

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

"DISEÑOS DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR Y SU
UTILIZACION EN LA EXPERIMENTACION AGRICOLA".

T E S I S P R O F E S I O N A L
Q U E P A R A O B T E N E R E L T I T U L O D E
I N G E N I E R O A G R O N O M O
P R E S E N T A
P E D R O M O R E N O G A R C I A
G U A D A L A J A R A , J A L I S C O - J U L I O 1 9 8 3



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Escuela de Agricultura

Expediente
Número

Abril 12, 1983.

ING. M.C. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____
PEDRO MORENO GARCIA _____ titulada,

"DISEÑOS DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR Y SU UTILIZACION EN LA EXPERIMENTACION AGRICOLA."

Damos nuestra aprobación para la impresión de la misma.

DIRECTOR.



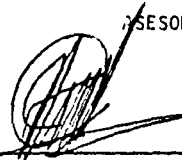
ING. PEDRO MORENO GARCIA

ASESOR



ING. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ.

ASESOR



ING. M.C. NICOLAS SOLANO VAZQUEZ.

hlg.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número.

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

Pedro y Maria Eugenia. Por todo lo que me dan.

A MIS HERMANOS:

Raquel, Leticia, Hugo, Arturo, Armando, - Héctor, Gustavo, Judith, Verónica Elizabeth, y - Pablo César. Por la unión, cariño y apoyo.

A MIS SOBRINOS:

Josmar, Yolanda, Miriam, Christian Ivan, Arturo, Rosendo Ricardo, Jorge Alberto, Alejandra Rosalía, Héctor Hugo, Maribel, Claudia Paciola, - Minerva Penélope y Nubia Eugenia. A ellos mi amor y gratitud por brindarle a mi vida sus momentos - más felices.

A DEMAS FAMILIARES:

Abuelitas Maria y Natividad, Tía Jose, -- Tere, Beto, Carlos, Norma y tantos más que por - no mencionar quiera menos. Por su cariño y con-- fianza.

A MIS AMIGOS:

Afortunadamente tantos y tan buenos a --- ellos en esta dedicatoria mi respeto y cariño de siempre.

A G R A D E C I M I E N T O

AL ING. M.C. HUGO MORENO GARCIA.

Por la ayuda prestada en la elaboración de --
este trabajo.

A MIS MAESTROS:

A tantos que me brindaron enseñanza en el ---
transcurso de mi carrera estudiantil.

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA.

Por el orgullo de considerarme parte de ella.

A LA ESCUELA DE AGRICULTURA.

Por aceptarme en su seno y darme la oportuni-
dad de recibir una formación profesional.

GRACIAS:

A las dudas y la iniciativa.

A la inseguridad y los firmes propósitos.

Al pasado y a un futuro presente.

Al querer que es poder.

A los sueños y a la realidad.

Al amor nuestro de cada día.

A la amistad.

A tí que me permites ser.....

M.B. - P.M.G.

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

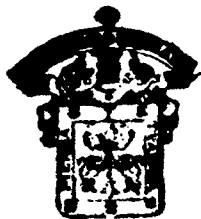
CONTENIDO

Capítulo.		Página.
1.	INTRODUCCION	1
	1.1 Importancia del estudio	1
	1.2 Alcances y objetivos	2
2.	DEFINICIONES Y CONCEPTOS	3
	2.1 Definiciones	3
	2.1.1 Diseño experimental	3
	2.1.2 Tratamiento	3
	2.1.3 Variable respuesta	3
	2.1.4 Repetición	3
	2.1.5 Unidad experimental	4
	2.1.6 Parcela útil	4
	2.1.7 Fuente de variación	4
	2.1.8 Modelo matemático	5
	2.1.9 Error experimental	5
	2.2 Concepto de bloque	5
3.	CLASIFICACION DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES	13
4.	DISEÑOS DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR	15
	4.1 Bloques al azar	15
	4.1.1 Descripción	15
	4.1.2 Utilización	15
	4.1.3 Ventajas y desventajas	16

Capítulo.

Página.

4.1.3.1	Ventajas	16
4.1.3.2	Desventajas	16
4.1.4	Modelo matemático	16
4.1.5	Hipótesis que se prueban	17
4.1.6	Análisis de la varianza	18
4.1.7	Ejemplo numérico	21
4.1.8	Interpretación de resultados	29
4.2	Diseño de bloques al azar generalizado	31
4.2.1	Descripción	31
4.2.2	Utilización	31
4.2.3	Ventajas y desventajas	32
4.2.3.1	Ventajas	32
4.2.3.2	Desventajas	32
4.2.4	Modelo matemático	32
4.2.5	Hipótesis que se prueban	33
4.2.6	Análisis de la varianza	34
4.2.7	Ejemplo numérico	40
4.2.8	Interpretación de resultados	50
4.3	Bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales	52
4.3.1	Descripción	52
4.3.2	Utilización	52
4.3.3	Ventajas y desventajas	53
4.3.3.1	Ventajas	53
4.3.3.2	Desventajas	53
4.3.4	Modelo matemático	53
4.3.5	Hipótesis que se prueban	54
4.3.6	Análisis de la varianza	55
4.3.7	Ejemplo numérico	58
4.3.8	Interpretación de resultados	65



Capítulo.		Página
5.	CONCLUSIONES	67
6.	RESUMEN	69
7.	LITERATURA CITADA	72
8.	APENDICE	75

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro.		Página
1.	Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar.	22
2.	Distribución de tratamientos en el campo, bajo un diseño de bloques al azar.	25
3.	Análisis de la varianza para la variable rendimiento por efecto de la variedad --- bajo el modelo de bloques al azar.	30
4.	Forma de ordenar los resultados obtenidos en un experimento que ha sido conducido - bajo un diseño de bloques al azar generalizado.	35
5.	Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar generalizado.	41
6.	Forma como quedaron ordenados los valores en un experimento conducido bajo el diseño de bloques al azar generalizado.	46
7.	Análisis de la varianza para la variable rendimiento en kg/parcela útil bajo el -- modelo de bloques al azar generalizado.	51
8.	Forma de ordenar los resultados obtenidos en un experimento que ha sido conducido - bajo un diseño de bloques al azar con --- muestreo en las unidades experimentales.	56
9.	Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.	59
10.	Distribución de los tratamientos bajo el diseño de bloques al azar.	60

Cuadro.

Página

- | | | |
|-----|--|----|
| 11. | Forma como quedaron ordenados los valores obtenidos en un experimento que ha sido - conducido bajo el diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales. | 61 |
| 12. | Análisis de la varianza para la variable diferencia de altura en 5 variedades de - maíz por efecto de las mismas. | 66 |

Figura

- | | | |
|----|---|----|
| 1. | Localización del experimento donde se <u>com</u> paró el rendimiento de 5 variedades de -- frijol, éste conducido bajo un diseño --- completamente al azar. | 23 |
| 2. | Necesidades que en cuanto a terreno se -- refiere, requiere el establecimiento de un experimento donde se evaluará el efecto que sobre el rendimiento de grano presentan 4 variedades de trigo. | 23 |
| 3. | Aspecto que presenta el terreno al realizar el bloqueo necesario para el establecimiento del experimento. | 24 |
| 4. | Superficie donde se llevará a cabo el experimento conducido bajo un diseño de bloques al azar generalizado. | 40 |
| 5. | Bloqueo de la fuente de variación <u>conteni</u> do de humedad en el suelo. | 43 |
| 6. | Asignación de los tratamientos en cada -- bloque con los rendimientos por parcela útil en kg. | 44 |



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

1. INTRODUCCION

1.1 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

[El diseño de bloques completamente al azar, es el más utilizado en la investigación agrícola de campo en México y muy probablemente en el mundo (Méndez, 1974).] Este hecho se debe seguramente a su gran difusión y sobre todo, a su gran sencillez y eficiencia en muy alta proporción de situaciones experimentales.

Ahora bién partiendo de esta premisa es evidente que el experimentador agrícola debe tener un conocimiento adecuado, no tanto en el aspecto teórico, sino en los procedimientos indicados para el establecimiento de experimentos en campo que serán conducidos bajo este diseño así como el análisis de la información e interpretación de resultados.

Por otra parte, dentro de este tipo de diseños están comprendidas algunas extensiones que son de gran utilidad para la investigación agrícola como son los casos del diseño de bloques al azar generalizado y el diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

Con respecto a estas extensiones, la bibliografía existente está generalmente escrita en otro idioma (Inglés con mayor frecuencia), y en la mayoría de los casos se presentan con los fundamentos teóricos a un nivel elevado lo cual ocasiona en el investigador agrícola una barrera para

el conocimiento de dichas metodologías estadísticas.

Otro aspecto que no es frecuentemente tocado en las referencias bibliográficas sobre el tema en cuestión es la interpretación que sobre los resultados obtenidos en un experimento deben realizarse.

1.2 ALCANCES Y OBJETIVOS

De acuerdo a lo planteado en el punto anterior y con relación a la importancia que no sólo para el investigador agrícola significa, sino que también en la formación del estudiante a nivel de licenciatura en las Escuelas de Agricultura representa el conocimiento y dominio de este tema, se realizó la elaboración de este trabajo cuyos objetivos son:

i) Presentar en forma clara y con enfoque práctico el concepto del bloque en la experimentación agrícola.

ii) Presentar en forma detallada y concisa la metodología de análisis de la información proveniente de experimentos conducidos bajo un diseño de bloques completos al azar y sus extensiones : a) Bloques al azar generalizado y, b) Bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

iii) Presentar con el mayor énfasis posible y bajo el contexto del experimento en cuestión, la interpretación de resultados bajo los diseños estudiados en este trabajo.

2. DEFINICIONES Y CONCEPTOS

2.1 Definiciones

[2.1.1 Diseño Experimental

Ostle (1979) lo define como la secuencia completa de pasos tomados de antemano para asegurar que los datos apropiados se obtendrán de modo que permitan un análisis objetivo que conduzca a deducciones válidas con respecto al problema establecido;] por otra parte* Méndez (1974) lo considera como la forma de asignar los tratamientos a las unidades experimentales.

2.1.2 Tratamiento

‡Se define como una combinación específica de los niveles de diferentes factores[¶] (Bhattacharyya, 1977). Rodríguez (1977) así mismo define el concepto como el procedimiento cuyo efecto va a ser medido y comparado.

2.1.3 Variable Respuesta

Son los valores observados en la unidad experimental, mismos que se realizan para conocer mejor el efecto de los tratamientos (Méndez, 1974).

2.1.4 Repetición

Según Bhattacharyya (1977) es el número de unidades experimentales sobre las cuales un tratamiento en particular es aplicado; en cambio Gill (1978) lo define como la asignación a más de una unidad experimental por el mismo

tratamiento; también es definido como el hecho de colocar -- 1, 2,..... n veces el conjunto de T tratamientos en un experimento (Rodríguez, 1977).

2.1.5 Unidad Experimental

Es la subdivisión menor del material experimental que puede recibir un tratamiento diferente (Méndez, 1974). Así mismo Bhattacharyya (1977) lo define como la unidad básica de las cuales son obtenidas las medidas de respuesta. Rodríguez (1977) define el concepto como aquella unidad a la cual se aplica un tratamiento.

En el caso de la experimentación agrícola es frecuente que la unidad experimental este constituida por la llamada parcela experimental misma que difiere en tamaño y forma según el cultivo. Cochran y Cox (1981) lo definen -- como el conjunto de material al cual se aplica un tratamiento en un sólo ensayo.

2.1.6 Parcela Util

Es la superficie que se obtiene de la parcela experimental, la cual es cosechada y cuyos resultados son utilizados para propósitos de análisis (Méndez, 1974).

2.1.7 Fuente de Variación

Es una técnica mediante la cual la variación total presente en un conjunto de datos se distribuye en varios componentes (fuente de variación), de modo que en el análisis es posible averiguar la magnitud de las contribuciones de cada una de estas fuentes a la variación total -- (Daniel, 1980). Este análisis se emplea básicamente para estimar y probar hipótesis acerca de los efectos de tratamientos o medidas de población (Daniel, 1980).

También es definido como el propósito de -- señalar un método para comprobar la significancia estadística

-tica de las diferencias entre las medidas de varias muestras (Arkin y Coltón, 1977).

