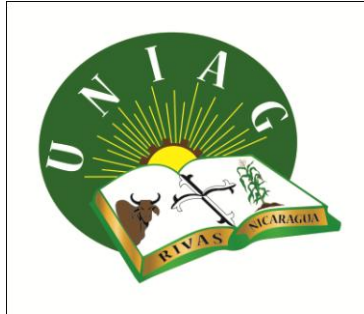


**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE AGRICULTURA Y
GANADERÍA DE RIVAS**



CARRERA: MEDICINA VETERINARIA

**ASIGNATURA: EXPERIMENTACIÓN
(AGRÍCOLA-PECUARIA)**

MODALIDAD: PRESENCIAL

CURSO ACADÉMICO: 2016

FACILITADORA: ING. MARÍA TERESA RODRÍGUEZ FLORES. MSC.

TABLA DE CONTENIDOS.....pag.

UNIDAD I: GENERALIDADES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.	1
CRITERIOS Y DISCIPLINA DEL INVESTIGADOR QUE EXPERIMENTA EN EL CAMPO AGROPECUARIO.	1
PRINCIPIOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES.	1
DEFINICIONES IMPORTANTES A CONSIDERAR EN UN PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN:	2
Tratamiento	2
Testigo	2
Unidad experimental	3
Error experimental	4
El método científico.	5
Importancia de la Experimentación Agropecuaria.	6
Tipos de experimentos.	6
UNIDAD II: CONSIDERACIONES PARA ESTABLECER UN EXPERIMENTO DE CAMPO.	7
TÉCNICAS DE EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA.	7
Variabilidad de las unidades experimentales.	7
Técnicas para reducir los efectos.	12
Tamaño y forma de las unidades experimentales en prueba de campo.	12
Efecto de orilla, bordos y competencia mutua entre tratamientos.	13
Número de repeticiones	13
UNIDAD III. DISEÑOS EXPERIMENTALES.	14
1. EXPERIMENTOS SIMPLES	14
a. Diseño de Parcelas apareadas o tratamientos apareados.	14
b. Diseño de comparación de grupos o grupos sorteados.	17
c. Distribución completamente al azar.	18
d. Distribución de bloques al azar.	23
e. Distribución en cuadro latino.	26
2. EXPERIMENTOS BIFACTORIALES	32
(2.1) Arreglo combinatorio.	33

(2.2) Arreglo en parcelas divididas.....	34
(2.3) Arreglo en franjas.	36
3. EXPERIMENTOS TRIFACTORIALES	39
(3.1) Arreglo combinatorio en un experimento trifactorial.	39
(3.2) Arreglo en parcelas subdivididas en un experimento trifactorial.	40
UNIDAD IV: FUNDAMENTO PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	43

UNIDAD I: GENERALIDADES DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.

CRITERIOS Y DISCIPLINA DEL INVESTIGADOR QUE EXPERIMENTA EN EL CAMPO AGROPECUARIO.

Es muy deseable y tal vez indispensable que el investigador tenga:

- 1- Preparación técnica, disciplina y espíritu científico.
- 2- Cualidades especiales tales como:
 - a- Imaginación
 - b- Criterio de observación, de inducción y deducción.
 - c- Meticulosidad
 - d- Competencia
 - e- Entusiasmo
 - f- Perseverancia
 - g- Sentido de justicia
 - h- Ética.
- 3- Entrega total a una disciplina.

PRINCIPIOS GENERALES PARA LA APLICACIÓN DE DISEÑOS EXPERIMENTALES.

Este campo se basa en la experimentación ya que permite el desarrollo de investigaciones en cualquier campo, en este caso el campo agropecuario. Por lo tanto se debe aplicar un diseño en particular que es determinado por los objetivos y el alcance del estudio.

Pueden existir diferentes variables que pueden influir en la producción agropecuaria, por lo que en un experimento de campo o de laboratorio es necesario tener en cuenta 2 elementos importantes:

- 1- El planeamiento del experimento
- 2- La interpretación y evaluación de los resultados experimentales.

Existen técnicas y métodos estadísticos que hacen posible eliminar por lo menos parcialmente las diversas causas de variación que influyen y pueden llegar a sesgar los resultados.

DEFINICIONES IMPORTANTES A CONSIDERAR EN UN PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN:

Tratamiento

Elemento sometido a estudio o a ensayo de comparación constituye la variable independiente, variable manipulada por el investigador, que causa variación en el individuo que es sometido a la prueba en el estudio

Ejemplo: estudiar:

5 variedades de pasto mejorado.

3 dosis de fertilizantes en la producción de pastos de corte.

4 herbicidas, para controlar arvences en el cultivo de caña de azúcar como complemento en el balance de raciones etc.

2 raciones alimenticias para la producción de pollos de engorde.

3 garrapaticidas para el control de ácaros en canes.

3 tipos de vitamina en vacas lecheras gestantes.

Testigo

Elemento tratado conocido también como tratamiento de comparación o de referencia.

Al realizar un experimento, siempre se debe incluir un testigo el que puede ser relativo o absoluto y sirve como referente para medir a través de los resultados el **efecto** que provoca la variable independiente en el experimento, que específicamente se refiere a las variaciones que pueden ser medibles y observables en las variables dependientes Ejp:

Cinco tratamientos con fertilizante, el testigo será aquel tratamiento en el que no aplicará fertilizante, resultando un experimento con 6 tratamientos, es decir, el testigo debe considerarse como un tratamiento más.

