_1$
$a_2 b_2 c_1$
$a_1 b_1 c_2$
$a_2 b_1 c_2$
$a_1 b_2 c_2$
$a_2 b_2 c_2$

Plan - H-8

27 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 3 factores (a, b, c) a 3 niveles (inferior (1), mediano (2) y superior (3)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 9 (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 3 fincas y, para los efectos principales, contiene 9 repeticiones.

Note que pueden hacerse 4 ordenaciones para cada repetición y que cada ordenación constituye 1 repetición. Determine primero el número de repeticiones que necesita (use el TERCER PASO, páginas 14,15,23) y luego obténgalas usando tantas ordenaciones como le sea posible (use por lo menos las primeras 2) repitiéndolas tantas veces como sean necesarias; por ejemplo:

- * 1. Para 7 repeticiones, use 4 ordenaciones repetidas 2 veces, y no 2 ordenaciones repetidas 4 veces, o 1 ordenación repetida 7 veces.
- 2. Para 3 repeticiones, use 3 ordenaciones repetidas 1 vez y no 1 ordenación repetida 3 veces.

Ordenación 1			Ordenación 2		
Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
$a_1b_1c_1$	$a_1b_1c_2$	$a_1b_1c_3$	$a_1b_1c_1$	$a_1b_1c_2$	$a_1b_1c_3$
$a_1b_2c_2$	$a_1b_2c_3$	$a_1b_2c_1$	$a_1b_2c_3$	$a_1b_2c_1$	$a_1b_2c_2$
$a_1b_3c_3$	$a_1b_3c_1$	$a_1b_3c_2$	$a_1b_3c_2$	$a_1b_3c_3$	$a_1b_3c_1$
$a_2b_1c_2$	$a_2b_1c_3$	$a_2b_1c_1$	$a_2b_1c_3$	$a_2b_1c_1$	$a_2b_1c_2$
$a_2b_2c_3$	$a_2b_2c_1$	$a_2b_2c_2$	$a_2b_2c_2$	$a_2b_2c_3$	$a_2b_2c_1$
$a_2b_3c_1$	$a_2b_3c_2$	$a_2b_3c_3$	$a_2b_3c_1$	$a_2b_3c_2$	$a_2b_3c_3$
$a_3b_1c_3$	$a_3b_1c_1$	$a_3b_1c_2$	$a_3b_1c_2$	$a_3b_1c_3$	$a_3b_1c_1$
$a_3b_2c_1$	$a_3b_2c_2$	$a_3b_2c_3$	$a_3b_2c_1$	$a_3b_2c_2$	$a_3b_2c_3$
$a_3b_3c_2$	$a_3b_3c_3$	$a_3b_3c_1$	$a_3b_3c_3$	$a_3b_3c_1$	$a_3b_3c_2$

* NOTA: el número de repeticiones se eleva a 8 porque 7 es un número primo

Plan - H-8 ...
Continuación

Ordenación 3

Ordenación 4

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_1 c_2$	$a_1 b_1 c_3$	$a_1 b_1 c_1$	$a_1 b_1 c_2$	$a_1 b_1 c_3$
$a_1 b_2 c_2$	$a_1 b_2 c_3$	$a_1 b_2 c_1$	$a_1 b_2 c_3$	$a_1 b_2 c_1$	$a_1 b_2 c_2$
$a_1 b_3 c_3$	$a_1 b_3 c_1$	$a_1 b_3 c_2$	$a_1 b_3 c_2$	$a_1 b_3 c_3$	$a_1 b_3 c_1$
$a_2 b_1 c_3$	$a_2 b_1 c_1$	$a_2 b_1 c_2$	$a_2 b_1 c_2$	$a_2 b_1 c_3$	$a_2 b_1 c_1$
$a_2 b_2 c_1$	$a_2 b_2 c_2$	$a_2 b_2 c_3$	$a_2 b_2 c_1$	$a_2 b_2 c_2$	$a_2 b_2 c_3$
$a_2 b_3 c_2$	$a_2 b_3 c_3$	$a_2 b_3 c_1$	$a_2 b_3 c_3$	$a_2 b_3 c_1$	$a_2 b_3 c_2$
$a_3 b_1 c_2$	$a_3 b_1 c_3$	$a_3 b_1 c_1$	$a_3 b_1 c_3$	$a_3 b_1 c_1$	$a_3 b_1 c_2$
$a_3 b_2 c_3$	$a_3 b_2 c_1$	$a_3 b_2 c_2$	$a_3 b_2 c_2$	$a_3 b_2 c_3$	$a_3 b_2 c_1$
$a_3 b_3 c_1$	$a_3 b_3 c_2$	$a_3 b_3 c_3$	$a_3 b_3 c_1$	$a_3 b_3 c_2$	$a_3 b_3 c_3$

Plan - H-9

16 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 4 factores (a, b, c, d) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 4 parcelas (tratamientos) en cada finca.

Una sola repetición del plan necesita 4 fincas y, para los efectos principales, contiene 8 replicaciones.

Note que pueden hacerse 6 ordenaciones para cada repetición y que cada ordenación constituye 1 repetición. Determine primero el número de repetición que necesita (use el TERCER PASO, páginas 14, 15, 23) y luego obténgalas usando tantas ordenaciones como le sea posible (use por lo menos las primeras 2), repitiéndolas tantas veces como sean necesarias. Por ejemplo:

1. Por 11 repeticiones, use 6 ordenaciones repetidas 2 veces * y no 4 ordenaciones 3 veces, o 3 ordenaciones 4 veces o 2 ordenaciones 6 veces o 1 ordenación 11 veces.
2. Para 4 repeticiones, use 4 ordenaciones repetidas 1 vez y no 1 ordenación repetida 4 veces.

Ordenación 1

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
$a_1 b_1 c_1 d_1$	$a_1 b_1 c_2 d_2$	$a_1 b_1 c_2 d_1$	$a_1 b_1 c_1 d_2$
$a_2 b_1 c_2 d_2$	$a_2 b_1 c_1 d_1$	$a_2 b_1 c_1 d_2$	$a_2 b_1 c_2 d_1$
$a_1 b_2 c_2 d_2$	$a_1 b_2 c_1 d_1$	$a_1 b_2 c_1 d_2$	$a_1 b_2 c_2 d_1$
$a_2 b_2 c_1 d_1$	$a_2 b_2 c_2 d_2$	$a_2 b_2 c_2 d_1$	$a_2 b_2 c_1 d_2$

Ordenación 2

$a_1 b_1 c_1 d_1$	$a_2 b_2 c_1 d_1$	$a_2 b_1 c_1 d_1$	$a_1 b_2 c_1 d_1$
$a_2 b_2 c_2 d_1$	$a_1 b_1 c_2 d_1$	$a_1 b_2 c_2 d_1$	$a_2 b_1 c_2 d_1$
$a_2 b_2 c_1 d_2$	$a_1 b_1 c_1 d_2$	$a_1 b_2 c_1 d_2$	$a_2 b_1 c_1 d_2$
$a_1 b_1 c_2 d_2$	$a_2 b_2 c_2 d_2$	$a_2 b_1 c_2 d_2$	$a_1 b_2 c_2 d_2$

* NOTA: el número de repeticiones se eleva a 12 porque 11 es un número primo

Plan - H-9
Continuación

Ordenación 3

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	a ₁ b ₂ c ₁ d ₂	a ₁ b ₂ c ₁ d ₁	a ₁ b ₁ c ₁ d ₂
a ₂ b ₂ c ₁ d ₂	a ₂ b ₁ c ₁ d ₁	a ₂ b ₁ c ₁ d ₂	a ₂ b ₂ c ₁ d ₁
a ₁ b ₂ c ₂ d ₂	a ₁ b ₁ c ₂ d ₁	a ₁ b ₁ c ₂ d ₂	a ₁ b ₂ c ₂ d ₁
a ₂ b ₁ c ₂ d ₁	a ₂ b ₂ c ₂ d ₂	a ₂ b ₂ c ₂ d ₁	a ₂ b ₁ c ₂ d ₂

Ordenación 4

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	a ₁ b ₂ c ₂ d ₁	a ₁ b ₂ c ₁ d ₁	a ₁ b ₁ c ₂ d ₁
a ₂ b ₂ c ₂ d ₁	a ₂ b ₁ c ₁ d ₁	a ₂ b ₁ c ₂ d ₁	a ₂ b ₂ c ₁ d ₁
a ₁ b ₂ c ₂ d ₂	a ₁ b ₁ c ₁ d ₂	a ₁ b ₁ c ₂ d ₂	a ₁ b ₂ c ₁ d ₂
a ₂ b ₁ c ₁ d ₂	a ₂ b ₂ c ₂ d ₂	a ₂ b ₂ c ₁ d ₂	a ₂ b ₁ c ₂ d ₂

Ordenación 5

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	a ₂ b ₁ c ₁ d ₂	a ₂ b ₁ c ₁ d ₁	a ₁ b ₁ c ₁ d ₂
a ₂ b ₂ c ₁ d ₂	a ₁ b ₂ c ₁ d ₁	a ₁ b ₂ c ₁ d ₂	a ₂ b ₂ c ₁ d ₁
a ₂ b ₁ c ₂ d ₂	a ₁ b ₁ c ₂ d ₁	a ₁ b ₁ c ₂ d ₂	a ₂ b ₁ c ₂ d ₁
a ₁ b ₂ c ₂ d ₁	a ₂ b ₂ c ₂ d ₂	a ₂ b ₂ c ₂ d ₁	a ₁ b ₂ c ₂ d ₂

Ordenación 6

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4
a ₁ b ₁ c ₁ d ₁	a ₂ b ₁ c ₂ d ₁	a ₂ b ₁ c ₁ d ₁	a ₁ b ₁ c ₂ d ₁
a ₂ b ₂ c ₂ d ₁	a ₁ b ₂ c ₁ d ₁	a ₁ b ₂ c ₂ d ₁	a ₂ b ₂ c ₁ d ₁
a ₂ b ₁ c ₂ d ₂	a ₁ b ₁ c ₁ d ₂	a ₁ b ₁ c ₂ d ₂	a ₂ b ₁ c ₁ d ₂
a ₁ b ₂ c ₂ d ₂	a ₂ b ₂ c ₂ d ₂	a ₂ b ₂ c ₁ d ₂	a ₁ b ₂ c ₂ d ₂

Plan - H-10

16 tratamientos: todas las combinaciones posibles de 4 factores (a, b, c, d) a 2 niveles (inferior (1) y superior (2)). El nivel inferior de un factor puede ser sencillamente la ausencia completa de él y puede corresponder a un tratamiento testigo.