2.1.8 Modelo Matemático

Es una representación simbólica de un valor típico tomado de los datos que se están analizando (Méndez, 1977).

2.1.9 Error Experimental

Daniel (1980) lo define como el error en -- que se incurre por nuestra imposibilidad esencial de medir exactamente las variables de nuestro mundo físico. También es conocido como la varianza asociada a la unidad experimental; es decir como la medida de la variabilidad entre unidades experimentales (Rodríguez, 1977).

2.2 El concepto de bloque

Acerca de este tema Méndez (1980) hace mención de lo siguiente:

La experimentación agrícola actual hace un uso casi exclusivo de los bloques, a través de los diseños experimentales tales como bloques al azar, cuadro latino, -- parcelas divididas, latice, etc.

Para corroborar este hecho basta citar algunos estudios censales de la experimentación agrícola. Perce y Hoblyn (1947) en un estudio de la estación experimental -- agrícola de Est Malling de 1919-1947 reportan que "El diseño de más utilidad es el de bloques al azar con o sin parcelas divididas". Cox (1950) en relación a los experimentos efectuados en la estación experimental agrícola de Carolina del -- Norte de 1942 a 1948 encontró que 99.1% de 6317 experimentos se usaron diseños bloques al azar, cuadro latino, parcelas -- divididas y latices.

Panse (1958) en un estudio sobre experimentación agrícola en los países del lejano y Medio Este y el Sureste de Asia encontro en 534 experimentos, únicamente 5 con arreglos sistemáticos, el resto fueron parcelas apareadas, bloques al azar, parcelas divididas, cuadros latinos y diseños factoriales confundidos en bloques incompletos. Casas, Cady (1968) y colaboradores en una encuesta realizada en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de México, informan que el 100% de los experimentos usan el concepto bloque. Como se ve el uso de los bloques es casi universal en la investigación agrícola. Es por ésto, que es sumamente importante tener un concepto claro y preciso de lo que es un bloque en la experimentación agrícola, así como también sus objetivos y su manejo práctico.

* La inferencia estadística en relación a los experimentos, se basa en las pruebas de hipótesis, las cuales funcionan de modo esquemático mediante la evaluación de las probabilidades de observar cierto hecho asumiendo una hipótesis (llamada hipótesis nula). Si las probabilidades son bajas (0.05 ó 0.01 las usuales). Se considera que la hipótesis debe rechazarse y se indique que el hecho observado es significativo. Así al comparar dos variedades de un cultivo, se sabe que existen muchos factores aleatorios que causan variabilidad en los rendimientos de cada variedad como son: fertilidad del suelo, agua, luz, viento, enfermedades, etc.; ya que los rendimientos pueden diferir debido a otros factores de variación aleatorios diferentes al cambio de variedad. Es decir, las parcelas pueden tener rendimientos diferentes, a pesar de que ambas variedades tengan la misma capacidad rendidora, debido a diferencias en fertilidad del suelo, agua, sanidad, etc., entre las parcelas.

Para poder estudiar la diferencia en rendimientos de las variedades, se tendrán que sembrar varias parcelas con cada una de las variedades, para dar oportunidad a que cada variedad esté presente en condiciones ambientales diferentes y también con la esperanza de que las variedades tengan igual oportunidad de estar en zonas buenas y malas de productividad.

El problema fundamental a estudiar es la significancia de la diferencia entre los promedios de las variedades. es decir, se quiere saber cuál es la probabilidad de encontrar una diferencia entre los promedios de las variedades como la observada, suponiendo que las variedades tienen igual capacidad productiva, o sea asumiendo que la diferencia observada se deberá únicamente a factores de variabilidad aleatoria ajenos a las variedades, a los que se denomina error experimental. Si la probabilidad de que una diferencia entre medias sea debida a esos factores aleatorios de variabilidad o error experimental es baja (0.05 ó 0.01), se considerará que la diferencia no es debida a error experimental o factores aleatorios sino que se debe a una diferencia en capacidad productiva entre las variedades, en este caso se dice que las variedades presentan variación significativa estadísticamente.

Como vemos el concepto de error experimental, considerado como la resultante aleatoria de todos los factores no controlados en el experimento, es fundamental para estudiar la significancia entre tratamientos. Esto es porque básicamente se compara la variabilidad atribuida a los tratamientos con la variabilidad atribuida al resto de factores o error experimental. Si la variabilidad atribuida a tratamientos es mucho mayor que la del error experimental entonces es poco

probable (0.05 ó 0.01) que esa variabilidad se presente por fluctuaciones aleatorias y se considera que se debe a que las variedades son distintas y se dice que presentan variabilidad significativa.

La experimentación agrícola de principios del siglo XX y finales del XIX, adolecía del defecto de no tener en cuenta los factores aleatorios de variabilidad ajenos a los tratamientos en estudio y debido a esto hubo poco progreso en la investigación agrícola. Durante la década de los 20 el estadístico matemático Ronald Fisher fué comisionado en la estación agrícola experimental de Rothmasted, Inglaterra; institución que tenía varias décadas de investigación agrícola. Fisher consideró acertadamente, que entre los factores de variabilidad aleatorios ajenos a los tratamientos, sobresalía por su importancia la falta de uniformidad o sea la heterogeneidad del suelo. Además considerando que grupos de parcelas vecinas tienden a tener fertilidad homogénea, introdujo en los diseños experimentales la idea de formar grupos o bloques de unidades experimentales (parcelas) que sean homogéneas dentro de cada grupo, o bloque, aunque entre grupos existan diferencias marcadas, e ideó un modelo matemático -- que permitiera, mediante un análisis estadístico, la eliminación de variación entre bloques. De ésta manera surgió el concepto de bloque que posteriormente ha sido usado en otras áreas de investigación como procesos industriales, sociología, psicología, etc.

Entonces los bloques sirven para eliminar parte de los factores de variación aleatoria que de otro modo irían a aumentar el error experimental.

Fisher propuso que se forzará a que todos los tratamientos aparecieran una vez en cada bloque o grupo de parcelas homogéneas para asegurar que todos los tratamientos — tuvieran la oportunidad de demostrar su potencial productivo en las varias condiciones de suelo (y en ocasiones de manejo) que constituyen los bloques. A éste tipo de arreglo se le llamo "bloques al azar" .

Podemos hacer una analogía ilustrativa del arreglo bloques al azar como sigue; Considérese a un criador de caballos de carreras que desea seleccionar el mejor de 5 caballos (equivalente a tratamientos), sin embargo, el criador sabe que las condiciones de la carrera son variables por la temperatura y humedad ambiental, estado de la pista, velocidad y dirección del viento, etc. (la analogía de dichas condiciones en un experimento esta constituida por el error experimental o sea falta de homogeneidad de las parcelas en su productividad independiente de los tratamientos aplicados). Para probar sus caballos el criador, lo que hace es ponerlos a correr a todos juntos en varias condiciones de la carrera y seleccionar como "El mejor" caballo a aquel que esté entre los primeros lugares para todas las condiciones de carrera. Es importante señalar que es factible que el mejor caballo — sea uno que nunca llegó en primer lugar, pero sin embargo, — éste casi siempre en segundo lugar, éste será el "mejor caballo en promedio". Puede haber caballos muy buenos para pista mojada y malos en otras condiciones, entonces estos caballos no son recomendables para las carreras en general, aunque si lo serán si se asegura que corran sólo en pista mojada.

La analogía con el bloque al azar es considerada a las varias condiciones de carrera como los bloques, así un [tratamiento bueno será aquel que en todos los bloques tenga los más altos rendimientos aunque no necesariamente sea el más alto en todos los bloques. Ese tratamiento en condiciones de cultivo extensivo encontrará variadas condiciones (bloques) en que fué probado y en promedio de esas condiciones será superior a los otros tratamientos.

Así es como Fisher señala que "El hecho esencial que gobierna el análisis es que los errores debidos a heterogeneidad del suelo serán divididos, mediante un buen experimento en dos partes". La primera parte la cual procurará hacer tan grande como sea posible, será completamente eliminada por el arreglo del experimento, de las comparaciones entre tratamientos y se eliminará durante el análisis estadístico de las estimaciones del error. Para la variabilidad restante⁺⁺, que no puede ser controlada de esta manera, no se intentará eliminarla en el campo, pero en cambio, será aleatorizada cuidadosamente para proveer una estimación válida de los errores que se presenten en el experimento.

Nótese que el error experimental queda constituido fundamentalmente por la falta de homogeneidad entre las parcelas de un mismo bloque. Así dentro del mismo bloque hay mucha heterogeneidad el error experimental será muy grande, bajando la precisión del experimento.

El modelo matemático propuesto por Fisher para el diseño de Bloques al Azar es el siguiente:

$$Y_{ij} = U + t_i + B_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, r$$

⁺⁺Es la variabilidad que queda presente entre las parcelas de un mismo bloque. Principal contribución del error experimental.

Donde Y_{ij} es la observación (rendimiento, número de frutos, contenido de proteína, etc.), de el tratamiento i en el bloque j .

U es un efecto de media general

t_i es el efecto del tratamiento i , que se expresa como valores positivos para tratamientos con valores promedio superiores a la media general y con valores negativos para tratamientos con promedios menores a la media general del experimento.

B_j es el efecto del bloque j , que también se expresa como valores positivos para bloques con productividad promedio superior a la media general y negativos en caso contrario.

E_{ij} es un error aleatorio que surge por el efecto conjunto de todos los factores no controlados en el diseño y que causan heterogeneidad en las observaciones. Se asume que son errores con la misma distribución normal y con independencia.

La necesidad de aleatorizar los tratamientos dentro de bloques, surge porque es un medio para evitar errores sistemáticos (o sea favorecer consciente e inconscientemente a algunos tratamientos). Además, la aleatorización persigue otro objetivo, que es el de procurar una mayor concordancia entre las condiciones del modelo matemático y la situación real del experimento, a este punto Méndez hace mención a lo dicho por Yates (1939), cuando dice: "Para su aplicación correcta, el método de mínimos cuadrados (análisis de todos los diseños experimentales) se requiere que cualquier componente de variación que no es eliminado por el diseño tenga distribución de probabilidades normal e independiente. Ahora bien, es evidente que los rendimientos de las parcelas agrícolas, aún después de eliminar efectos de que no se distri -

-buyen independientemente. Las parcelas vecinas tienden a -- estar correlacionadas positivamente, ésto destruye completamente la base teórica del método de mínimos cuadrados y en particular puede viciar completamente la estimación del error y las pruebas de significancia. La dificultad puede ser resuelta, como lo propone Fisher, mediante la introducción de la aleatorización al diseño. Esto tiene el efecto de remover el disturbio debido a la correlación de parcelas vecinas, de manera que los rendimientos pueden ser manejados como si sus errores estuvieran no correlacionados".

Entonces al planear un experimento en bloques al azar debe buscarse que los bloques absorban la mayor heterogeneidad del suelo, esto se logra colocando los bloques de modo que las diferencias de fertilidad entre los bloques -- sean máximas y que las parcelas dentro de cada bloque sean lo más homogéneas posible.

Si se encuentra significancia de bloques (o repeticiones) en el análisis de varianza, es una indicación de que el diseño está controlando la mayor parte de la variación -- del suelo mediante los bloques.

[Si durante el desarrollo de un experimento se efectuará alguna práctica (irrigación, aspersión de pesticidas, cosecha, etc.), que no puede ser efectuada de un modo uniforme, debe procurarse entonces que si se introduce heterogeneidad por esa práctica, esta heterogeneidad sea entre --- bloques y no dentro de bloques.] Así es factible regar un --- bloque o repetición un día y los otros otro día, o bien cosechar un bloque o repetición completa en un día diferente a los demás bloques.

3. CLASIFICACION DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES

Varias clasificaciones para diseños aleatorizados han sido realizadas por diferentes investigadores. Tales ejemplos son el dividir los diseños en completamente al azar, bloques completos al azar, cuadro latino, y variaciones de bloques incompletos.

Una clasificación más completa es la presentada por Federer (1955), la cual se puede establecer en el siguiente esquema.

—1. Sistemáticos.—

Son aquellos en que los tratamientos son asignados sistemáticamente por el diseño.

— 2. Aleatorios.—

Son aquellos en los cuales los tratamientos son asignados en forma aleatoria a las unidades experimentales.

— 2.1 Bloques Completos.—

Son aquellos en los cuales todos los tratamientos aparecen juntos en un bloque.

2.1.1 Bloques completos al azar

2.1.2 Cuadro latino

2.1.3 Crass-over

2.1.4 Cuadro grecolatino

2.1.5 Cuadro hiper-grecolatino

2.2 Bloques Incompletos.-

Son aquellos en los cuales todos los tratamientos no aparecen en un bloque.

2.2.1 Parcialmente balanceados

2.2.2 Balanceado

2.3 Otros diseños

2.3.1 Parcialmente balanceados con una restricción.

2.3.1.1 Lattice simple

2.3.1.2 Lattice triple

2.3.1.3 Lattice cúbico

2.3.1.4 Parcelas divididas

2.3.2 Parcialmente balanceados con dos restricciones

2.3.2.1 Lattice cuadrado incompleto

2.3.2.2 Lattice cuadrado semi balanceado

2.3.2.3 Parcelas sub divididas

2.3.3 Cuadro latino incompleto

2.3.3.1 Cuadro de Youden

2.3.3.2 Cuadro quasi-latino

2.3.3.3 Cuadro semi latino

La clasificación expresada anteriormente indica la gran diversidad de diseños experimentales disponibles para el investigador.

4. DISEÑOS DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR

4.1 BLOQUES AL AZAR

4.1.1 Descripción

Definición.- Zarate (1981) menciona que un diseño de bloques al azar es aquel en que:

* i) Las unidades experimentales se distribuyen en grupos o bloques de tal manera que estas unidades --- sean homogéneas dentro de cada bloque.

* ii) El número de unidades experimentales --- dentro de cada bloque debe ser igual al número de tratamientos por investigar.

∫ iii) Los tratamientos se asignan al azar a -- las unidades experimentales dentro de cada bloque.

De la misma forma y con respecto a la definición Martinez (1981) indica que la caracterización de este diseño es que todos los tratamientos aparecen una vez en cada uno de los bloques y sobre todo que los tratamientos se asignan en forma aleatoria sobre las unidades experimentales independientemente de cada bloque.

4.1.2 Utilización

Este diseño se puede emplear cuando se pueda distinguir la presencia de una fuente de variabilidad en las unidades experimentales, o sea, se recomienda cuando las unidades experimentales pueden agruparse de acuerdo a los nive-

-les de variación de una fuente de variabilidad (Wayne, --- 1981).

4.1.3 Ventajas y Desventajas

4.1.3.1 Ventajas

i) Al responder todas las unidades experimentales de cada bloque a un diferente nivel de una -- fuente de variabilidad, ésto permite eliminar de la variabilidad total existente en todas las unidades, aquella variabilidad debida a dicha fuente.

ii) Es fácil de analizar, además de .que se pueden eliminar uno o varios tratamientos del análisis sin complicarlo , ésto se puede usar cuando algunos trata -- mientos producen errores mayores que otros o cuando la pro -- ducción de algunos es mucho mayor que la de otros, o bien si se pierde algún tratamiento por causas del efecto del mismo tratamiento.

4.1.3.2 Desventajas

i) No es muy apropiado para un --- elevado número de tratamientos, debido a que ésto aumenta el tamaño del bloque lo cual tiene como consecuencia un aumento en la variabilidad dentro de cada bloque y por ende el error.

ii) En caso de que la interacción . bloque por tratamiento sea de consideración, se incrementará el valor del error experimental.

4.1.4 Modelo Matemático

El modelo que representa este diseño expe -- rimental está dado por la siguiente expresión:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = representa cada uno de los valores observados en las unidades experimentales correspondientes al i -ésimo tratamiento dentro del j -ésimo bloque; -
 $i = 1, 2, \dots, t$ $j = 1, 2, \dots, b$

U = representa el efecto de la media general (efecto común a todas las observaciones).

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento.

B_j = efecto del j -ésimo bloque.

E_{ij} = efecto (aleatorio) del error experimental.

* 4.1.5 Hipótesis que se prueban

En el diseño de bloques al azar las hipótesis que se prueban, mediante el análisis de la información de un experimento son:

$$H_0 : T_1 = T_2 = \dots \dots \dots T_t$$

$$H_1 : \text{existe al menos un } T_i \neq T_j ; i \neq j$$

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

En la hipótesis nula (H_0) se plantea que todos los tratamientos tienen un efecto similar con respecto a los valores de la variable estudiada.

En la hipótesis alternativa (H_1) se plantea que existe al menos un tratamiento cuyo efecto es diferente a otro de los restantes, con respecto a la misma variable.

Para realizar la prueba de hipótesis se utiliza la prueba de F ; obteniéndose el valor estadístico de prueba a partir de la metodología que se indica en el análisis de la varianza (ANVA).

4.1.6 Análisis de Varianza

Quando un experimento conducido en campo — donde se prueban t tratamientos y b bloques y cuyos resultados serán analizados bajo un modelo de bloques al azar, los valores observados pueden ser ordenados en una tabla de la siguiente forma.

Ordenamiento de los valores observados en el experimento que serán analizados bajo un modelo de bloques al azar.

BLOQUES	TRATAMIENTOS						TOTALES DE BLOQUE
	1	2	3	.....	T		
1	Y_{11}	Y_{21}	Y_{31}	.....	Y_{t1}		$Y_{.1}$
2	Y_{12}	Y_{22}	Y_{32}	.....	Y_{t2}		$Y_{.2}$
3	Y_{13}	Y_{23}	Y_{33}	.....	Y_{t3}		$Y_{.3}$
.
.
.
b	Y_{1b}	Y_{2b}	Y_{3b}	.....	Y_{tb}		$Y_{.b}$
TOTALES DE TRATAMIENTOS	$Y_{1.}$	$Y_{2.}$	$Y_{3.}$	.....	$Y_{t.}$		$Y_{..}$

En ésta tabla se observa que;

$Y_{.1}$ es la suma de todos los valores del bloque 1
 $Y_{.2}$ " " " " " " " " " " 2

- $Y_{.b}$ es la suma de todos los valores del bloque b
 $Y_{1.}$ es la suma de todos los valores observados del trat. 1
 $Y_{2.}$ " " " " " " " " " " " " 2
 .
 .
 .
 $Y_{t.}$ es la suma de todas las observaciones

 t = número de tratamientos
 b = número de bloques

Para la realización del análisis de la varianza se procede de la manera siguiente:

i) Cálculo del Factor de Corrección (FC) mediante la siguiente expresión:

$$FC = \frac{Y_{..}^2}{tr}$$

ii) Cálculo de los Grados de Libertad para tratamientos (G.L. TRAT).

$$G.L. TRAT = t-1$$

iii) Cálculo de los Grados de Libertad para bloques (GLB)

$$GLB = b-1$$

iv) Cálculo de los Grados de Libertad para el error (GLE).

$$GLE = (t-1)(b-1)$$

v) Cálculo de los Grados de Libertad para el total (GLT).

$$GLT = tr-1$$

vi) Cálculo de la Suma de Cuadrados para tratamientos (SC TRAT)

$$SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y_i^2}{b} - FC$$

vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para bloques (SCB).

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{t} - FC$$

Donde $\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2 = Y_{.1}^2 + Y_{.2}^2 + Y_{.3}^2 + \dots + Y_{.b}^2$

viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el total (SCT).

$$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FC$$

Donde

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 \text{ indica la suma de cada una de las observaciones obtenidas en}$$

el experimento, es decir:

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 = Y_{11}^2 + \dots + Y_{1b}^2 + Y_{21}^2 + Y_{22}^2 + \dots + Y_{2b}^2 + \dots + Y_{tb}^2$$

ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error (SCE).

$$SCE = SCT - SC \text{ TRAT} - SCB$$

x) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos (CM TRAT)

$$CM \text{ TRAT} = \frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}}$$

Nota: $\sum_{i=1}^t Y_i^2$ indica que se deben elevar al cuadrado y sumar cada uno de los totales de tratamientos es decir: $\sum_{i=1}^t Y_i^2 = Y_1^2 + Y_2^2 + Y_3^2 + \dots + Y_t^2$

xi) Cálculo del Cuadrado Medio para el error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{GLE}$$

xii) Cálculo del estadístico de prueba ó el valor de la F calculada (Fc) para tratamientos.

$$F_c = \frac{CM \text{ TRAT}}{CME}$$

xiii) Obtener el valor de la F tablas (Ft) con t-1 Graos de Libertad en el numerador y (t-1)(b-1) en el denominador - (tabla 1 del apéndice).

xiv) Comparar los valores de Fc y Ft para concluir de acuerdo al criterio de decisión establecido.

Si $F_c \geq F_t \rightarrow$ rechazar H_0

Si $F_c < F_t \rightarrow$ no rechazar H_0

El resumen de este análisis se puede observar en forma sintetizada en el Cuadro 1.

4.1.7 Ejemplo Numérico

Para la ilustración del establecimiento del experimento y análisis de la información bajo un diseño de bloques al azar, considerese la siguiente situación:

En un campo experimental de cierta región del país se estableció un experimento durante el ciclo Primavera - Verano para comparar el rendimiento de 5 variedades de frijol. Los resultados del experimento fueron analizados bajo un diseño completamente al azar, ya que el terreno era relativamente homogéneo en lo que a pendiente, condición de humedad y gradiente de fertilidad se refería. El experimento tenía la siguiente localización, (Figura 1)

Cuadro 1. Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
TRATAMIENTOS	t-1	$\frac{\sum_{i=1}^t Y_i^2}{b} - FC$	$\frac{SC\ TRAT}{GL\ TRAT}$	$\frac{CM\ TRAT}{CME}$
BLOQUES	b-1	$\frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{t} - FC$	$\frac{SCB}{GLB}$	
ERROR	(t-1)(r-1)	SCT-SC TRAT-SCB	$\frac{SCE}{GLE}$	
TOTAL	(tr-1)	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FC$		

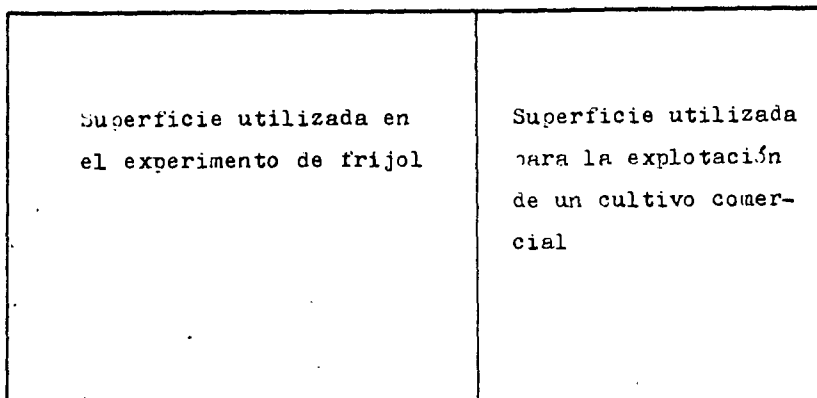


Fig. 1

Para el ciclo de cultivo siguiente (invierno) se desea establecer un experimento para observar el efecto que sobre el rendimiento de grano presentan 4 variedades de trigo. Las necesidades para dicho establecimiento en lo que a terreno - se refiere, ya que se desean 4 repeticiones por tratamiento y con respecto a la figura anterior se muestra en la figura 2.

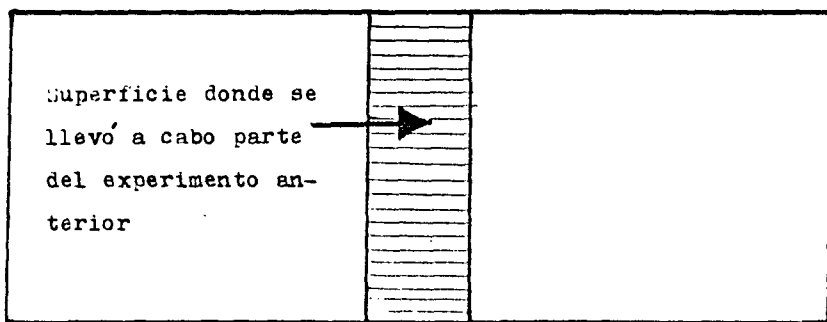


Fig. 2

Superficie necesaria para el --
experimento.