Un bloque de 8 parcelas (tratamientos) en cada finca.

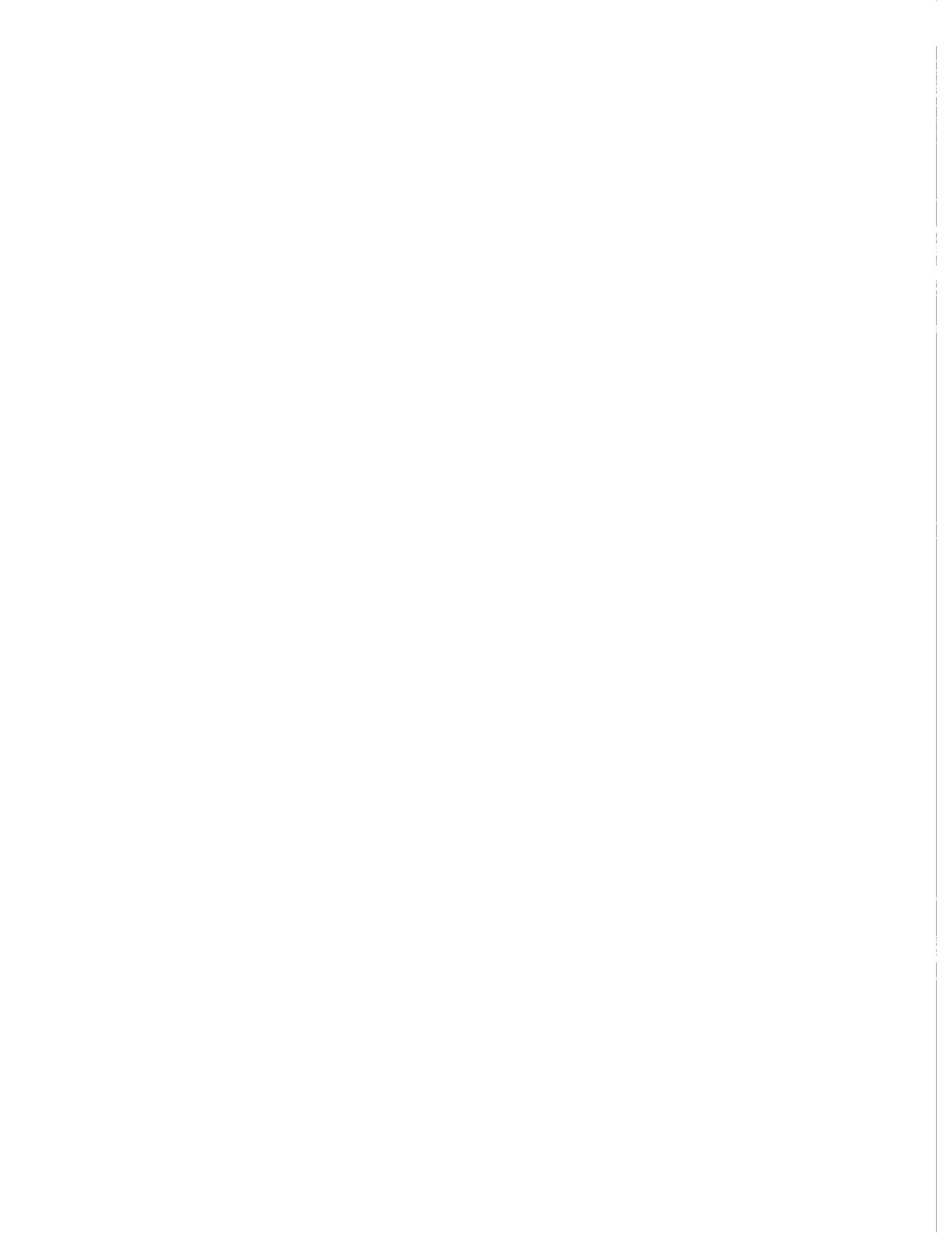
Una sola repetición del plan necesita 2 fincas y, para los efectos principales, contiene 8 replicaciones. Use por lo menos 2 repeticiones.

Bloque 1

a b c d 2 1 1 1
a b c d 1 2 1 1
a b c d 1 1 2 1
a b c d 1 1 1 2
a b c d 2 2 2 1
a b c d 2 2 1 2
a b c d 2 1 2 2
a b c d 1 2 2 2

Bloque 2

a b c d 1 1 1 1
a b c d 2 2 1 1
a b c d 2 1 2 1
a b c d 1 2 2 1
a b c d 2 1 1 2
a b c d 1 2 1 2
a b c d 1 1 2 2
a b c d 2 2 2 2



Guía para la

EJECUCION DE ENSAYOS EXTENSIVOS EN LAS FINCAS

Autor:

HENRY HOPP

Traductor:

ALBERTO FRANCO B.

En 4 partes

Parte IV: Utilización de
datos en el diseño de
ensayos extensivos en
las fincas.

Publicación Miscelánea N° 6

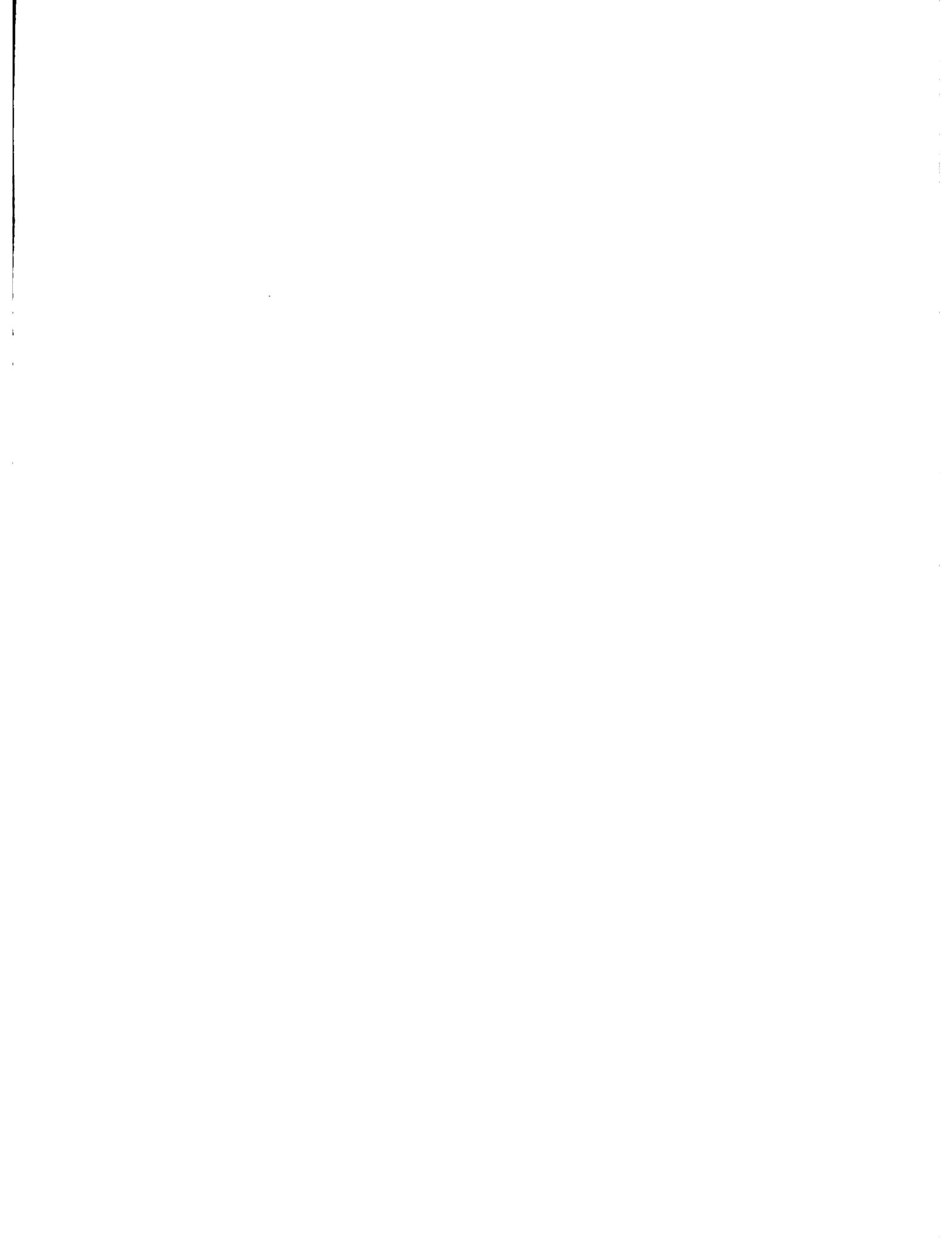
Publicación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Ha sido preparada de acuerdo con el contrato firmado con la Administración de Cooperación Internacional de los Estados Unidos de América, como un servicio a sus Misiones de Operaciones en América Latina y a las instituciones nacionales cooperadoras. Fue publicada originalmente en inglés por el Foreign Agricultural Service, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Dr. Henry Hopp es el Jefe de Trade Statistics Branch, Foreign Agricultural Service, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