Ante una situación como la que se indica en la figura anterior, el investigador debe suponer que ahora la condición del terreno no es homogénea en lo que a fertilidad del suelo se refiere (considerando la característica que tiene el cultivo de frijol de fijar nitrógeno atmosférico), es decir, existe una fuente de variación que puede ocasionar cambios en el rendimiento del trigo, aparte de las diferencias que pueda ocasionar el efecto de variedades.

Es en este caso cuando el investigador puede utilizar el presente diseño, ya que dicha fuente de variabilidad puede ser controlada mediante el bloqueo del terreno.

Al realizar el bloqueo, el terreno para el establecimiento del experimento quedaría como se presenta en la figura 3.

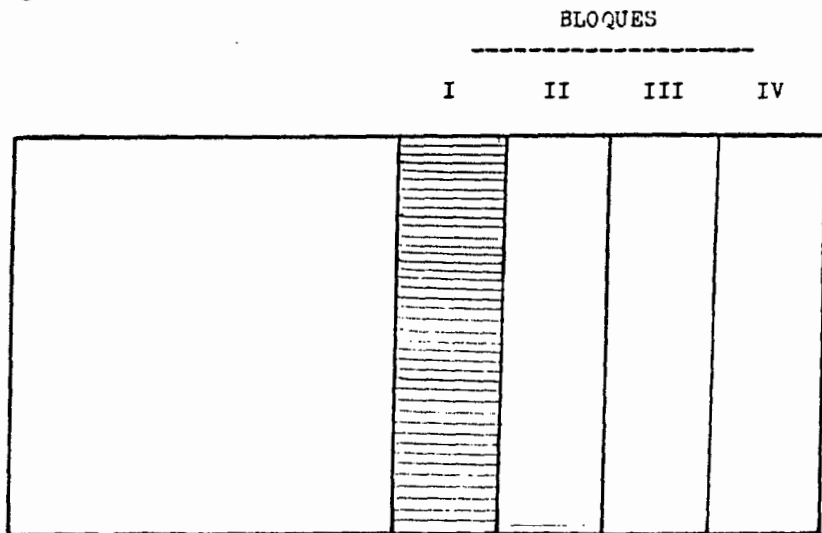


Fig. 3

Hipótesis que se prueban en el experimento son:

$$H_0 : T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

Es decir que no existen diferencias significativas en los rendimientos por efecto de variedad.

$$H_1 : \text{Existe al menos un } T_i \neq T_j ; i \neq j$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, 3, 4$$

Es decir que existe al menos un tratamiento cuyo rendimiento presenta diferencias significativas con respecto a las demás variedades.

Habiendo definido el diseño experimental, se procede al trazo de las parcelas (en este caso son las unidades experimentales) para la posterior asignación de los tratamientos a cada parcela independientemente en cada bloque.

Se ha dicho que la asignación se realizará en forma aleatoria, por lo que considerando los valores de la tabla 2 del apéndice, la distribución de los tratamientos en el campo -- será como lo indica el cuadro 2 .

BLOQUES			
1	2	3	4
1 (2.6)	2 (2.5)	4 (2.5)	4 (2.5)
3 (2.8)	1 (2.7)	2 (2.4)	2 (2.5)
2 (2.2)	3 (2.5)	1 (3.0)	1 (2.9)
4 (2.3)	4 (2.7)	3 (2.9)	3 (2.6)

Cuadro 2

Los números entre paréntesis representan los rendimientos obtenidos en kg/parcela útil.

Para el análisis de la información se procede a partir del ordenamiento de los valores obtenidos en el experimento (números entre paréntesis del cuadro 2), y la realización del análisis de la varianza para probar la hipótesis de interés. En este ejemplo el ordenamiento será:

BLOQUES	TRATAMIENTOS				TOTALES DE BLOQUE
	1	2	3	4	
1	2.6	2.2	2.8	2.3	9.9
2	2.7	2.5	2.5	2.7	10.4
3	3.0	2.4	2.9	2.5	10.8
4	2.9	2.5	2.6	2.5	10.5
TOTALES DE TRATAMIENTO	11.2	9.6	10.8	10.0	<u>41.6</u>

Procediendo a realizar el análisis de varianza se tiene:

i) Cálculo del Factor de Corrección

$$FC = \frac{Y..^2}{tb} = \frac{(41.6)^2}{4(4)} = \frac{1730.56}{16}$$

$$FC = \underline{\underline{108.16}}$$

ii) Cálculo de los Grados de Libertad para tratamiento

$$GL \text{ TRAT} = t-1 = 4-1$$

$$GL \text{ TRAT} = \underline{\underline{3}}$$

iii) Cálculo de los Grados de Libertad para bloques.

$$GLB = b-1 = 4-1$$

$$GLB = 3$$

iv) Cálculo de los Grados de Libertad para el error.

$$GLE = (t-1)(b-1) = (4-1)(4-1) = (3)(3)$$

$$GLE = 9$$

v) Cálculo de los Grados de Libertad para el total.

$$GLT = tr-1 = (4)(4)-1 = 16-1$$

$$GLT = 15$$

vi) Cálculo de la Suma de Cuadrados para tratamientos.

$$SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i.}^2}{b} - FC$$

$$= \frac{(11.2)^2 + (9.6)^2 + (10.8)^2 + (10.0)^2}{4} - 108.16$$

$$= \frac{434.24}{4} - 108.16 = 108.56 - 108.16$$

$$SC \text{ TRAT} = \underline{\underline{.40}}$$

vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para bloques.

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{t} - FC$$

$$= \frac{(9.9)^2 + (10.4)^2 + (10.8)^2 + (10.5)^2}{4} - 108.16$$

$$= \frac{433.06}{4} - 108.16 = 108.265 - 108.16$$

$$SCB = \underline{\underline{.105}}$$

viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el total.

$$\begin{aligned}
 SCT &= \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2 - FC \\
 &= (2.6)^2 + (2.5)^2 + (2.5)^2 + (2.5)^2 + (2.8)^2 + \dots \\
 &\quad \dots + (2.6)^2 - 108.16 \\
 &= 108.9 - 108.16 \\
 SCT &= \underline{\underline{.740}}
 \end{aligned}$$

ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error.

$$\begin{aligned}
 SCE &= SCT - SC \text{ TRAT} - SCB \\
 &= .740 - .400 - .105 \\
 SCE &= \underline{\underline{.235}}
 \end{aligned}$$

x) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos.

$$\begin{aligned}
 CM \text{ TRAT} &= \frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}} = \frac{.400}{3} \\
 CM \text{ TRAT} &= \underline{\underline{.133}}
 \end{aligned}$$

xi) Cálculo del Cuadrado Medio para el error.

$$\begin{aligned}
 CME &= \frac{SCE}{GLE} = \frac{.235}{9} \\
 CME &= \underline{\underline{.026}}
 \end{aligned}$$

xii) Cálculo del estadístico de prueba (F calculada).

$$\begin{aligned}
 Fc &= \frac{CM \text{ TRAT}}{CME} = \frac{.133}{.026} \\
 Fc &= \underline{\underline{5.11}}
 \end{aligned}$$

xiii) Obtener el valor de F tablas (Ft).

Para la obtención de este resultado⁺ se emplean los valores de la tabla 1 del apéndice. La lectura del valor --- correspondiente es considerando la parte superior de la ---- tabla los grados de libertad para tratamientos (en éste ---- ejemplo 3) y en la parte de la izquierda los grados de libertad del error (en éste ejemplo 9), siendo en este caso el -- valor de 3.86 para un $\alpha = .05$

4.1.3 Interpretación de resultados

En la comparación de valores se tiene que:

$$F_c = 5.11 \text{ y } F_{t, \alpha = .05} = 3.86$$

Por lo que:

$$F_c > F_t$$

En base a este resultado y de acuerdo al criterio de --- decisión establecido se concluye que se debe rechazar la ---- hipótesis nula.

La conclusión de acuerdo al contexto del problema sería la siguiente:

Los resultados obtenidos en éste experimento permiten -- concluir que con un 95% de confiabilidad existen diferencias -- en los rendimientos obtenidos considerandose significativos - ($\alpha = .05$) y las cuales son ocasionadas por el efecto de las variedades probadas.

El resumen de la información obtenida en el análisis de este experimento se presenta en el cuadro 3.

⁺ El investigador establece un valor de probabilidad, - que le permita emitir sus conclusiones con un cierto grado de confiabilidad, usualmente se establece el 95% ó 99%. lo cual equivale a observar las tablas para un valor de probabilidad de $\alpha = .05$ y $\alpha = .01$ respectivamente.

Cuadro 3. Analisis de la varianza para la variable rendimiento por efecto de la variedad bajo el modelo bloques al azar.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
TRATAMIENTOS	3	.47	.133	5.11 *
BLOQUES	3	.105	.035	
ERROR	9	.235	.026	
TOTAL	15	.747		

* Indica diferencias significativas ($\alpha = .05$)

4.2 DISEÑO DE BLOQUES AL AZAR GENERALIZADO (DBAG)

4.2.1 Descripción

Definición.- Sahagún (1978) considera al -- (DBAG) en cierta forma, similar al diseño de bloques al azar con la diferencia fundamental de que en el generalizado los bloques están constituidos por un número nt de unidades experimentales, a las cuales en forma completamente aleatoria se asignan los t tratamientos en estudio, de manera que cada tratamiento sea aplicado a n unidades experimentales; es decir, en cada bloque de nt de unidades experimentales se hace la asignación de los tratamientos como si se tratara de un diseño completamente aleatorio donde se estudian t tratamientos con n repeticiones.

En forma similar Martínez (1981) lo considera como una extensión al diseño de bloques al azar, el cual se originó cuando se ensayan t tratamientos en b bloques --- completos al azar pero el tratamiento i se repite n veces -- dentro de cada bloque para cualquier i .⁺⁺

4.2.2 Utilización

Su utilidad es similar a la planteada por Wayne (1981) para el diseño bloques al azar, es decir, se -- emplea cuando se detecta la presencia de una fuente de variación en las unidades experimentales, además se utiliza ---- cuando la interacción bloque por tratamiento no se puede ---

⁺⁺Se puede considerar que si:

$n > 1$ y $b = 1$	se considerará un diseño completamente al azar
$n = 1$ y $b > 1$	" " " " bloques al azar
$n > 1$ y $b > 1$	" " " " bloques al azar generalizado

considerar negligible, y por lo tanto se desean realizar -- inferencias sobre este efecto (Sahagún, 1981).

4.2.3 Ventajas y Desventajas

4.2.3.1 Ventajas

Además de las expresadas por Martí-
nez (1981) para el diseño de bloques al azar, se tiene la --
gran ventaja de no requerir independendencia entre bloques y --
tratamientos (Santizo, 1979).

4.2.3.2 Desventajas

Se tienen las mismas desventajas --
del diseño de bloques al azar, además de que se puede esta --
blecer la restricción de que el número de repeticiones de --
los diferentes tratamientos dentro de cada bloque debe de --
ser el mismo, ya que de otra forma se presenta un caso deno-
minado de bloques completos desbalanceados.

4.2.4 Modelo Matemático

Como se ha definido anteriormente éste dise-
ño el modelo correspondiente es:

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ijk}$$

$$i=1, 2, 3, \dots, t; j=1, 2, 3, \dots, b; k=1, 2, 3, \dots, n$$

Donde:

Y_{ijk} = valor correspondiente a la k-esima observación
del j-esimo bloque del i-esimo tratamiento.

U = efecto del promedio general común a todas las -
observaciones.

T_i = efecto del i-esimo tratamiento.

B_j = efecto del j-esimo bloque.

$(TB)_{ij}$ = efecto de la interacción del bloque por trata--

-miento

E_{ijk} = efecto del elemento aleatorio (error experimental).

4.2.5 Hipótesis que se prueban

En el análisis del diseño de bloques al azar generalizado las pruebas que se pueden realizar mediante el análisis de la varianza son:

$$1) H_0 : T_1 = T_2 = \dots = T_t$$

$$H_1 \exists \text{ al menos un } T_i \neq T_j \quad i \neq j$$

$$2) H_0 : (TB)_{ij} = 0$$

$$H_1 (TB)_{ij} \neq 0$$

En la primera hipótesis se plantea que no existe un efecto significativo entre los tratamientos bajo estudio sobre la variable respuesta; en la hipótesis alternativa se establece que existe al menos un tratamiento cuyo efecto sobre la variable respuesta si presenta diferencias significativas (para un nivel establecido) con respecto a los demás tratamientos.