El Ing. Alberto Franco B., es actualmente Asistente Técnico del Coordinador de Servicios Regionales del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, ex-Jefe de la Campaña de Abonos y Fertilizantes de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Turrialba, Costa Rica

1957



CONTENIDO

Página

Prefacio	1
Cálculos más exactos del número de fincas necesarias para el ensayo.	2
Variabilidad de parcelas.	3
Variabilidad de localización.	14
Variabilidad de tratamientos.	22
Modificación de los cálculos para parcelas grandes.	27
Determinación del mejor tamaño de las parcelas.	29



PREFACIO

Las partes II y III de esta guía describen el planeamiento de las 2 clases de ensayos extensivos: ensayos de resultados y experimentos en las fincas. Factor de importancia en el costo de los ensayos es el tamaño, es decir, el número de fincas que incluye el ensayo y la superficie de las parcelas que se van a utilizar. Usted querrá reducir el proyecto en lo mayor posible, manteniéndose al mismo tiempo en los límites de un plan adecuado. En las Partes anteriores se han dado métodos generales para decidir acerca del número de fincas que deben incluirse en un ensayo extensivo: para tal fin en la Parte II, sobre ensayos de resultados, se enunció un sistema empírico de cálculos; en la Parte III, sobre experimentos en las fincas, se indicó un sistema más perfeccionado, de "adivinación (o suposición) racional" al cual se pueden aplicar ciertos procedimientos estadísticos simples.

Ninguno de esos métodos pretende ser muy preciso, y ambos pueden alejarse de la exactitud deseada. La única fuente seria de información al respecto la constituyen los datos de reconocimientos^{1/} o experimentos ya realizados.

Afortunadamente, algunas veces podremos contar con esos datos, por reconocimientos efectuados en el área o por experimentos realizados por una o más estaciones experimentales. Si los datos están disponibles, podrán darnos adecuada orientación en la labor de determinar el número de fincas y el tamaño de las parcelas que se necesitan. Los cálculos con los datos involucran algunos procedimientos estadísticos y exigen por ello, conocimientos básicos de esa clase de análisis. Pero para ensayos de importancia, costosos, o que demandan mucho tiempo, la inconveniencia de la adición de esos métodos estadísticos es poca comparada con los beneficios que reporta su uso.

Esta Parte de la Guía (1) estudia el uso de los datos en el cálculo del número de fincas necesarias para efectuar un ensayo extensivo, (2) indica cómo modificar los cálculos cuando se desean parcelas de mayor tamaño a las usadas, y (3) da un método para determinar el mejor tamaño de parcelas para ensayos extensivos.

La Parte IV sirve como un suplemento de las tres Partes precedentes. Se usará sólo cuando usted desee mejorar los diseños conseguidos, a través de las Partes anteriores de la Guía; y la orientación que aquí se adquiera se empleará en relación con esos diseños.

^{1/} Reconocimiento: en el original "survey". (Nota del Traductor)

CALCULO MAS EXACTO DEL NUMERO DE FINCAS NECESARIAS PARA EL ENSAYO

En la Parte III de esta Guía vimos cómo decidir acerca del número de fincas para un ensayo extensivo. Se diferenciaron 3 clases de variabilidad: de parcelas, de localización y de tratamientos y se indicó cómo calcular la variabilidad por el método de "adivinación racional". Sin ser exacto este método para calcular el número de fincas, puede utilizarse satisfactoriamente a falta de datos cuantitativos, obtenidos de reconocimientos o ensayos. Pero si usted tiene o puede conseguir datos de rendimientos, y considera que conviene determinar con mayor precisión el número de fincas necesarias en la prueba experimental, pueden emplearse métodos más exactos para hallar cada una de las 3 clases de variabilidad.

El sistema a usar, depende, primeramente, de la clase de variabilidad que usted haya considerado; segundo, de la fuente de sus datos, es decir, si ellos han sido obtenidos de reconocimientos o de experimentos; y en tercer lugar, del personal y equipo disponibles, en lo que respecta, por ejemplo, a si es un técnico quien va a efectuar los cálculos y si usted cuenta con una máquina calculadora o no. Con esa base general, se presentan 3 métodos de análisis.

Use el método 1 para calcular variabilidad de parcelas, o localización si usted tiene, o puede obtener datos de rendimiento por reconocimiento, y no están a su disposición un técnico ni una máquina calculadora.

Emplee el método 2 para calcular variabilidad por parcelas o por localización si tiene, o puede obtener datos de reconocimiento y si están a disposición un técnico y una máquina calculadora.

Use el método 3 para calcular variabilidad de parcelas, de localización o de tratamiento, si puede disponer de datos de experimentos realizados en el área; y si usted puede contar con un técnico y una máquina de calcular.

Aunque cualquiera de los 3 métodos da un cálculo más correcto del número de fincas necesarias para el ensayo que el obtenido por el sistema de adivinación, el tercero, es el más exacto de todos. Pero se usa únicamente si existen datos experimentales obtenidos de campos de la misma área en que se va a trabajar. Con los métodos 1 y 2 se emplean datos de más fácil adquisición.

No es necesario usar el mismo método para calcular las 3 clases de variabilidad. Así, usted puede estar planeando un ensayo extensivo sobre fertilización del maíz y aunque no cuente con datos al respecto, puede utilizar los de experimentos sobre variedades de ese cultivo. Usted puede usar esos datos para determinar la variabilidad de parcelas, siguiendo el método 3. Si la investigación se efectuó solamente en 2 ó 3 localidades, los datos serán insuficientes para calcular la variabilidad de localización. Pero, para calcular esa variabilidad puede hacer un reconocimiento general y obtener un valor mediante el método 2. Finalmente, a falta de cualquier información sobre ensayos de fertilizantes en maíz, se puede acudir al sistema general para calcular variabilidad de tratamiento que se describe en la parte III de esta Guía.

VARIABILIDAD DE PARCELAS

Método 1

El método 1 trabaja con datos de reconocimientos y los cálculos no exigen el uso de máquina calculadora. Quizás usted ya cuenta con datos de reconocimientos previos. En caso contrario, puede efectuar un reconocimiento recogiendo, por ejemplo, en 10 ó más fincas muestras de 2 parcelas adyacentes - en parcelas del mismo tamaño de las que piensa usar en su ensayo extensivo. De esos datos se obtendrá información aproximada sobre la variabilidad por parcelas, aun sin contar con máquina calculadora; consideremos un ejemplo:

Usted ha recogido datos de cosechas de 2 parcelas adyacentes, en 15 fincas de un área. Ahora, para cada finca, coloque la producción de cada parcela en las columnas 2 y 3 del cuadro 1; en la columna 4, calcule la diferencia entre ellas. Repita el procedimiento con los datos de todas las fincas, y use la columna 5 para numerar en orden de magnitud creciente, las diferencias halladas. Así, por ejemplo, la finca 5, que tuvo la menor diferencia entre cosechas de parcelas tiene el lugar N° 1 y la finca 2, con la mayor diferencia, tiene el lugar N° 15. Ahora, haga una lista de las 15 fincas según esa ordenación (cuadro 2). El punto medio en ese orden será el N° 8 de la lista y la diferencia que corresponde a este punto es 6. En seguida, use esa diferencia para obtener la cifra de la variabilidad por parcela, así:

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad por parcela} &= \frac{\text{diferencia del punto medio}}{1.4 \sqrt{1}} \\ &= \frac{6}{1.4} \\ &= 4.3\end{aligned}$$

Para expresar esta variabilidad en porcentaje, debe calcularse primeramente el rendimiento promedio de las parcelas; divida la suma de los rendimientos del cuadro 1 (965) por el número total de parcelas (30) y utilice entonces el rendimiento promedio (32) en esta ecuación:

$$\begin{aligned}\text{Variabilidad por parcela en porcentaje} &= \frac{\text{Variabilidad por parcela} \times 100}{\text{rendimiento promedio}} \\ &= \frac{4.3 \times 100}{32} \\ &= 13 \%\end{aligned}$$

1/ George W. Snedecor, Statistical Methods, 4th ed., 1946, sec. 2 2.16.

Cuadro 1. Datos de producción de 2 parcelas adyacentes, en 15 fincas diferentes (cada parcela del tamaño que va a tener la del ensayo extensivo).

Finca	Parcela 1	Parcela 2	Diferencia	Orden de Diferencia
1	31	35	4	3
2	21	33	12	15
3	25	20	5	6
4	74	68	6	8
5	32	31	1	1
6	21	28	7	11
7	24	18	6	9
8	20	22	2	2
9	52	61	9	13
10	13	17	4	4
11	46	36	10	14
12	33	28	5	7
13	30	24	6	10
14	38	46	8	12
15	17	21	4	5

Producción Total 965

Número de parcelas 30

Promedio de producción 32

Cuadro 2. Lista de las fincas del Cuadro 1,
por orden de diferencia.

Orden	Finca	Diferencia
1	5	1
2	8	2
3	1	4
4	10	4
5	15	4
6	3	5
7	12	5
8	4	6
9	7	6
10	13	6
11	6	7
12	14	8
13	9	9
14	11	10
15	2	12

Substituya este valor por el obtenido por "suposición" en la parte III y empléelo para calcular el error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

Método 2

El método 2 se aplica cuando se tienen datos de reconocimientos y una máquina calculadora, el uso de este implemento le ayuda a obtener una medida más exacta de la variabilidad. Use datos como los del cuadro 1, pero no incluya la última columna; en cambio, eleve al cuadrado cada diferencia en la cuarta columna y sume los cuadrados: 1/

$$4^2 + 12^2 \dots + 4^2 = 649$$

Para hallar la variabilidad de parcelas, divida esta suma de cuadrados por el número de parcelas, y extraiga la raíz cuadrada del cociente:

$$\text{Variabilidad de parcelas} = \frac{\text{Suma de los cuadrados de las diferencias}}{\text{número de parcelas}}$$

$$\sqrt{\frac{649}{30}}$$

$$= \sqrt{22}$$

$$= 4.7$$

La variabilidad de parcelas, en porcentaje, se obtiene de la misma forma que en el método 1:

$$\text{Variabilidad de parcela en porcentaje} = \frac{4.7 \times 100}{32}$$

$$= 15\%$$

Tenga presente que el empleo de la máquina calculadora no asegura, de por sí, un cálculo correcto de la variabilidad por parcela. Ese cálculo es correcto hasta donde el dato es representativo de todas las fincas del área. Por eso usted debe evaluar tanto la fuente de los datos del reconocimiento efectuado como la cantidad de datos disponibles. Las medidas de la variabilidad de parcelas deben provenir de un número suficiente de fincas, preferiblemente seleccionadas al azar, como requisito para que usted dé confianza a sus cálculos matemáticos. Usted puede aun modificar el cálculo juzgando el valor de los datos, para llegar a un cálculo más exacto. Por ejemplo, sus datos se obtuvieron de suelos que son más uniformes que otros de la región, y pueden, en su concepto no ser reflejos correctos de la variabilidad de parcelas de toda el área. En ese caso, usted aumentará el valor de la variabilidad, en una pequeña cantidad, por ejemplo, de 15 por ciento a 20: este será el valor que usted emplee en los cálculos del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

1/ Ibid., sec. 4.2.

Método 3

El método 3, emplea datos de experimentos y exige la utilización de una máquina calculadora; da el cálculo más exacto de la variabilidad. Es el método que usted debe seguir, si opera en un área que está incluida en los linderos de trabajo de una estación experimental ya que estas organizaciones a menudo acumulan datos del tipo de los que usted necesita en este trabajo. Con todo, esos datos le serán útiles, únicamente si provienen de una serie de fincas y parcelas lo suficientemente representativas de la variabilidad de condiciones de la región. En caso contrario, utilice los datos obtenidos de los reconocimientos y analícelos por los métodos 1 ó 2. Por sobre todo, evite el error de hacer un cálculo de variabilidad de parcelas sobre la base de experimentos que se ejecutan en un sitio, en una estación experimental por ejemplo.

Si usted trabaja en un área en donde se han establecido ensayos experimentales, puede solicitar la colaboración de los técnicos que llevan a efecto esos ensayos: ellos pueden obtener la variabilidad de parcelas del análisis de variancia que hagan de sus datos. Sobre el interrogante de cuál paso del análisis da el dato de variabilidad de parcelas, puede decirse que ello dependerá del diseño experimental que los técnicos hayan usado; un ejemplo será suficiente para mostrar cómo puede medirse la variabilidad al analizar datos de experimentos.

Nuestro ejemplo está basado en un experimento hipotético, según un diseño corriente, el de bloques randomizados. El experimento compara 4 tratamientos, se ha establecido en 4 fincas, y tiene 2 replicaciones, o bloques, por finca. 1/ Aunque otros experimentos pueden diferir de éste en cuanto a su diseño, todos los que muestran un buen diseño tienen estas características en común: (1) dos o más tratamientos, o factores en comparación; (2) dos o más replicaciones de los tratamientos en cada localidad; (3) repeticiones de los mismos tratamientos, o de tratamientos similares, en varias localidades.

El primer paso en el análisis es la tabulación de los datos de producción de cada parcela, por tratamiento y por localidad, y la suma de producciones totales por tratamientos, fincas y replicaciones (cuadro 3).

En seguida, haga una tabulación como la que se indica en el cuadro 4. En el encabezamiento anote el número total de parcelas del experimento (32) y la producción total de esas parcelas (1.035). En seguida, con la máquina calculadora, proceda a efectuar las varias sumas de cuadrados, colocando los datos en sus respectivos lugares del cuadro.

1/ Snedecor, op. cit., sec. 11.13.

Cuadro 3. Datos de producción de un experimento con 32 parcelas con 4 tratamientos, en 4 fincas y con 2 replicaciones por finca (cada parcela es del tamaño de las que van a utilizarse en el ensayo extensivo).

Tratamiento	Finca 1		Finca 2		Finca 3		Finca 4		TOTAL
	Rep. 1	Rep. 2							
A	39	31	36	32	27	34	35	38	272
B (control)	34	35	27	24	26	21	32	33	232
C	47	39	37	39	30	39	42	41	314
D	36	25	26	23	21	36	21	29	217
TOTAL	156	130	126	118	104	190	130	141	1035

Cuadro 4. Guía para calcular sumas de cuadrados de los datos del cuadro 3. (Número de parcelas, 32; producción total 1035).

Pasos	Total	Tratamiento	Fincas	Tratamientos por fincas	Replicaciones en fincas
Suma de cuadrados sin corregir	34.903	273.493	269.529	69.063	135.533
Divisor	1	8	8	2	4
Cociente	34.903	34.187	33.691	34.532	33.883
Factor de corrección	33.476	33.476	33.476	33.476	33.476
Suma de cuadrados corregidos	1.427	711	215	1.056 - 711 - 215 <u>130</u>	407 <u>- 215</u> 192

El primer valor, el "total", es la suma de los cuadrados de cada una de las producciones individuales que aparecen en el cuadro N° 3. Ese valor no corregido resulta de:

$$30^2 + 34^2 + \dots + 29^2 = 34.903$$

Coloque esa cantidad en la primera línea de la columna del "total". Inmediatamente debajo, coloque el "Divisor", que es la cantidad de parcelas que incluye cada número de los que usted elevó al cuadrado; en este caso solamente 1 parcela por número. Divida el valor sin corregir de la suma de cuadrados por este divisor para obtener como cociente 34.903. Antes de que usted llegue a la suma corregida de cuadrados, deberá calcular un factor de corrección:

$$\begin{aligned} \text{Factor de corrección} &= \frac{\text{Producción total}^2}{\text{número de parcelas}} \\ &= \frac{1.035^2}{32} \\ &= 33.476 \end{aligned}$$

Reste este factor de corrección del cociente,

$$34.903 - 33.476 = 1.427,$$

y usted tendrá la suma de cuadrados corregida, que coloca en el último espacio de la columna.

La segunda suma de cuadrados se calcula de los totales de tratamientos del cuadro 3.

$$272^2 + 232^2 + 314^2 + 217^2 = 273.493$$

Como cada total parcial incluye la producción de 8 parcelas, el divisor es 8. De aquí en adelante, siga el proceso que lo llevó a la suma de cuadrados corregida, y usted encontrará la suma corregida de cuadrados por tratamientos - 711.

La tercera suma de cuadrados se calcula de los totales de fincas del cuadro 3.

$$286^2 + 244^2 + 234^2 + 271^2 = 269.529.$$

De nuevo el divisor será 8, ya que cada total de finca incluye 8 parcelas. Procediendo como antes, usted obtiene el valor de 215 que es la suma corregida.

La cuarta suma de cuadrados se calcula a partir de los totales de cada tratamiento en cada finca, en el cuadro 3, los valores:

$$70^2 + 69^2 + \dots + 50^2 = 69.063$$

Ya que cada número elevado al cuadrado en estos cálculos incluye 2 parcelas, el divisor es 2. Haciendo como antes, usted obtendrá el número 1.056. Pero este valor no es la suma corregida, como usted ya lo ha visto en las 3 primeras columnas. De ese valor, debe restar primeramente la suma de cuadrados por tratamientos (711) y por fincas (215) para obtener 130, la suma de los cuadrados de tratamientos x fincas.

La quinta suma de cuadrados se obtiene de los totales de cada replicación de cada finca, que según el cuadro 3 serían:

$$156^2 + 130^2 + 126^2 + \dots + 141^2 = 135.533$$

El divisor es 4 ya que cada total de replicación incluye 4 parcelas. Proceda en seguida como antes, hasta obtener el valor de 407. Este valor, sin embargo, contiene no solamente las diferencias por replicación, sino también las diferencias por fincas. Reste, entonces, la suma de cuadrados por fincas (215), y el residuo, 192, es la suma de cuadrados corregida para replicaciones en fincas. Ahora, lleve esas 5 sumas de cuadrados al cuadro de análisis de variancia (cuadro 5). En la primera columna, coloque las distintas fuentes de variación, es decir, los varios factores que contribuyeron a la producción: tratamientos, fincas, tratamientos x fincas, y replicaciones en fincas. Para cada uno de esos factores, y para el total de ellos, coloque la suma de cuadrados (del cuadro 4), en la segunda columna. Para "tratamientos x relaciones en fincas", que está antes del total, la suma de cuadrados se obtiene al substraer todas las otras sumas de cuadrados del total de suma de cuadrados.

La tercera columna del cuadro 5 es la de "grados de libertad". Para cada fuente de variación, el número de grados de libertad es como sigue:

- Tratamiento: Número de tratamientos (4) menos 1
- Fincas: Número de fincas (4) menos 1
- Tratamientos x fincas: grados por tratamientos (3) multiplicado por grados por fincas (3)
- Replicaciones en fincas: Número de replicaciones en cada finca menos una (2-1), multiplicado por el número de fincas (4).
- Tratamiento por replicaciones en fincas: Total de grados (número de observaciones menos 1, 132-1), menos los grados ya encontrados (3 + 3 + 9 + 4).

En la última columna aparecen los valores de cuadrados medios. Se obtienen al dividir los grados de libertad por la suma de cuadrados. Por ejemplo, el cuadrado medio para "tratamientos x replicaciones en fincas" es $1797/12$, o sea 15.