En la segunda hipótesis se establece que no existen diferencias significativas por efecto de la interacción contra la hipótesis alternativa de que dicho efecto si es significativo en los valores de la variable bajo estudio.

Estas hipótesis se llevan a cabo utilizando la prueba de F, por lo que los valores de los estadísticos de prueba se pueden obtener siguiendo la metodología del análisis de la varianza. Los valores de tablas se obtienen utilizando los valores de la tabla 1 del apéndice.

Para obtener el valor de F de tablas en el caso de la primera hipótesis se lee con t-1 en el numerador y

$(tb)(n-1)$ gl en el denominador.

Para la segunda prueba el valor se lee con $(b-1)(t-1)$ gl en el numerador y $(tb)(n-1)$ gl en el denominador, es decir,

$$\begin{array}{l} \text{Primera hipótesis } F_{\bar{t}, \alpha} = \frac{(t-1)}{(tb)(n-1)} \\ \text{Segunda hipótesis } F_{\bar{t}, \alpha} = \frac{(t-1)(b-1)}{(tb)(n-1)} \end{array}$$

4.2.6 Análisis de Varianza

Si un experimento en condiciones de campo y cuyos resultados serán analizados bajo el modelo de un diseño de bloques al azar generalizado, dichos resultados pueden ser ordenados de la manera como se indica en el cuadro 4.

Para el análisis del cuadro 4, es conveniente expresar la siguiente notación.

Si Y_{ijk} representa la k -observación del j -ésimo bloque donde se aplicó el i -ésimo tratamiento, además se tiene que los sub índices pueden tomar los siguientes valores:

$$i = 1, 2, \dots, t$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

Donde:

t = número de tratamientos

b = " " bloques

n = " " veces que se repite cada tratamiento en cada bloque.

Cuadro 4. Forma de ordenar los resultados obtenidos en un experimento que ha sido conducido bajo un diseño de bloques al azar generalizado.

B L O Q U E S	T R A T A M I E N T O S													
	1			Total	2			Total	t					
1	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	...
	111	112	11n	11.	211	212	21n	21.	t11	t12	t1n	t1.	...	.1.
2	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	...
	121	122	12n	12.	221	222	22n	22.	t21	t22	t2n	t2.	...	.2.
3	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	...
	131	132	13n	13.	231	232	23n	23.	t31	t32	t3n	t3.	...	.3.
.														
.														
.														
b	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	Y	... Y	Y	Y	...
	1b1	1b2	1bn	1b.	2b1	2b2	2bn	2b.	tb1	tb2	tbn	tb.	...	.b.
				Y				Y				Y	...	...
				1..				2..				t..	...	...

$$\sum_{i=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{11k} = Y_{11}.$$

Suma de las n repeticiones del trat. 1 en el bloque 1

$$\sum_{i=1}^1 \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{12k} = Y_{12}.$$

Suma de las n repeticiones del trat. 1 en el bloque 2

.

.

.

.

$$\sum_{i=1}^1 \sum_{j=b}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{1bk} = Y_{1b}.$$

Suma de las n repeticiones del trat. 1 en el bloque b

$$\sum_{i=2}^2 \sum_{j=1}^1 \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{21k} = Y_{21}.$$

Suma de las n repeticiones del trat. 2 en el bloque 1

.

.

.

.

$$\sum_{i=2}^2 \sum_{j=b}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{2bk} = Y_{2b}.$$

Suma de las n observaciones del trat. 2 en el bloque b

.

.

.

.

$$\sum_{i=t}^t \sum_{j=b}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{k=1}^n Y_{tbk} = Y_{tb}.$$

Suma de las n observaciones del trat. t en el bloque b

$$\sum_{i=1}^1 \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{1jk} = Y_{1..} \text{ Suma del total de - observaciones del - trat. 1}$$

$$\sum_{i=2}^2 \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{2jk} = Y_{2..} \text{ Suma del total de - observaciones del - trat. 2}$$

⋮

$$\sum_{i=t}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{tjk} = Y_{t..} \text{ Suma del total de - observaciones del - trat. t}$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^1 \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{i=1}^t \sum_{k=1}^n Y_{i1k} = Y_{:1.} \text{ Suma del total de - observaciones del - bloque 1}$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=2}^2 \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{i=1}^t \sum_{k=1}^n Y_{i2k} = Y_{:2.} \text{ Suma del total de - observaciones del - bloque 2}$$

⋮

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=b}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \sum_{i=1}^t \sum_{k=1}^n Y_{ibk} = Y_{:b.} \text{ Suma del total de - observaciones del - bloque b}$$

$$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = Y_{...} \text{ Suma del total de observaciones en el experimento (gran total)}$$

Con la notación anterior se procede a la realización -- del análisis de la varianza, el cual se lleva a cabo con la determinación de los valores siguientes:

i) Cálculo del Factor de Corrección (FC)

$$FC = \frac{Y_{..}^2}{tbn}$$

ii) Cálculo de los Grados de Libertad para tratamientos (GL TRAT)

$$GL \text{ TRAT} = t-1$$

iii) Cálculo de los Grados de Libertad para bloques (GLB)

$$GLB = b-1$$

iv) Cálculo de los Grados de Libertad para la interacción (TB) GL INT

$$GL \text{ INT} = (t-1)(b-1)$$

v) Cálculo de los Grados de Libertad para el error (GLE)⁺

$$GLE = tb (n-1)$$

vi) Cálculo de los Grados de Libertad para el total (GLT)

$$GLT = (tbn)-1$$

vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para tratamientos --

$$(SC \text{ TRAT}) \quad SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - FC$$

Donde:

$$\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2 = Y_{1..}^2 + Y_{2..}^2 + \dots + Y_{3..}^2$$

⁺ Los GLE también se obtienen por diferencia; ésto es:

$$GLE = GLT - GL \text{ TRAT} - GLB - GL \text{ INT}$$

viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para bloques (SCB)

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y^2 \cdot j}{tn} - FC$$

Donde:

$$\sum_{j=1}^b Y^2 \cdot j = Y^2 \cdot 1 + Y^2 \cdot 2 + Y^2 \cdot 3 + \dots + Y^2 \cdot b.$$

ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados para la interacción

(SC INT)

$$SC INT = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^t Y^2 \cdot i}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b Y^2 \cdot j}{tn} + FC$$

x) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el total (SCT)

$$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y^2_{ijk} - FC$$

xi) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error (SCE)

$$SCE = SCT - SC TRAT - SCB - SC INT$$

xii) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos

(CM TRAT)

$$CM TRAT = \frac{SC TRAT}{GL TRAT}$$

xiii) Cálculo del Cuadrado Medio para bloques (CMB)

$$CMB = \frac{SCB}{GLB}$$

xiv) Cálculo del Cuadrado Medio para el error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{GLE}$$

xv) Cálculo de la F calculada para tratamientos (Fc TRAT)

$$F_{c, TRAT} = \frac{CM TRAT}{CME}$$

xvi) Cálculo de la F_c para la interacción (F_c INT)

$$F_c \text{ INT} = \frac{CM \text{ INT}}{CME}$$

- xvii) Obtener los valores de F_t para tratamientos y para la interacción al nivel de significancia deseado
- xviii) Comparar los valores de F_o y F_t para concluir de acuerdo al criterio de decisión establecido.

El resumen de este análisis se puede observar en forma sintetizada en el cuadro 5 .

4.2.7 Ejemplo Numérico

Supongase que se desea conducir un experimento para comparar el efecto que sobre el rendimiento de cierto cultivo pueden tener 4 fuentes de fertilizante nitrogenado.

Para la realización de este experimento se cuenta con material experimental suficiente para establecer un cierto número de repeticiones, a excepción de que solamente se cuenta con una superficie con determinadas características, figura 4 .

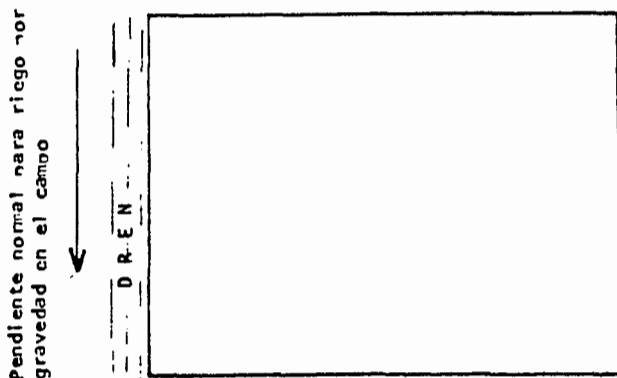


Fig. 4

Cuadro 5. Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar generalizado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
TRATAMIENTOS	t-1	$\frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{tbn}$	$\frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}}$	$\frac{CM \text{ TRAT}}{CME}$
BLOQUES	b-1	$\frac{\sum_{i=1}^b Y_{.j.}^2}{tn} - \frac{Y_{...}^2}{tbn}$		
INTERACCION	(t-1)(b-1)	$\frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij.}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2}{tn} + \frac{Y_{...}^2}{tbn}$	*	$\frac{CM \text{ TRAT}}{CME}$
ERROR	tb(n-1)	SCT - SC TRAT - SCB - SC INT	$\frac{SCE}{GLE}$	
TOTAL	tbn-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{tbn}$		

*
$$\frac{SC \text{ INT}}{GL \text{ INT}}$$

El investigador ante una situación de este tipo puede tomar la decisión de emplear para el análisis de la información el diseño de bloques al azar, ya que se puede pensar -- que la superficie adyacente al dren puede tener un mayor contenido de humedad que la superficie que se encuentra en el -- otro extremo.

Debido a ésta fuente de variabilidad (diferencias de -- humedad en el terreno) no existe una homogeneidad en las --- unidades experimentales (parcelas) por lo tanto el rendimiento de cada parcela es influenciado.

Por otra parte se puedé pensar que los factores humedad en el terreno y fuente de fertilizante nitrogenado pueden -- tener un efecto dependiente, es decir, que estos factores -- pueden interaccionar de una forma significativa sobre los -- posibles valores del rendimiento en el cultivo bajo estudio.

Ante tal situación el diseño de bloques al azar genera- lizado es el más adecuado.

Para el bloqueo correspondiente de la citada fuente de variación se procede formando los bloques en la forma en que se indica en la figura 5.

Las hipótesis que se prueban son:

$$a) H_0 : T_1 = T_2 = T_3 = T_4$$

$$H_1 : \text{Existe al menos un } T_i \neq T_j \quad i \neq j \quad i, j = 1, 2, 3, 4$$

$$b) H_0 : (TB)_{ij} = 0 \quad i = 1, 2, \dots, t$$

$$H_1 : (TB)_{ij} \neq 0 \quad j = 1, 2, \dots, b \quad \text{para toda } i, j$$

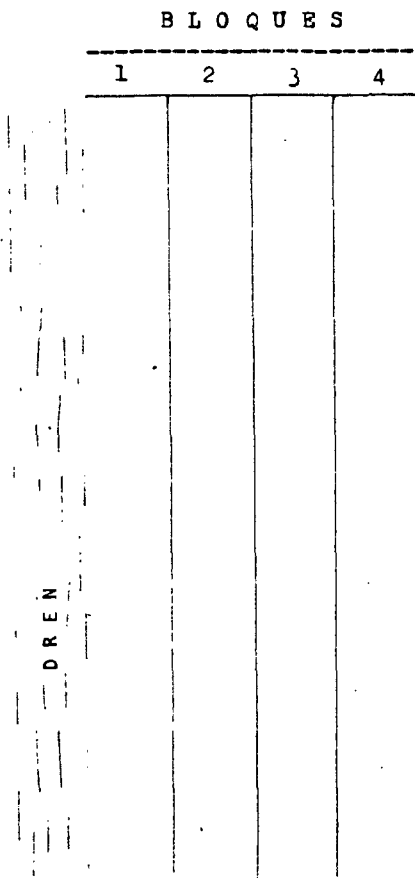


Fig. 5 Bloqueo de la ---
fuente de varia -
ción contenido de
humedad en el sue
lo para la reali -
zación del experi -
mento.