Cuadro 5. Análisis de Variancia de los datos del cuadro 3, para el cálculo de la variabilidad de parcelas.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio
1. Tratamientos	711	3	237
2. Fincas	215	3	72
3. Tratamientos por fincas	130	9	14
4. Replicaciones en fincas	192	4	48
5. Tratamientos x replicaciones en fincas (variabilidad de parcelas)	179	12	15
6. Total	1.427	31	—

Ahora usted puede calcular la variabilidad de parcelas:

$$\begin{aligned}
 \text{Variabilidad de parcelas} &= \sqrt{\frac{\text{Cuadrado medio de "tratamientos x replicaciones en fincas"}}{}} \\
 &= \sqrt{15} \\
 &= 3,87
 \end{aligned}$$

Para expresar esta variabilidad en porcentaje, use la siguiente ecuación, que se refiere a las producciones promedias de las parcelas sin tratamientos. Estas parcelas son las que aparecen en el cuadro 3, como tratamiento B, es decir, como tratamiento control (o testigo).

$$\begin{aligned}
 \text{Variabilidad de parcelas en porcentaje} &= \frac{\text{Variabilidad de parcelas x 100}}{\text{Producción promedio de las parcelas de control}} \\
 &= \frac{3,87 \times 100}{29,0} \\
 &= 13\%
 \end{aligned}$$

Use este valor en el cálculo del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

Los ensayos establecidos en las diferentes fincas, pueden no corresponder exactamente al mismo diseño experimental. Pero si ellos son más o menos similares, usted puede combinarlos, aun cuando sean diferentes el número de tratamientos o el número de replicaciones. Para calcular variabilidad de parcelas a partir de diferentes experimentos, calcule primeramente la variabilidad de parcelas, en porcentaje, para cada experimento por separado. Luego eleve al cuadrado los porcentajes. Sume los cuadrados y obtendrá el promedio de la suma, al dividirla por el número de experimentos. Por último, obtenga la raíz cuadrada del promedio: el siguiente es un ejemplo:

<u>Experimento</u>	<u>Variabilidad de Parcelas</u> (por ciento)	<u>Cuadrados</u>
1	12	144
2	15	225
3	10	100
4	13	<u>169</u>
Suma de cuadrados		638
Promedio de cuadrados (638/4)		160
Variabilidad media de parcelas ($\sqrt{160}$)		12.6%

Una advertencia acerca del método 3: los cálculos son más o menos exactos, pero al emplear la información disponible para diseñar ensayos extensivos, es necesario, a menudo, ejercer cierta discreción en su aplicación. Si las parcelas que van a usarse en los ensayos extensivos son mayores que las

del experimento, se necesitarían cálculos adicionales (vea la página 27).

Además, para que usted pueda usar con alguna seguridad la información de los experimentos, cerciórese de que la variabilidad de los suelos de la estación experimental es razonablemente representativa de la variación del suelo de las fincas de la región. Si el suelo es más uniforme en la estación experimental que en las fincas donde va a establecer el ensayo, sería prudente elevar un poco el cálculo para variabilidad de parcelas.

VARIABILIDAD DE LOCALIZACION

Método 1

Si no existen datos de reconocimiento de su área - fuente de información del método 1 - usted puede obtenerlos mediante un rápido estudio a través de algunas fincas. Un ejemplo de los datos recogidos en esa clase de reconocimientos aparecen en el cuadro 6: en 15 fincas seleccionadas al azar, pudo calcularse la producción por acre del cultivo del ensayo, a partir de la producción total de la finca para el cultivo, y no de la producción de parcelas. Con todo, si se tienen datos de parcelas pequeñas, puede seguirse el método 2 (pag. 17).

El primer paso para determinar la variabilidad de localización, con base en los datos de producción del cuadro 6, será sumar todas las producciones y dividir esa cantidad total por el número de localidades para llegar a una producción promedio, en este ejemplo, 32. En seguida, halle la diferencia entre la producción promedio y la de cada localidad, y coloque esas diferencias, o desviaciones, en la tercera columna. Agrupe las localidades por orden creciente de las desviaciones. La finca 2 tiene la menor desviación, y ocupa el primer rango o lugar, la finca 4 tiene la mayor desviación y aparece en el lugar N° 15. Haga la lista de las 15 fincas según ese orden (cuadro 7). En el quinto intermedio, el orden o rango es 8, y la desviación que corresponde a este rango es 9. La variabilidad de localización se obtendría entonces como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de localización} &= \frac{\text{Desviación del rango intermedio}}{0.7 \quad \frac{1}{1}} \\ &= \frac{9}{0.7} \end{aligned}$$

Para expresar esa variabilidad en porcentaje, use la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de localización} &= \frac{\text{Variabilidad de localización} \times 100}{\text{en porcentaje} \quad \text{producción promedio}} \\ &= \frac{13 \times 100}{32} \\ &= 41\% \end{aligned}$$

1/ Snedecor. op. cit., sec. 2.16.

Use este valor en los cálculos del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13)

Cuadro 6. Datos de producción promedio de toda la finca, obtenidos de un reconocimiento a través de 15 fincas seleccionadas al azar.

Finca	Producción por acre	Desviación del valor intermedio	Rango (su orden)
1	27	5	4
2	33	1	1
3	23	9	7
4	71	39	15
5	31	1	2
6	24	8	6
7	21	11	10
8	21	11	11
9	57	25	14
10	15	17	13
11	41	9	8
12	31	1	3
13	27	5	5
14	42	10	9
15	<u>19</u>	13	12
Producción Total	483		
Producción Promedia	32		

Cuadro 7. Agrupación de las fincas del cuadro 6 por orden creciente del rango

Rango	Finca	Desviación
1	2	1
2	5	1
3	12	1
4	1	5
5	13	5
6	6	8
7	3	9
8	11	9
9	14	10
10	7	11
11	8	11
12	15	13
13	10	17
14	9	25
15	4	39

Método 2

En el método 2 - para el cual se usará una máquina calculadora - usted puede obtener un valor más aproximado de la variabilidad de localización a partir de los datos de reconocimientos. Podremos ilustrar el procedimiento, presentando 2 tipos de datos: uno a base de producciones de toda la finca y otro a base de producciones de parcelas.

Los datos del cuadro 6 pueden mirarse como un ejemplo del tipo de producciones de toda la finca. Coloque las producciones en la segunda columna del cuadro y sume sus cuadrados: 1/

$$27^2 + 33^2 + \dots + 19^2 = 18.777$$

De este valor, que es la suma de cuadrados no corregida, reste el "factor de corrección", obtenido al elevar al cuadrado la suma de las producciones y dividir por el número de fincas:

$$\begin{aligned} \text{Factor de corrección} &= \frac{483^2}{15} \\ &= 15.553 \end{aligned}$$

Al restar 15.553 de 18.777 se obtendrá 3.224. Este valor es la suma corregida de cuadrados que dividido por el número de fincas menos 1 es decir por 15-1, da el cuadrado medio:

$$\begin{aligned} \text{Cuadrado medio} &= \frac{\text{Suma de cuadrados}}{\text{número de fincas} - 1} \\ &= \frac{3224}{14} \\ &= 230 \end{aligned}$$

La raíz cuadrada de 230, que es 15 es la variabilidad de localización. Puede expresarse en porcentaje, así:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de localización} &= \frac{\text{Variabilidad de localización} \times 100}{\text{producción promedio}} \\ \text{en porcentaje} &= \frac{15 \times 100}{32} \\ &= 47\% \end{aligned}$$

Este 47% es un cómputo más exacto de la variabilidad de localización que el 41% obtenido por el método 1. Ese sería, entonces, el valor para calcular el error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

Ilustremos ahora el procedimiento cuando las producciones provienen de

1/ Snedecor, op. cit., sec. 2.8

parcelas pequeñas de fincas, en vez de las fincas enteras 1/. Usted debe medir 2 parcelas adyacentes en cada finca. Usted puede emplear aquí los datos recogidos para variabilidad de parcelas en el cuadro 1. Sin embargo, resuma los datos como se indica en el cuadro 8.

El primer paso será elevar al cuadrado cada observación, es decir, el valor para cada parcela y sumar luego los cuadrados para obtener la suma no corregida:

$$31^2 + 21^2 + . . . + 21^2 = 37.769$$

Luego compute el factor de corrección:

$$\begin{aligned} \text{Factor de corrección} &= \frac{\text{Producción total}^2}{\text{Número de parcelas}} \\ &= \frac{965^2}{30} \\ &= 31.041 \end{aligned}$$

A la diferencia entre la suma de cuadrados no corregida y este factor de corrección, $37.769 - 31.041$, o sea 6.728 , se le llama suma total de cuadrados. Coloque ese valor en el sitio indicado del cuadro 9. En la columna siguiente deberá aparecer el total de grados de libertad - el número total de observaciones menos 1, o sea $30-1$.

El valor que se calcula en seguida es la suma de cuadrados por fincas. Sume los cuadrados de los totales por fincas (en la última columna del cuadro 8) y divida por el número de parcelas por finca:

$$\frac{66^2 + 54^2 + . . . + 38^2}{2} = \frac{74.889}{2} = 37.444$$

Luego reste el factor de corrección, calculado ya en 31.041 , para obtener 6.403 . Coloque este valor en el cuadro 9 como suma de cuadrados por fincas. En la columna siguiente coloque los grados de libertad - el número de fincas menos 1, o $15-1$.

En seguida, obtenga la suma de cuadrados para parcelas, y los grados de libertad, al restar el valor por fincas del valor total.

1/ Snedecor, op. cit., sec. 10.6

Cuadro 8. Datos de producción de 2 parcelas adyacentes obtenidos en un reconocimiento por 15 fincas (Cada parcela del tamaño de las que van a usarse en el ensayo extensivo).

Finca	Parcela 1	Parcela 2	Suma
1	31	35	66
2	21	33	54
3	25	20	45
4	74	68	142
5	32	31	63
6	21	28	49
7	24	18	42
8	20	22	42
9	52	61	113
10	13	17	30
11	46	36	82
12	33	28	61
13	30	24	54
14	38	46	84
15	17	21	38

Producción total965
 Número de parcelas 30
 Producción promedio. 32

Cuadro 9. Análisis de variancia de los datos del cuadro 8, para obtener las variabilidades de localización y de parcelas.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grado de Libertad	Cuadrado Medio	Unidades	Componente de Variancia
Fincas	6.403	14	457		
Parcelas	325	15	22	1	22
Total	6.728	29			
Diferencia debida a fincas			435	2	218

Calcule los cuadrados medios para fincas y parcelas al dividir la suma de cuadrados por los grados de libertad. Luego, para conocer la variación debida a fincas, reste del cuadrado medio de fincas el cuadrado medio de parcelas. Usted debe hacer esto para eliminar la variación de parcela a parcela de las diferencias por fincas.

La columna siguiente del cuadro 9, "unidades", da el número de parcelas individuales representadas en los números que usted eleva al cuadrado. Para fincas, se eleva al cuadrado un valor que representa 2 parcelas; entonces, coloque ese valor de 2 en la parte inferior de la columna. Para parcelas eleve al cuadrado los valores de producción individual de cada parcela; y coloque 1 para parcela. Divida los cuadrados medios por el respectivo número de unidades y se tendrá el valor llamado componentes de variancia. Las raíces cuadradas de los componentes de variancia son los valores de variabilidad que buscamos. La variabilidad para fincas (o localidades) es la raíz cuadrada de 218, o sea 14.8. Expresada como porcentaje de la producción promedio, sería:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de localización} &= \frac{\text{Variabilidad de localización} \times 100}{\text{producción promedio}} \\ &\text{en porcentaje} \\ &= \frac{14.8 \times 100}{32} \\ &= 46\% \end{aligned}$$

Emplee este valor en el cálculo del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

Si las parcelas estudiadas en el reconocimiento son aproximadamente del mismo tamaño de las que usted va a usar en el ensayo extensivo, el componente de variancia para parcelas podrá usarse para determinar la variabilidad de parcelas. Siga el mismo sistema empleado para hallar la variabilidad de localización:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de parcelas} &= \sqrt{22} \\ &= 4.7 \end{aligned}$$

Esta variabilidad se expresa en porcentajes, así:

$$\begin{aligned} \text{Variabilidad de parcelas} &= \frac{\text{Variabilidad de parcelas} \times 100}{\text{producción promedio}} \\ &\text{en porcentaje} \\ &= \frac{4.7 \times 100}{32} \\ &= 15\% \end{aligned}$$

Note que usted obtuvo aquí el mismo valor que encontró con el método 2 para variabilidad de parcelas en la página 6. Use este valor en sus cálculos del error del ensayo extensivo (Parte III, Pag. 13).

Método 3

El método 3, que emplea datos experimentales para calcular la variabilidad, es utilizable únicamente si los experimentos se han efectuado en un número de fincas que den muestra suficiente de las condiciones de la región. Diez fincas serían el requisito mínimo. Los experimentos que se establecen en una localidad solamente, o en unas pocas, no satisfacen este propósito.

En el cuadro 3 aparecen datos experimentales de 4 fincas solamente, que no representan número suficiente para calcular la variabilidad de localización. Si los datos son de pocas localidades, no emplee el método 3 para calcular la variabilidad de localización. En su lugar, use cualquiera de otros ya descritos. Esos otros métodos están basados en una muestra más adecuada, y requieren muchos menos cálculos. Otra desventaja de usar datos de experimentos para determinar la variabilidad de localización, es la de que los cálculos son a menudo complicados. Usted tendrá que contar con los técnicos de la estación experimental para hacer los cálculos. Para cuando se decida a emplear el método, en la próxima sección se dará un ejemplo sobre variabilidad de tratamiento. Usted usará el mismo ejemplo para calcular variabilidad de tratamientos y de localización.

VARIABILIDAD DE TRATAMIENTO

Para calcular la variabilidad de tratamiento pueden usarse únicamente datos provenientes de experimentos. De allí que los métodos 1 y 2, que trabajan con datos de reconocimientos, no sean aplicables en este caso. Pero al usar el método 3, esté seguro de que los datos disponibles provienen de un experimento que llena los siguientes requisitos: (1) que las fincas en donde se establecen los experimentos son representativas de la región en cuanto a efectos que se esperan de los tratamientos y variabilidad de tratamientos y (2) los tratamientos planeados para el ensayo extensivo deben ser similares a los tratamientos del experimento. Si los experimentos no llenan esos 2 requisitos, usted debe apelar al método ya descrito en la Parte III (pag. 12) de esta Guía.

Asumamos que los datos del cuadro 3 provienen de un experimento que llena los requisitos necesarios y puede emplearse para ilustrar el procedimiento del método 3. Comience, con el análisis de variancia que se hizo de los datos del cuadro 5. 1/2/. Usted debe escribir de nuevo el cuadro, haciendo uso de los símbolos que se muestran en el cuadro 10. El propósito de la revisión es ayudarle a usted a aislar el componente de variancia para la variabilidad de tratamiento, del resto de la información obtenida en el experimento. El trabajo parece dispendioso pero no presenta dificultad si usted sigue paso a paso las indicaciones siguientes:

1/ William G. Cochran and Gertrude M. Cox. Experimental Designs. New York, 1950, Sec. 14.1

2/ Snedecor, op. cit., sec. 11.13.

Copie las primera columna del cuadro 5 en la primera columna del cuadro 10. La labor en la sección siguiente del cuadro "cálculo en símbolos del cuadrado medio" tiene 3 pasos que no tienen dificultad si usted sigue simplemente las indicaciones. Cuando haya terminado el tercer paso, usted habrá escrito varias ecuaciones en símbolos que muestran los varios componentes de cada cuadrado medio.

El primer paso es asignar una letra como símbolo de cada fuente de variación, así: T para tratamientos; F para fincas; $R(f)$ para replicaciones o parcelas en las fincas; y todos los símbolos - $TFR(f)$ - para el total. Después de cada símbolo escriba el número de los factores del experimento: el cuadro 3 le recordará que se trabajó con 4 tratamientos, 4 fincas y 2 replicaciones por finca, para 32 parcelas en total.

Como segundo paso, anote el coeficiente para cada variancia del primer paso. Se trata de los símbolos que faltan. Más claramente: todos los símbolos, T, F y $R(f)$, están en el total, pero no todos se encuentran en cada variancia. Los que falten en cada una de las variancias deben anotarse como segundo paso, pero en letras minúsculas. Así, para variancia T, faltan F y $R(f)$; escriba entonces $fr(f)$. Cuando llegue a la cuarta línea, note que faltan T y F a la variancia $R(f)$. Pero F no se anota en la columna del segundo paso ya que existe una regla que establece que un símbolo que aparece entre paréntesis en la variancia del primer paso no debe repetirse en la de coeficientes.

Ahora usted llega al tercer paso, que terminado le dará las fórmulas completas. Primeramente, copie cada variancia en esta columna, precediéndola del coeficiente respectivo; para "tratamientos", por ejemplo, escriba $fr(f)T$. Ahora, añada a esta expresión, las de las otras variancias que contienen el símbolo T, sin olvidar que cada variancia debe estar precedida de su coeficiente. En este caso, las otras variancias que contienen a T son TF y $TR(f)$; la última variancia que no tiene coeficiente que la antecede, se agrega como tal. Siga hasta el fin de la columna. Cuando llegue a la última línea, todo lo que tendrá que colocar será $TR(f)$, ya que no hay otra variancia con esos símbolos, ni existe coeficiente que la preceda.

Habiendo calculado los cuadrados medios en símbolos, copie en la última columna los valores numéricos de esos cuadrados medios obtenidos del cuadro 5; en este punto usted tiene todo lo necesario para resolver estas ecuaciones de símbolos que representan el valor numérico de los componentes de variancia. Comience con $TR(f)$, la variabilidad de parcelas en la quinta línea. En la última columna usted encontrará que su valor es 15. Ahora, usted puede resolver el valor de $R(f)$ en la cuarta línea:

$$tR(f) + TR(f) = 48$$

Cuadro 10. Revisión del cuadro 5 para obtener componentes de varian-
cia y determinar variabilidad por el método 3.

Fuente de variación	Cálculo en símbolos del cuadrado medio			Cuadrado Medio en números
	Primer Paso (variancia)	Segundo Paso (Coeficiente)	Tercer Paso (Fórmula completa)	
Tratamientos	$T(4)$	$fr(f)$	$fr(f)T + r(f)TF + TR(f)$	237
Fincas (variabilidad de localización)	$F(4)$	$tr(f)$	$tr(f)F + r(f)TF + tr(f) + TR(f)$	72
Tratamientos por fincas (variabilidad de trata- mientos)	TF	$r(f)$	$r(f)TF + TR(f)$	14
Replicaciones en fincas	$R(f)(2)$	t	$tr(f) + TR(f)$	48
Tratamientos x replica- ciones en fincas (varia- bilidad de parcelas)	$TR(f)$	-	$TR(f)$	15
Total	$TFR(f)(32)$			

Como $t = 4$ (véase la segunda columna) y $TR(f) = 15$, escriba de nuevo la ecuación así:

$$4R(f) + 15 = 48$$

$$R(f) = \frac{48 - 15}{4}$$

$$= 8.25$$

ahora, trate de resolver la variabilidad de tratamiento en la tercer línea de abajo hacia arriba:

$$r(f) TF + TR(f) = 14$$

$$2TF + 15 = 14$$

$$TF = \frac{14 - 15}{2}$$

$$= -0.5$$

Este valor negativo no es corriente; generalmente RF es positivo. Al componente de variancia negativo debe tomarse como cero.