Debido a que el efecto de la interacción bloque (conteni do de humedad) por tratamiento (fuente de fertilizante nitro genado) no se puede considerar despreciable, se utiliza el -- diseño de bloques al azar generalizado con dos repeticiones - por tratamiento en cada bloque.

La asignación aleatoria de los tratamientos en cada blo que se presenta en la figura 6. Así mismo los valores entre - paréntesis, indican los rendimientos por parcela útil en ---- kilogramos.

B L O Q U E S

	1	2	3	4
D R E N	B (12)	A (10)	C (10)	D (13)
	D (14)	B (13)	A (9)	B (11)
	A (8)	C (11)	D (18)	C (16)
	C (10)	D (14)	B (11)	A (16)
	A (9)	D (18)	D (16)	A (18)
	D (11)	B (11)	C (12)	B (12)
	C (11)	C (13)	B (10)	C (14)
	B (13)	A (10)	A (11)	D (11)

Fig. 6 Asignación de tratamientos en cada bloque con los --- rendimientos por parcela útil en kg.

A = SULFATO DE AMONIO $SO_4(NH_4)_2$

B = NITRATO DE AMONIO NO_3NH_4

C = UREA $CO(NH_2)_2$

D = AMONIACO NH_3

Se puede observar que : $t = 4$

$b = 4$

$n = 2$

El cuadro 6 presenta la forma como quedaron ordenados los valores obtenidos en el experimento.

Los cálculos para el análisis de la varianza son:

i) Cálculo del Factor de Corrección

$$FC = \frac{Y^2_{\dots}}{tbn} = \frac{(396)^2}{(4)(4)(2)} = \frac{156316}{32}$$

$$FC = \underline{\underline{4900.5}}$$

ii) Cálculo de los Grados de Libertad para tratamientos

$$GL \text{ TRAT} = t-1 = 4-1$$

$$GL \text{ TRAT} = \underline{\underline{3}}$$

iii) Cálculo de los Grados de Libertad para bloques

$$GLB = b-1 = 4-1$$

$$GLB = 3$$

iv) Cálculo de los Grados de Libertad para la interacción

$$GL \text{ INT} = (t-1)(b-1) = (4-1)(4-1) = (3)(3)$$

$$GL \text{ INT} = \underline{\underline{9}}$$

v) Cálculo de los Grados de Libertad para el error

$$GLE = tb(n-1) = (4)(4)(2-1) = (16)(1)$$

$$GLE = \underline{\underline{16}}$$

vi) Cálculo de los Grados de Libertad para el total

$$GLT = tbn-1 = (4)(4)(2)-1 = 32-1$$

$$GLT = \underline{\underline{31}}$$

vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados debida a tratamientos

$$SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y^2_{i..}}{bn} - FC$$

$$= \frac{91^2 + 93^2 + 97^2 + 115^2}{4(2)} - 4900.5$$

Cuadro 6. Forma como quedaron ordenados los valores en el experimento.

BLOQUES	TRATAMIENTOS								
	Sulfato de Amonio A	Total de A	Nitrato de Amonio B	Total de B	Urea C	Total de C	Amoniaco D	Total de D	Totales de c/bloque
1	8	17	12	25	10	21	14	25	88
	9		13		11		11		
2	10	20	11	24	11	24	14	32	100
	10		13		13		18		
3	9	20	11	21	10	22	18	34	97
	11		10		12		16		
4	16	34	11	23	16	30	13	24	111
	18		12		14		11		
Totales de c/trat en todos los bloques	91		93		97		115		396

GRAN TOTAL

$$= \frac{39564}{8} - 4900.5$$

$$= \underline{\underline{45}}$$

viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados debida a bloques

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{tn} - FC$$

$$= \frac{80^2 + 100^2 + 37^2 + 111^2}{4(2)} - 4900.5$$

$$= \frac{39474}{3} - 4900.5$$

$$SCB = \underline{\underline{33.75}}$$

ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados debida a la interacción

$$SC \text{ INT} = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{tn} + FC$$

Se puede observar que los últimos tres términos de la expresión son conocidos, es decir;

$$\frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} = \frac{39564}{8} = 4945.5$$

$$\frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{tn} = \frac{39474}{8} = 4934.25$$

$$FC = 4900.5$$

Por lo tanto sólo falta obtener el primer término

$$\frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y^2_{ij}}{n} = \frac{Y^2_{11.} + Y^2_{12.} + Y^2_{13.} + Y^2_{14.} + Y^2_{21.} + Y^2_{22.} + \dots + Y^2_{44.}}{2}$$

$$= \frac{17^2 + 20^2 + 20^2 + 34^2 + 25^2 + 24^2 + \dots + 24^2}{2}$$

$$= \frac{10198}{2} = 5099$$

Finalmente:

$$SC \text{ INT} = 5099 - 4945.5 - 4934.25 + 4900.5$$

$$SC \text{ INT} = \underline{\underline{119.75}}$$

x) Suma de Cuadrados totales

$$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y^2_{ijk} - FC$$

$$= 8^2 + 9^2 + 10^2 + 10^2 + 9^2 + 11^2 + 16^2 + \dots + 13^2 + 11^2$$

$$- FC$$

$$= 5130 - 4900.5$$

$$SCT = \underline{\underline{229.5}}$$

xi) Cálculo de la Suma de Cuadrados debida al error

$$SCE = SCT - SC \text{ TRAT} - SCB - SC \text{ INT}$$

$$= 229.5 - 45.00 - 33.75 - 119.75$$

$$SCE = \underline{\underline{31.00}}$$

xii) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos

$$CM \text{ TRAT} = \frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}} = \frac{45.00}{3}$$

$$CM \text{ TRAT} = \underline{\underline{13.30}}$$

xiii) Cálculo del Cuadrado Medio para la interacción

$$CM \text{ INT} = \frac{SC \text{ INT}}{GL \text{ INT}} = \frac{119.75}{9}$$

$$CM \text{ INT} = \underline{\underline{13.30}}$$

xiv) Cálculo del Cuadrado Medio para el error

$$CME = \frac{SCE}{GLE} = \frac{31.00}{16}$$

$$CME = \underline{\underline{1.94}}$$

xv) Cálculo de la Fc para tratamientos

$$F_c \text{ TRAT} = \frac{CM \text{ TRAT}}{CME} = \frac{13.30}{1.94}$$

$$F_c \text{ TRAT} = \underline{\underline{6.85}}$$

xvi) Cálculo de la Fc para la interacción

$$F_c \text{ INT} = \frac{CM \text{ INT}}{CME} = \frac{13.30}{1.94}$$

$$F_c \text{ INT} = \underline{\underline{6.85}}$$

xvii) Para obtener el valor de tablas se lee con los siguientes Grados de Libertad:

$$F_t \text{ TRAT} \begin{matrix} \diagup t-1 \\ \diagdown (tb)-(n-1) \end{matrix} = F_t \text{ TRAT} \begin{matrix} \diagup 3 \\ \diagdown 16, \alpha = .05 \end{matrix}$$

$$F_t \text{ INT} \begin{matrix} \diagup (t-1)(b-1) \\ \diagdown (tb)(n-1) \end{matrix} = F_t \text{ INT} \begin{matrix} \diagup 9 \\ \diagdown 16, \alpha = .05 \end{matrix}$$

Por lo tanto: $F_t \text{ TRAT} = 3.24$; $F_t \text{ INT} = 2.54$

Los valores obtenidos en el análisis se presentan en el cuadro 7.

4.2.8 Interpretación de resultados

En la comparación de valores se tiene que:

- a) $F_c > F_t$ entonces se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos.
- b) $F_c \text{ INT} > F_t$ entonces se rechaza la hipótesis nula de igualdad de interacción.

De acuerdo al contexto del problema se puede concluir, que con un 95% de confiabilidad existen diferencias significativas en los valores del rendimiento por efecto de las fuentes de fertilización nitrogenada que fueron probadas.

Cuadro 7. Análisis de la varianza para la variable rendimiento en kg/narcela útil bajo el modelo de bloques al azar generalizado.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F calculada	F tablas $\alpha = .05$
TRATAMIENTOS	3	45.00	15.00	7.33 *	3.24
BLOQUES	3	33.75			
INT TxB	9	119.75	13.30	6.85	2.54
ERROR	16	31.00	1.94		
TOTAL	31	229.50			

* Indica diferencias significativas ($\alpha = .05$)

4.3 BLOQUES AL AZAR CON MUESTREO EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES

4.3.1 Descripción

Este diseño es en principio similar al diseño de bloques al azar con la única diferencia de que cuando existe muestreo en las unidades experimentales, se tiene no una sino n observaciones en cada una de las unidades, teniendo en total un conjunto de tn observaciones en cada bloque y por lo tanto tbn observaciones en el experimento, en este caso t es el número de tratamientos y b el número de bloques (Federer, 1955).

De la misma forma que en el diseño de bloques al azar los t tratamientos se asignan en una forma aleatoria dentro de cada bloque, de la misma forma las muestras dentro de cada unidad experimental deben ser tomadas en forma aleatoria.

4.3.2 Utilización

Martínez (1980) menciona además de lo expresado para el diseño de bloques al azar, se incluye el de poderlo utilizar cuando la unidad experimental resulta de gran magnitud para determinadas variables; por ejemplo:

a) Si se establece un experimento donde se desean probar varias variedades de cierto cultivo forrajero, con un tamaño de parcelas establecido y se evalúan en términos de rendimiento de materia seca y porcentaje de proteína; se puede analizar para el caso de rendimiento mediante bloques al azar, pero para el caso de porcentaje de proteínas el tamaño de la unidad experimental resulta demasiado grande para --

realizar dicha evaluación, de tal forma que lo más usual es tomar muestras de forraje dentro de la unidad experimental y analizarla bajo el diseño en cuestión.

b) Supóngase que se está evaluando cierta --- variedad de maíz bajo diferentes fechas de siembra. La evaluación se lleva a cabo mediante las variables número de granos por carrera y número de carreras por mazorca y peso de granos por carrera habiéndose planteado el experimento en bloques al azar.

Para la evaluación de dichas variables resulta más apropiado utilizar muestras de cada unidad experimental (parcela) y analizar la información mediante un diseño de --- bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

4.3.3 Ventajas y Desventajas

4.3.3.1 Ventajas

Son las expuestas para el diseño de bloques al azar.

4.3.3.2 Desventajas

Son las mismas que para el diseño de bloques al azar además y que no se puede considerar como una restricción, es más fácil el cálculo aritmético si el número de observaciones (muestras) dentro de cada unidad experimental debe ser el mismo en todos los bloques (Martínez, 1981).

4.3.4 Modelo Matemático

De acuerdo a la descripción del diseño y considerando que el valor de la interacción tratamiento por bloque no es de consideración, el modelo que representa este diseño está dado por la siguiente expresión:

$$Y_{ijk} = U + T_i + B_j + E_{ij} + \sigma_{ijk}$$

Con

$$i = 1, 2, \dots, t; j = 1, 2, \dots, b; k = 1, 2, \dots, n$$

t = número de tratamientos, j = número de bloques, -----

n = número de muestras por unidad experimental.

Y donde:

Y_{ijk} = observación correspondiente a la k -ésima observación, perteneciente a la unidad experimental del bloque j que recibe el tratamiento i -ésimo.

U = media general

T_i = efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = error experimental a la ij -ésima observación

σ_{ijk} = error de muestreo a la ijk -ésima observación

4.3.5 Hipótesis que se prueban

En este diseño las hipótesis que se prueban y que resultan de interés para el investigador resultan ser:

$$H_0 : T_1 = T_2 = \dots = T_t$$

$$H_1 : \text{Existe al menos un } T_i \neq T_j \quad i \neq j \quad i, j = 1, 2, \dots, t$$

Estas hipótesis indican para el caso de H_0 -- que se establece la igualdad de tratamientos, es decir, que no existen diferencias significativas sobre los valores de la -- variable bajo estudio por efecto de los tratamientos; en tanto en H_1 se expresa que existe al menos un tratamiento cuyo efecto sobre los valores de la variable estudiada es diferente de otro.

La prueba de esta hipótesis se lleva a cabo utilizando la prueba de F, siendo el valor de la F calculada, la cual se obtiene a partir del análisis de varianza, el estadístico correspondiente. El valor de tablas que se emplea para la comparación se obtiene:

- a) Considerando el nivel de significancia -- establecido.
- b) t-1 grados de libertad en el numerador
- c) tb (n-1) grados de libertad en el denominador.

Una vez realizada la comparación de los valores F calculada y F tablas se procede a concluir bajo el siguiente criterio de decisión:

Si $F_c \geq F_t$ se debe rechazar H_0

Si $F_c < F_t$ se debe no rechazar H_0

4.3.6 Análisis de Varianza

Un experimento que ha sido conducido bajo un diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales, pueden sus resultados (observaciones) ordenarse de la forma como se indica en el cuadro 8.

En el análisis de este cuadro se puede observar que la notación es análoga a la indicada para el caso del diseño de bloques al azar generalizado cuadro 6; por lo que el análisis de la varianza se realizó mediante los siguientes cálculos:

- i) Cálculo del Factor de Corrección (FC)

$$FC = \frac{y_{...}^2}{tbn}$$

Cuadro 8. Forma de ordenar los resultados obtenidos en un experimento que ha sido conducido bajo un diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

BLOQUE	Total de trat 1 en		Total de Trat 2 en		Total de Trat t en		Total de	
	Trat 1	c/bloque	Trat 2	c/bloque		Trat t	c/bloque	Tótal de c/bloque
1	Y 111		Y 211			Y t11		
	Y 112	Y 11.	Y 212	Y 21.	...	Y t12	Y t1.	Y .1.
	.							
	Y 11n		Y 21n			Y t1n		
2	Y 121		Y 221			Y t21		
	Y 122	Y 12.	Y 222	Y 22.	...	Y t22	Y t2.	Y .2.
	.							
	Y 12n		Y 22n			Y t2n		
b	Y 1b1		Y 2b1			Y tb1		
	Y 1b2	Y 1b.	Y 2b2	Y 2b.	...	Y tb2	Y tb.	Y .b.
	.							
	Y 1bn		Y 2bn			Y tbn		
	Y		Y 2..		Y t..		Y ...	

- ii) Cálculo de los Grados de Libertad para tratamientos (GL TRAT)

$$GL \text{ TRAT} = t-1$$

- iii) Cálculo de los Grados de Libertad para bloques (GLB)

$$GLB = b-1$$

- iv) Cálculo de los Grados de Libertad para el error experimental (GLE)

$$GLE = (t-1)(b-1)$$

- v) Cálculo de los Grados de Libertad para el error de muestreo (GLEM)

$$GLEM = bt(n-1)$$

- vi) Cálculo de los Grados de Libertad para el total (GLT)

$$GLT = btn-1$$

- vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para tratamientos (SC TRAT)

$$SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{...}^2}{btn}$$

- viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para bloques (SCB)

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j.}^2}{tn} - \frac{Y_{...}^2}{btn}$$

- ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el total (SCT)

$$SCT = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2}{btn} - \frac{Y_{...}^2}{btn}$$

- x) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error experimental (SCE)

$$SCE = \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y_{...}^2}{btn} - SCB - SC \text{ TRAT}$$

- xi) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error de muestreo (SCEM)

$$SCEM = CS \text{ TRAT} - SCB - SCT - SCE$$

- xii) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos (CM TRAT)

$$CM \text{ TRAT} = \frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}}$$

- xiii) Cálculo del Cuadrado Medio para el error (CME)

$$CME = \frac{SCE}{GLE}$$

- xiv) Cálculo del valor de Fc para tratamientos

$$Fc = \frac{CM \text{ TRAT}}{CME}$$

El resumen de este análisis se presenta en el cuadro 9.

4.3.7 Ejemplo Numerico

En este ejemplo se plantea un experimento - conducido bajo un diseño de bloques completos al azar con muestreo en las unidades experimentales donde se probó el efecto de 5 variedades de maíz sobre la altura de planta al momento de la cosecha. Se cuenta con una superficie con determinadas características como son terreno con pendiente normal para riego por gravedad en el campo.

Cuadro 9. Análisis de la varianza bajo el modelo de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
TRATAMIENTOS	t-1	$\frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{bn} - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i...}^2}{tbn}$	$\frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}}$	$\frac{CM \text{ TRAT}}{CME}$
BLOQUES	b-1	$\frac{\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^t Y_{ij}^2}{tn} - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i...}^2}{tbn}$		
E. EXP.	(t-1)(n-1)	$\frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i...}^2}{tbn}$	$\frac{SCE}{GLE}$	
E. M.	bt(n-1)	SCT-SCB-SC TRAT-SCE		
TOTAL	btn-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i...}^2}{tbn}$		

El muestreo fué realizado en forma aleatoria, tomando 3 plantas de cada una de las unidades experimentales.

La forma como quedaron distribuidos los tratamientos se presenta en el cuadro 10.

		<u>B L O Q U E S</u>			
		I	II	III	IV
<u>TRATAMIENTOS</u>					
1		A	C	B	D
2		A	B	D	C
3		B	C	A	D
4		C	A	D	B
5		D	B	C	A

Cuadro 10. Distribución de los tratamientos bajo un diseño de bloques al azar

El agrupamiento de los resultados obtenidos en la altura de planta para su correspondiente análisis se indica en el cuadro 11.

Quadro 11. Forma como quedaron ordenados los valores obtenidos en el experimento.

		<u>BLOQUES</u>				Total de c/trat.
		I	II	III	IV	
T R A T A M I E N T O S	1	1.90	2.00	2.15	1.95	24.13
		2.10	1.95	2.00	1.90	
		<u>1.85</u>	<u>2.05</u>	<u>2.13</u>	<u>2.10</u>	
		5.85	6.00	6.33	5.95	
A M I E N T O S	2	1.95	2.00	2.15	1.95	24.20
		1.90	1.95	2.10	1.90	
		<u>2.10</u>	<u>1.90</u>	<u>2.20</u>	<u>2.10</u>	
		5.95	5.85	6.45	5.95	
E N T O S	3	2.80	3.10	2.90	2.80	34.90
		2.95	3.15	2.80	2.75	
		<u>3.00</u>	<u>2.95</u>	<u>2.90</u>	<u>2.80</u>	
		8.75	9.20	8.60	8.35	
S	4	1.95	2.10	2.10	1.95	24.53
		2.10	2.00	2.08	2.10	
		<u>2.05</u>	<u>2.05</u>	<u>2.00</u>	<u>2.05</u>	
		6.10	6.15	6.18	6.10	
S	5	3.00	2.90	2.95	2.95	39.65
		2.90	2.80	3.00	2.80	
		<u>2.85</u>	<u>2.75</u>	<u>3.05</u>	<u>2.70</u>	
		8.75	8.45	9.00	8.45	
Total de c/bloque		35.40	35.65	36.56	34.80	142.41 ***** GRAN TOTAL

Los cálculos para el análisis de la varianza son:

i) Cálculo del Factor de Corrección

$$FC = \frac{Y_{..}^2}{btn} = \frac{(142.41)^2}{(5)(4)(3)} = \frac{20280.60}{60}$$

$$FC = \underline{\underline{332.010}}$$

ii) Cálculo para los Grados de Libertad para tratamientos

$$GL \text{ TRAT} = t-1 = 5-1$$

$$GL \text{ TRAT} = \underline{\underline{4}}$$

iii) Cálculo para los Grados de Libertad para bloques

$$GLB = b-1 = 4-1$$

$$GLB = 3$$

iv) Cálculo de los Grados de Libertad para el error experimental

$$GLE = (t-1)(b-1) = (5-1)(4-1) = (4)(3)$$

$$GLE = \underline{\underline{12}}$$

v) Cálculo de los Grados de Libertad para el error de muestreo

$$GLEM = bt(n-1) = (4)(5)(2)$$

$$GLEM = \underline{\underline{40}}$$

vi) Cálculo de los Grados de Libertad para el total

$$GLT = btn-1 = (4)(5)(3)-1 = 60-1$$

$$GLT = 59$$

vii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para tratamientos

$$SC \text{ TRAT} = \frac{\sum_{i=1}^t Y_{i..}^2}{bn} - \frac{Y_{..}^2}{btn}$$

$$= \frac{24.13^2 + 24.20^2 + 24.53^2 + 34.65^2}{(4)(3)} - 338.010$$

$$= \frac{582.25 + 585.64 + 1218.01 + 601.72 + 1200.62}{12} - FC$$

$$= \frac{4188.24}{12} - 338.010$$

$$= 349.02 - 338.010$$

$$SC \text{ TRAT} = \underline{\underline{11.0100}}$$

viii) Cálculo de la Suma de Cuadrados para bloques

$$SCB = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{tn} - \frac{Y_{...}^2}{tbn}$$

$$= \frac{35.40^2 + 35.65^2 + 36.56^2 + 34.80^2}{(5)(3)} - 338.010$$

$$= \frac{1253.16 + 1270.92 + 1336.63 + 1211.04}{15} - 338.010$$

$$= \frac{5071.75}{15} - 338.010$$

$$= 338.1166 - 338.010$$

$$SCB = \underline{\underline{0.1070}}$$

ix) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el total

$$SCT = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{tbn}$$

$$= 1.90^2 + 2.10^2 + 1.85^2 + 2.00^2 + \dots + 2.80^2 + 2.70^2 - FC$$

$$= 349.6163 - 338.010$$

$$SCT = \underline{\underline{11.6063}}$$

x) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error

$$\begin{aligned}
 SCE &= \frac{\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{n} - \frac{Y^2}{tbn} - SCB - SC \text{ TRAT} \\
 &= \frac{5.85^2 + 6.00^2 + 6.33^2 + 5.95^2 + \dots + 9.00^2 + 8.45^2}{3} \\
 &\quad - 338.010 - 0.1070 - 11.6063 \\
 &= \frac{1048.0113}{3} - 338.010 - 0.1070 - 11.6063
 \end{aligned}$$

$$SCE = \underline{\underline{0.2101}}$$

xi) Cálculo de la Suma de Cuadrados para el error de ---
muestreo

$$\begin{aligned}
 SCEM &= SCT - SCB - SC \text{ TRAT} - SCE \\
 &= 11.6063 - 0.1070 - 11.0100 - 0.2101
 \end{aligned}$$

$$SCEM = \underline{\underline{0.2792}}$$

xii) Cálculo del Cuadrado Medio para tratamientos

$$CM \text{ TRAT} = \frac{SC \text{ TRAT}}{GL \text{ TRAT}} = \frac{11.010}{4} =$$

$$CM \text{ TRAT} = \underline{\underline{2.7525}}$$

xiii) Cálculo del Cuadrado Medio para el error

$$CME = \frac{SCE}{GLE} = \frac{0.2101}{12} =$$

$$CME = \underline{\underline{0.0175}}$$

xiv) = Cálculo del estadístico de prueba o F_c para trata-
mientos

$$F_c = \frac{CM \text{ TRAT}}{CME} = \frac{2.7525}{0.0175}$$

$$F_c = \underline{\underline{\underline{\underline{157.28}}}}}$$

xv) Obtención del valor de tablas se lee con los siguientes grados de libertad

t-1 grados de libertad en el numerador

tb (n-1) grados de libertad en el denominador

$$F_t \begin{array}{l} \diagup t-1 \\ \diagdown tb(n-1) \end{array} = F_t \begin{array}{l} \diagup 4 \\ \diagdown 40, \alpha = .05 \end{array}$$

Por lo tanto:

$$F_t = \underline{\underline{\underline{\underline{2.61}}}}}$$

El resumen de este análisis se encuentra en el cuadro 12.

4.3.8 Interpretación de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos en -- este experimento, se puede concluir que para un nivel de --- confiabilidad del 95% existen diferencias significativas en la altura de plantas por efecto de las variedades probadas.

En lo que respecta a la aceptación o rechazo de la hipótesis a probar se puede establecer que se rechaza la hipótesis nula de igualdad de tratamientos.