Si usted obtuviera un valor positivo para TF, 25 por ejemplo, extraiga la raíz cuadrada y obtendrá la variabilidad de tratamiento:

$$\text{Variabilidad de tratamiento} = \sqrt{TF}$$

$$= \sqrt{25}$$

$$= 5$$

Para expresar este valor en porcentaje, use la siguiente ecuación que hace referencia a la producción media de las parcelas testigo (o control), no tratadas, (vea el cuadro 3 para producciones de parcelas que reciben el tratamiento B):

$$\text{Variabilidad de tratamiento en porcentaje} = \frac{\text{Variabilidad de tratamiento} \times 100}{\text{producción promedia en parcelas testigo}}$$

$$= \frac{5 \times 100}{29}$$

$$= 17\%$$

Use este valor en sus cálculos del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

Cuando discutimos la variabilidad de parcelas al principio de esta sección, establecimos que los datos experimentales podrían usarse al mismo tiempo para calcular la variabilidad de localización, siempre que el

experimento cubriera un número suficiente de localidades para una muestra adecuada. El experimento resumido en el cuadro 3 tiene únicamente 4 localidades, escasamente suficientes para una región de algún tamaño. Sin embargo, podemos usar ese experimento como ilustración del procedimiento que se sigue para determinar la variabilidad de localización. Haga referencia de nuevo al cuadro 10 y escriba la ecuación para fincas:

$$tr(f) F + r(f) TF + tR(f) + TR(f) = 72$$

Substituya por valores los coeficientes y la variabilidad ya establecidas:

$$(4 \times 2F) + (2 \times 0) + (4 \times 8) + 15 = 72$$

$$8F + 0 + 32 + 15 = 72$$

$$F = \frac{72 - 32 - 15}{8}$$

$$= \frac{25}{8}$$

$$= 3.12$$

Entonces, como la variabilidad de localización es simplemente la raíz cuadrada de F--

$$\text{Variabilidad de localización} = \sqrt{F}$$

$$= \sqrt{3.12}$$

$$= 1.77$$

Para expresar la variabilidad de localización en porcentaje, emplee esta ecuación:

$$\text{Variabilidad de localización en porcentaje} = \frac{\text{Variabilidad de localización} \times 100}{\text{Producción promedio de las parcelas testigos}}$$

$$= \frac{1.77 \times 100}{29}$$

$$= 6\%$$

Este será el valor que usted utilice en el cálculo del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13).

MODIFICACION DE LOS CALCULOS PARA PARCELAS GRANDES

Si usted ha determinado la variabilidad de parcelas a partir de datos obtenidos en parcelas del mismo tamaño a las que va a usar en el ensayo extensivo no necesitará la información de esta sección. Pero a veces usted empleará parcelas de mayor tamaño en su ensayo extensivo, especialmente para hacer mejor su valor demostrativo. En ese caso, si necesitará la información que aquí se da.

Cuando las parcelas del ensayo extensivo son mucho más grandes que las del experimento, deberá hacerse un ajuste, adicional. El procedimiento es bien simple. Si las parcelas experimentales son de 5 pies cuadrados y las parcelas del ensayo extensivo serán de 500 pies cuadrados, cada una de éstas últimas contendrá 100 unidades o parcelas del experimento. Ahora veamos el cuadro 11. En la primera columna se encuentra una serie de relaciones entre tamaños de las parcelas del ensayo extensivo y tamaños de las parcelas de experimentos. Las siguientes columnas dan los factores correspondientes: una para ensayos con cultivos y otra para ensayos con animales. Para una relación de tamaños de parcelas de 100, el factor para ensayos con cultivos es 3.2. Ahora, si la variabilidad de parcelas en las parcelas experimentales es de 13% (por ejemplo, ver página 12), entonces

$$\text{Variabilidad de parcelas para ensayos extensivos (\%)} = \frac{\text{Variabilidad de parcelas en el experimento (\%)}}{\text{factor}}$$

$$= \frac{13}{3.2}$$

$$= 4\%$$

La variabilidad de parcelas obtenida en esta forma es la que se usa en los cálculos del error del ensayo extensivo (Parte III, pag. 13). Algunas palabras para aclarar la diferenciación por factores establecidos en el cuadro 11. En ensayos con cultivos, la variabilidad de parcelas no disminuye en proporción al tamaño de las parcelas: cuando se aumenta el tamaño de las parcelas, es probable que se incluya terreno más variable. La variabilidad entre 2 parcelas adyacentes es menor que la variabilidad de 2 que están separadas. Por ello el grupo de factores para cultivos, que es la raíz cuarta de la relación indicada en la primera columna, toma en consideración este incremento de la variabilidad de suelo al aumentar el tamaño de las parcelas ^{1/}. Por el contrario, en ensayos con animales, esa consideración no es válida, y los factores empleados son simplemente la raíz cuadrada de las relaciones de la primera columna. Los factores para ensayos con animales pueden usarse, también, en otros ensayos cuando se considere que un aumento del "tamaño de parcela" no corresponde a un aumento proporcional en el área de tierra por parcela.

^{1/} Adaptación de "An empirical law describing the heterogeneity in the yields of agriculture crops", por H. Fairfield Smith, Jour. Agric. Sci. 28 (Parte I): 1-23, enero de 1938. En el cuadro 11 se usa un factor promedio de heterogeneidad de 0.50.

Cuadro 11. Factores para determinar el error de parcelas cuando las parcelas del ensayo extensivo son mayores que las parcelas experimentales en que se basa el cálculo de variabilidad.

relación: $\frac{\text{tamaño de parcelas del ensayo extensivo}}{\text{tamaño de parcelas experimentales}}$	Factor para ensayos con cultivos <u>1/</u>	Factor para ensayos con animales <u>2/</u>
1	1.0	1.0
2	1.2	1.4
3	1.3	1.7
4	1.4	2.0
5	1.5	2.2
6	1.6	2.4
8	1.7	2.8
10	1.8	3.2
20	2.1	4.5
30	2.3	5.5
40	2.5	6.3
50	2.7	7.1
100	3.2	10.0

1/ Este factor es la raíz cuarta del número de la primera columna $\sqrt[4]{1}$, etc.

2/ Este factor es la raíz cuadrada del número de la primera columna:

$\sqrt{1}$, $\sqrt{2}$, etc.

DETERMINACION DEL MEJOR TAMAÑO DE PARCELAS

El tamaño más adecuado de las parcelas para un ensayo extensivo no siempre será un asunto que a usted le corresponda decidir. Pero a menudo es necesario reducir el tamaño de las parcelas hasta donde sea factible. Por ejemplo, en un ensayo con un nuevo insecticida, las cantidades disponibles del producto limitarán la superficie de las parcelas de ensayo. El problema del mejor tamaño de parcelas se hace más importante cuando sus investigaciones tienen que ver con cantidades grandes de árboles, frutas, animales o aun de gentes. Usted deseará reducir su proyecto al mínimo. En esta sección encontrará un procedimiento que le ayudará en la determinación del mejor número de individuos, o unidades que abarque un proyecto.

Usted recordará por lo anotado en la pag. 13 de la parte III de esta guía, que el error para un ensayo extensivo se forma de la suma de componentes de las distintas variabilidades. Pero si contamos con un número reducido de individuos en un proyecto, la variabilidad de esos individuos se vuelve también importante, y deberá agregarse a las otras variabilidades en nuestros cálculos del error. Veamos como proceder.

En primer término, señale claramente la clase de individuos, o unidades con que va a trabajar - si plantas y árboles individuales, por ejemplo, o surcos pequeños de sembrados, caballones simples con varias plantas por caballón, animales por separado en experimentos con ganado, pequeños cuadrados en experimentos sobre pasto y forrajes, estudiantes de una escuela, personas de una familia, o agricultores en una comunidad.

Luego, haga un cálculo de la variabilidad de las unidades. El valor que busca es la variabilidad entre unidades que no reciben tratamiento experimental. El procedimiento a seguir es el mismo discutido para determinar variabilidad de parcelas con la diferencia de que ahora trabaja con diferencias entre individuos en lugar de diferencias entre parcelas. Lo que usted debe responder es esto: "si yo escojo al azar 2 unidades por parcela en un número de fincas en la región, qué diferencias en producción habrá entre ellas? Esta pregunta puede responderse por conocimiento de las condiciones (Parte III, pags. 12-13), o a partir de datos de reconocimientos (ver la sección sobre variabilidad de parcelas en esta Parte IV, métodos 1 y 2, pags. 3, 7).

Este interrogante puede absolverse también con datos de experimentos, aunque para ellos debería usarse un método un tanto diferente. Para comenzar, obtenga datos experimentales de producción individuales, o de unidades, y también de parcelas enteras. En el cuadro 3 por ejemplo, se dan producciones para parcelas como un todo, pero ahora deberán aparecer los datos por unidades. Los datos se obtendrán de cosechar cada unidad (planta, surco, etc.) o sólo 2 unidades al azar en 20 ó más de las parcelas. Como usted escogerá posiblemente el último sistema porque exige menos trabajo, veamos el procedimiento en detalle.

Comencemos con el experimento que aparece en el cuadro 3 y asumamos que cada parcela tiene 27 plantas. Ahora, vaya a 20 de esas parcelas y en cada una, obtenga la producción de 2 plantas escogidas al azar. Anote los

datos de producciones según el modelo del cuadro 12. Calcule la diferencia entre cada par de plantas y escriba las diferencias en la última columna del cuadro.