Cuadro 12. Análisis de la varianza para la variable diferencia de altura en 5 variedades de maíz por efecto de variedad.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc
TRATAMIENTOS	4	11.0100	2.7525	157.21 *
BLOQUES	3	.1070		
E. EXP.	12	.2101	.0175	
E. M.	40	.2792		
TOTAL	59	11.6061		

* Indica diferencias significativas ($\alpha = .05$)

5. CONCLUSIONES

Del análisis de la literatura consultada sobre este tema se pueden describir las siguientes conclusiones.

Existe una gran cantidad de diseños experimentales, don de el caso de los bloques completos al azar no es más que un pequeño subconjunto, lo cual propicia que el investigador -- deba profundizar más en el conocimiento de tales diseños ya cada uno de ellos está establecido para determinada situa -- ción de las unidades experimentales y de los objetivos del -- propio investigador.

Es evidente la utilización generalizada por parte de -- los investigadores del diseño de bloques completos al azar.

En la gran mayoría de experimentos conducido^s bajo el -- diseño en cuestión, se considera nulo el efecto de la inter -- acción entre el tratamiento en estudio y el bloque lo cual puede ocasionar inferencias o conclusiones incorrectas en un experimento.

Es de gran utilidad y de vital importancia el conoci -- miento de esta metodología con todas sus extensiones por --- parte de los investigadores.

Dada la importancia de este tópico, se hace necesario -- el continuar apoyando este tipo de revisiones, sobre los ---

diferentes diseños enfocados en principio a los problemas --
clasicos de la investigación agrícola.

6. RESUMEN

La información que se ha presentado en este trabajo --- trata de contribuir al conocimiento y difusión del diseño de bloques completos al azar. Este diseño es el más utilizado - en la investigación agrícola de campo en México y muy probablemente en el mundo.

Se hace mención de algunas extensiones del diseño en -- cuestión, tales son los casos del diseño de bloques al azar generalizado y el diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales.

Se señala en forma detallada y concisa la metodología de análisis de la información proveniente de experimentos -- conducidos bajo el diseño en cuestión y las extensiones mencionadas.

Será necesario tener pleno conocimiento de algunos conceptos básicos de la experimentación agrícola como lo son: - Diseño Experimental, Tratamiento, Repetición, Variable Res-- puesta, Unidad Experimental, Error Experimental, entre otros.

El concepto de bloque recibe un énfasis especial debido a la gran importancia que tiene dentro de la Experimentación Agrícola; ésta hace del concepto bloque un uso casi exclusivo a través de los diseños experimentales, tales como bloques

al azar, cuadro latino, parcelas divididas, lattice, etc.

Dentro de la bibliografía y con respecto a la clasificación de los diseños experimentales la información es diversa. En este trabajo se presenta una clasificación que resultará fácil de entender.

El diseño de bloques al azar viene a ser el más utilizado en el diseño de experimentos, posee grandes ventajas cuando el número de tratamientos no excede de 15 y cuando es posible agrupar las unidades experimentales en bloques uniformes, de tal manera que la variabilidad entre ellas es mínima, aún cuando la variación entre bloques sea alta.

El diseño de bloques al azar generalizado se considera en cierta forma similar al diseño de bloques al azar.

Se emplea cuando se detecta la presencia de una fuente de variabilidad en las unidades experimentales, además se utiliza cuando la interacción bloque por tratamiento no se puede considerar negligible. Este diseño presenta la desventaja de que se puede establecer la restricción en donde el número de repeticiones de los diferentes tratamientos dentro de cada bloque debe ser el mismo ya que de otra forma se presenta un caso denominado de bloques completos desbalanceados.

El diseño de bloques al azar con muestreo en las unidades experimentales en principio también se considera similar al diseño de bloques al azar con la única diferencia de que cuando existe muestreo en las unidades experimentales, se tiene no una sino varias observaciones en cada una de las unidades.

Las muestras dentro de cada unidad experimental deben ser tomadas en forma aleatoria.

Otros de sus usos es cuando se emplea en una unidad experimental y ésta resulta para determinadas variables de gran magnitud.

Dada la importancia de este tema, se hace necesario el continuar ayudando este tipo de revisiones, sobre los diferentes diseños, enfocados en principio a los problemas clásicos de la investigación agrícola.

7. LITERATURA CITADA

1. Arkin, H. y Colton R.R. 1977. Métodos Estadísticos. Segunda reimpression. Editorial CECOSA. México, D.F. 341 p.
2. Bhattacharyya, G.K. and Johnson, R.A. 1977. Statistical Concepts and Methods. Editorial John Wiley and Sons. USA. 639 p.
3. Casas, D.E., Cady, J. Escobar y M. Rodríguez, 1958. -- Proyecto Cooperativo CEC-INIA. Informe Final.
4. Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1981. Diseños Experimentales. Septima reimpression. Editorial Trillas. México, D.F. - 661 p.
5. Cox, G.M. 1950. Experimental Design Biometrics 6: 301-302.
6. Daniel, W.V. 1980. Biostadística. Segunda reimpression. Editorial Limusa. México, D.F. 481 p.
7. Federer, W.T. 1955. Experimental Design. Ed. The Macmillan Company. USA. 515 p.
8. Finney, D.J. 1960. An Introduction to the Theory of -- Experimental Design. The University of Chicago Press. Chicago.

9. Fisher, R.A. 1935. The Design of Experimental. Ed. Hafners Publishing. England.
10. Gill, J.L. 1978. Design and Analysis of Experiments. Volume I. Ed. Iowa State University Press. USA. 409 p.
11. Kemathorne, J. 1979. The Design and Analysis of Experiments. Ed. Robert E. Kriegel Publishing Company. USA. 639 p.
12. Martínez, G.A. 1981. Diseños Experimentales. Editorial CESSA. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. --- 399 p.
13. Méndez, I.R. 1974. Diseños Experimentales. Editorial - IIMAS. UNAM. 406 p.
14. Méndez, I.R. 1976. El Concepto de Bloque en la Experimentación Agrícola (mimeografiado). CEC. Colegio de -- Postgraduados. Chapingo, México. 15 p.
15. Ostle, B. 1979. Estadística Aplicada. Sexta reimpresión. Editorial Limusa. México, D.F. 629 p.
16. Panse, V.G. 1958. Status of Agricultural Experiments. E.A.O. Roma.
17. Pearce, S.C. and T.N. Hoblyn 1947. A review of experimental Designs a East Malling 1919-1947. East Malling Res. Sta. Ann Rep.
18. Rodríguez, P.M. 1977. Principios de la Experimentación Científica en el sector agropecuario y forestal. SARH. INIA. CIASS. México, D.F.
19. Sahagun, R.J. 1978. Diseño de Bloques Completos al --- Azar. Tesis Maestría en Ciencias. CEC. Colegio de Post graduados. Chapingo, México.

20. Santizo, J.A. 1980. Bloques al Azar. Notas del Curso de Diseños Experimentales. CEC. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
21. Yates, F. 1933. The Principles of Orthogonality and Confounding in replicated experiments. J. Agri. Sci. 23: 108-145.
22. Yates, F. 1939. The Comparative Advantages of Systematic and Randomized Arrangements in the Design of Agricultural and Biological Experiments Biometrika ----- 30: 440-446.
23. Zárate, G. 1981. Diseños Experimentales (notas del curso EST - 621) CEC. Colegio de Postgraduados Chapingo, México.

A P E N D I C E

No TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS

2

8	2	0	3	1	4	5	8	2	1	7	2	7	3	8	5	5	2	9	0	6	3	1	6	4	
0	8	7	3	3	1	9	7	5	2	5	7	6	9	8	0	3	6	2	5	1	2	7	5	2	
2	3	3	8	6	1	4	2	4	0	2	6	1	8	9	5	2	6	9	8	3	4	0	1	0	
4	7	5	5	6	3	0	7	7	1	9	1	6	1	7	4	1	7	1	3	7	9	3	3	7	
1	9	3	9	5	3	4	9	5	5	2	7	5	8	0	3	4	8	8	1	2	7	5	3	4	
2	8	7	8	1	4	1	4	9	4	2	4	1	5	2	9	4	6	2	1	5	2	8	1	9	
8	4	8	5	1	3	9	6	6	0	7	2	1	9	0	2	0	6	7	0	6	0	1	3	0	
0	3	8	8	4	7	5	1	5	1	7	3	4	5	2	0	7	4	7	9	6	6	7	7	4	
3	5	3	1	9	3	7	4	9	5	0	2	0	1	4	6	2	5	4	5	8	5	0	9	2	
3	4	5	9	5	2	7	9	8	9	0	5	5	8	5	1	7	7	3	5	5	4	7	7	2	
4	1	5	3	0	9	1	3	7	2	5	8	7	7	1	3	6	3	9	7	8	7	9	1	7	
7	2	9	5	6	7	8	5	4	5	3	4	5	4	1	9	8	6	7	5	7	9	3	1	8	
5	9	2	8	9	8	6	4	4	1	5	3	7	7	0	8	0	2	5	6	0	6	1	2	0	
1	3	3	3	9	0	5	2	8	7	4	0	9	0	3	7	3	1	7	9	4	5	5	2	8	
4	6	0	1	0	8	6	2	1	0	0	5	0	3	1	5	4	9	0	3	7	4	7	0	1	
7	7	0	6	6	3	2	8	8	5	8	9	5	6	4	0	5	9	1	8	0	5	4	9	4	
3	3	8	5	7	5	7	4	3	4	5	7	9	6	9	5	0	7	7	6	6	8	8	5	9	
9	1	7	1	3	6	9	2	9	1	9	4	2	3	3	0	8	1	8	7	7	6	4	7	2	
6	2	2	8	0	9	4	5	3	7	2	5	4	6	6	5	6	6	5	0	4	6	5	6	8	
1	7	5	9	0	0	2	0	5	6	5	8	5	1	9	5	3	3	7	4	0	5	8	2	4	
0	3	9	6	9	4	7	3	5	7	0	6	5	4	7	1	1	8	5	3	2	8	0	9	8	
3	0	8	2	8	1	4	4	1	6	7	6	6	9	9	9	7	5	8	9	6	4	5	9	0	
9	4	9	1	2	0	1	3	2	4	6	7	9	1	0	8	2	9	8	3	2	6	2	9		
7	2	5	1	4	4	9	6	5	2	8	5	5	1	0	8	2	6	2	0	6	9	2	2	3	
9	9	2	5	7	4	3	1	2	3	6	4	1	5	2	4	0	4	2	2	8	7	1	8	2	
2	0	9	1	8	9	4	4	6	1	4	8	6	7	9	2	5	0	6	9	0	3	0	1	2	
6	5	2	6	1	2	1	7	7	1	4	7	8	1	4	2	7	3	7	4	0	0	1	2	9	
1	2	9	9	6	4	2	5	3	2	7	4	3	2	3	3	8	5	3	3	6	5	5	3	2	
3	2	8	3	7	9	6	0	4	8	6	0	5	4	1	1	4	9	0	5	0	9	4	4	1	
0	9	3	4	1	1	9	5	8	3	2	4	6	7	3	4	4	9	2	3	7	2	5	7	8	
6	7	5	3	4	2	1	5	5	0	1	2	4	7	5	5	2	6	8	7	8	2	8	0	3	
9	6	0	1	3	0	5	3	6	6	2	9	6	0	3	4	7	6	1	1	9	1	6	5	3	
4	6	9	9	6	7	8	5	8	1	2	9	2	6	2	4	4	9	0	5	5	4	5	2	0	
9	7	7	1	9	2	6	5	6	3	6	3	6	3	6	8	3	9	9	8	7	7	2	7	9	7
7	5	3	3	3	3	7	3	7	6	7	3	9	1	1	2	3	9	0	9	5	9	6	5	7	
2	8	1	3	1	3	4	2	1	0	3	1	2	3	2	0	2	3	9	7	7	5	0	6	9	
6	0	9	4	8	8	5	5	3	7	9	0	0	0	0	1	9	2	0	6	1	5	8	4	2	
3	5	9	0	7	7	0	1	8	1	2	9	3	4	6	9	2	8	9	8	9	8	6	5	5	
4	4	8	1	1	7	4	4	7	4	4	4	1	6	5	9	3	6	5	9	8	3	2	4	3	
6	3	9	7	0	6	2	5	3	3	2	6	0	5	1	2	4	3	7	1	0	7	8	2	1	