Ahora eleve al cuadrado cada diferencia, sume esos cuadrados, divida por 2 (el número de plantas por parcela que usted cosecha) y multiplique por 27 (el número total de plantas por parcela). Este cálculo dará la suma de cuadrados para plantas de las parcelas.

$$\begin{aligned} \text{Suma de cuadrados (plantas en} &= \frac{(1.01^2 + 0.14^2 + \dots + 0.21^2) 27}{2} \\ \text{las parcelas)} & \\ &= 57.7287 \end{aligned}$$

Efectúe en seguida el análisis de variancia de los datos como se indica en el cuadro 13. Para parcelas, copie únicamente los valores de variabilidad de parcelas de la línea respectiva del cuadro 5. Para plantas por parcela, coloque valores como se indica a continuación:

Suma de cuadrados = la suma de cuadrados que acaba de calcular

Grados de libertad = el número de diferencias que aparecen en el cuadro 12.

Cuadrado medio = el cociente que resulta de dividir la suma de cuadrados por los grados de libertad.

Raíz cuadrada del cuadrado medio = $\sqrt{2.89}$ o sea 1.70.

Unidades = el número de plantas en cada parcela.

Factor = la raíz cuarta del número de unidades, ya que se trata de un ensayo con un cultivo (vea el cuadro 11, segunda columna).

Le queda por incluir los valores de las diferencias debidas a las parcelas solamente que son las siguientes:

Cuadrado medio = la diferencia entre cuadrado medio para parcelas y cuadrado medio para plantas en parcelas = $14.9 - 2.89 = 12.0$

Raíz cuadrada del cuadrado medio = $\sqrt{12}$ o sea 3.46.

Unidades = 1

Factor = la raíz cuarta del número de unidades (vea el cuadro 11, segunda columna).

Cuadro 12. Producciones de 2 plantas seleccionadas al azar de entre un total de 27 plantas por parcelas, y en cada una de las 20 parcelas del experimento que aparece en el cuadro 3.

Parcela	Planta N° 1	Planta N° 2	Diferencia
1	0,67	1,68	1,01
2	1,37	1,23	0,14
3	0,94	1,26	0,32
4	1,51	0,79	0,72
5	1,66	1,04	0,62
6	1,25	1,21	0,04
7	1,39	0,84	0,55
8	1,27	1,39	0,12
9	1,28	1,10	0,18
10	1,20	1,16	0,04
11	1,19	1,07	0,12
12	1,28	1,19	0,09
13	1,00	1,43	0,43
14	1,76	1,03	0,73
15	1,11	1,50	0,39
16	1,58	1,13	0,45
17	1,30	1,24	0,06
18	1,04	1,55	0,51
19	1,21	1,90	0,69
20	0,99	0,78	0,21

Cuadro 13. Análisis de variancia de los datos de 20 parcelas con 27 plantas cada parcela y en base en producciones de 2 plantas por cada parcela.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Raíz cuadrada del cuadrado medio	número de <u>un</u> idades	Factor
Parcelas	179	12	14,9			
Plantas en las parcelas	57,7287	20	2,89	1,70	27	2,28
Diferencia debida a parcelas			12,0	3,46	1	1,00

Las variabilidades se obtienen al multiplicar las raíces cuadradas de los cuadrados medios por los factores de la última columna del cuadro 13:

$$\text{Variabilidad de plantas} = 1.70 \times 2.28$$

$$= 3.88$$

$$\text{Variabilidad de parcelas} = 3.46 \times 1.00$$

$$= 3.46$$

Estos valores deben expresarse en porcentajes. Para ello, multiplique la variabilidad por 100 y divida por el valor de la producción promedio de las parcelas testigos. Esta producción promedio se obtiene del cuadro 3, tratamiento B. Divida la producción total de esas parcelas (232) por el número de parcelas (8). Se tendrá entonces:

$$\text{Variabilidad de plantas en porcentaje} = \frac{\text{Variabilidad de plantas} \times 100}{\text{producción promedio (de las plantas testigo)}}$$

$$= \frac{3.88 \times 100}{29}$$

$$= 13.4\%$$

$$\text{Variabilidad de parcelas en porcentaje} = \frac{\text{Variabilidad de parcelas} \times 100}{\text{producción promedio (de las parcelas testigo)}}$$

$$= \frac{3.46 \times 100}{29}$$

$$= 11.9\%$$

Con estos datos podemos ya calcular el error del ensayo extensivo. Sumamos los componentes de variabilidad. Usted tiene los que corresponden a plantas y parcelas; asumamos que los componentes de variabilidad para localización y tratamientos son 46% y 10% respectivamente, para poder ilustrar el resto del procedimiento. Se trata de hacer lo explicado en la página 13 de la Parte III, a más de la adición del componente para plantas y el factor (f) para el número de plantas por parcela, que usted obtiene del cuadro 11. Para el plan A, use los cuatro componentes (en el Apéndice de la parte III aparecen los Planes):

$$\text{Variabilidad de plantas} = 13/F\%; \text{ al cuadrado} = (13/F)^2$$

$$\text{Variabilidad de parcelas} = 12\%; \text{ al cuadrado} = 144$$

$$\text{Variabilidad de localización} = 46\%; \text{ al cuadrado} = 2116$$

$$\text{Variabilidad de tratamiento} = 10\%; \text{ al cuadrado} = \frac{100}{(13/F)^2 + 2360}$$

$$\text{Error del ensayo extensivo: } \sqrt{(13/F)^2 + 2.360}$$

Para los planes de B a H, omita la variabilidad de localización:

Variabilidad de plantas = $13/F\%$; al cuadrado = $(13/F)$

Variabilidad de parcelas = 12% ; al cuadrado = 144

Variabilidad de tratamientos = 10% ; al cuadrado = 100

Total de cuadrados: $(13/F)^2 + 244$

Error del ensayo extensivo: $\sqrt{(13/F)^2 + 244}$

Ahora, acudamos al cuadro 14 como ayuda en la determinación del mejor número de unidades por parcela. Enumere primeramente las especificaciones del ensayo extensivo. La primera columna del cuadro 14 indica el plan. La segunda columna contiene varios números de unidades por parcela, dentro de unos límites de 2 a 40. Usted determinará los números en que esté interesado. En la columna 3 aparecen factores de esas unidades. Según el sistema del cuadro 11: como este es un experimento con cultivos, se emplearán los factores de la segunda columna del cuadro 11. En caso contrario, cuando las parcelas no son unidades de tierra, se emplearán los factores de la columna 3 del cuadro 11. La columna 4 es la variabilidad de plantas (13 por ciento) dividida por los factores de la columna 3. La columna 5 da los cuadrados de los valores de la columna 4. La columna 6 es la columna 5 más el residuo del error que se indica al encabezamiento del cuadro: 2.360 para el plan A y 244 para los planes B a H. La columna 7 es la raíz cuadrada de la columna 6; estos valores son los errores para los planes. La columna 8 es la diferencia que va a probarse, y que se indica en el encabezamiento como un 30%, dividida por los errores del plan de la columna 7. Para la columna 9 ante de la Parte III, cuadro 2, el número de replicaciones requeridos para los valores de la columna 8.

La columna 9 da la respuesta que usted busca. Para el plan A note que el número de replicaciones necesarias es más bien numeroso y no debe ser menor de 5 plantas por parcela. Entonces, 5 plantas por parcela serán suficientes si usted desea trabajar con parcelas tan pequeñas como sea posible.

Para los planes B a H, el número de replicaciones necesarias para ensayos extensivos es mucho menor. Llega hasta valores de 10 plantas, por parcela como máximo. No se logrará ninguna ventaja, entonces, con más de 10 plantas en una parcela. Una vez que haya seleccionado el número mínimo de plantas por parcela - 5 para el Plan A, y 10 para los planes B a H, vuelva su atención a la Parte III, cuadro 3. Coloque el número correspondiente de replicaciones en la columna 4 de ese cuadro. Complete luego el resto del resumen del cuadro para determinar el total de requisitos del ensayo extensivo con el número ya determinado de plantas por parcela.

Cuadro 14. Ejemplo de un resumen hecho para ayudar a la escogencia del número mínimo de plantas por parcela para varios diseños.

ESPECIFICACIONES

Número de tratamientos: 7 (1 es un control)
 No. de parcelas en cada finca: 1, 2, 3, 6 4
 Diferencia mínima: 30%
 Componentes de variabilidad ya calculados: Plantas 13%
 Parcelas 12%
 Localización 46%
 Tratamientos 10%

$$\text{Error (Plan A)} = \sqrt{(13/F)2 + 2.360}$$

$$\text{Error (Planes B a H)} = \sqrt{(13/F)2 + 2.44}$$

(1) Plan	(2) Unidades por. par- cela	(3) Factor	(4) Variabili- dad de plan tas+Col. 3	(5) Columna 4 Al cuadra do	(6) Residuo del error + Col. 5	(7) Error % (Col. 6)	(8) Diferencia + error (Col. 7)	(9) Replicaciones nece- sarias (Parte III, cuadro 2)
A	2	1.2	10.8	117	2477	49.8	.60	60
	5	1.5	8.7	76	2436	49.4	.61	58
	10	1.8	7.2	52	2412	49.1	.61	58
	15	2.0	6.5	42	2402	49.0	.61	58
	20	2.1	6.2	38	2398	49.0	.61	58
	30	2.3	5.7	32	2393	48.9	.61	58
	40	2.5	5.2	27	2387	48.9	.61	58
B a H	2	1.2	10.8	117	361	19.0	1.58	11
	5	1.5	8.7	76	320	17.9	1.68	10
	10	1.8	7.2	52	296	17.2	1.74	9
	15	2.0	6.5	42	286	16.9	1.78	9
	20	2.1	6.2	38	282	16.8	1.79	9
	30	2.3	5.7	32	277	16.6	1.81	9
	40	2.5	5.2	27	271	16.5	1.82	9

IICA
PM-6

EJECUCION DE ENSAYOS
EXTENSIVOS EN LAS FIN-
CAS

Autor

Título

Fecha
Devolución

Nombre del solicitante

DOCUMENTO
MICROFILMADO

Fecha: 7 - NOV. 1988