Ejp. 2: 8 variedades de sorgo introducidas, variedad número nueve al incluir como testigo la variedad de sorgo más comercial o más común cultivada en la localidad.

En estos casos se hizo referencia a testigo absoluto sin embargo algunas veces es necesario utilizar a un testigo relativo por ejemplo:

Un productor proporciona un alimento a sus animales pero este no cumple los requerimientos nutricionales y balanceados para lograr que esos animales una máxima producción por lo tanto, surge la idea de estudiar dos alternativas de alimentación.

(El alimento que proporciona el productor) 1. y (El alimento que propone el investigador) 2. Este último cumple con los requerimientos nutricionales y también es completamente balanceado, de esta forma tenemos dos alimentos que se probarán con el objetivo de comprobar cuál de las dos alternativas es la más efectiva para elevar los rendimientos ya sea de carne o de leche.

En este caso el alimento del productor será el tratamiento testigo (relativo), porque no se trata que a un grupo de animales se les suspenda completamente el alimento, de ser así éstos morirían de hambre, más bien a estos animales se les proporcionará alimento que elabora el productor y eso hace que ese alimento conforme el tratamiento testigo.

Unidad experimental

Es el material o lugar sobre el cual se aplicarán los tratamientos en estudio. Ej.:

- Una parcela
- Una macetera
- Un plato petri o grupo de platos
- Un grupo de maceteros.
- Las cerdas o grupo de cerdos.
- Las cabras o grupos de cabras.
- Conjunto de semillas, etc.

Es característica de las unidades experimentales que muestran variación aun cuando se les aplique igual tratamiento.

Error experimental

Al aplicar tratamientos a las unidades experimentales, en los resultados se manifiestan variaciones, las que se clasifican en 2 grupos.

- a. Variaciones pertinentes: variaciones debidas a los efectos de los tratamientos si éstos producen efectos distintos.
- b. Variaciones no pertinentes: debido a causas extraños que disfrazan los efectos de los tratamientos. Los métodos estadísticos han desarrollado técnicas que controlan, por lo menos parcialmente, estos efectos sobre los tratamientos y los reducen. Muchas de esas variaciones extrañas constituyen el error experimental el cual puede tener dos fuentes.

Ejemplos:

Variaciones de las unidades experimentales (ej.: en experimentos de campo, la heterogeneidad del suelo).

Variaciones por falta de uniformidad de los sujetos de estudio o manejo de esas unidades experimentales.

Se supone que el error experimental es uniforme para todos las unidades experimentales, su distribución es normal, su media (μ) es cero y su variación está estimada por medio de la varianza (σ^2).

Se puede eliminar el error experimental, para reducir sus efectos con el fin de obtener una mejor estimación en los tratamientos. Las técnicas experimentales más recomendables para la reducción del error son las siguientes:

- a) Unidades experimentales tan uniforme sea posible (suelo homogéneo).

- b) Unidad experimental con tamaño adecuado.
- c) Eliminación del efecto de orilla (parcela útil)
- d) Eficiente número de repeticiones (mínimo 6)
- e) Manejo uniforme de las unidades experimentales (misma densidad, riego, fertilización, etc.) (misma especie, raza, peso, edad, sexo y manejo.
- f) Tratamiento en iguales condiciones.
- g) Distribución de tratamientos haciendo uso del azar, sorteo, estratificación.
- h) Aplicación de métodos estadísticos que permitan separar las diversas causas de variación.

El método científico.

Consiste en la búsqueda de hechos, formulación de hipótesis, obtención de principios y leyes que rigen tales hechos. La aplicación del método implica los siguientes paradigmas:

- a) Inductivo: se buscan hechos a través de la observación y la experimentación se analizan, describen y se explican.
- b) Deductivo: consiste en clasificar y ordenar los hechos por medio de una relación. Si ésta es constante de manera que se pueda predecir un hecho y confirmarlo mediante la experimentación, el resultado se puede generalizar y se puede llegar a formar un postulado básico o una ley.

La experimentación es un método científico de investigación que consiste en hacer operaciones y prácticas destinadas a demostrar, comprobar, probar o descubrir fenómenos o principios básicos.

La experimentación agrícola comprende las pruebas, ensayo, observaciones, análisis, estudios prácticos de todo aquello que interesa en la agricultura.

Importancia de la Experimentación Agropecuaria.

El desarrollo agrícola de países avanzados se basa en la investigación de diversas ciencias agrícolas aplicando como método la experimentación. Ejp:

- Variedades de pastos o de granos
- Nuevas modalidades en las técnicas de cultivo.
- Nuevas modalidades en las técnicas de manejo de los animales.
- Adaptación de materiales genéticos a diversa zonas
- Divulgación a productores.
- Rezas
- Tratamientos homeopáticos

Tipos de experimentos.

Para el planeamiento de la experimentación y en la investigación de problemas cuando se busca probar hipótesis o encontrar respuestas o contribuir a la solución de problemas es importante considerar que los experimentos pueden ser:

a. Simples

Un solo factor de variación. Ej.: 5 variedades de sorgo
5 Dosis de fertilizante en sorgo.

b. Factoriales (bifactoriales) o trifactoriales (complejos).

Cuando se estudian simultáneamente 2 o más factores que influyan en la producción: ej.: tres variedades cada una sembrada a tres densidades de siembra.

Estudio que involucran lugar, distancia y tiempo. Ej.: 5 variedades de pastos en cinco localidades durante el invierno y verano en un lapso de 5 años.

UNIDAD II: CONSIDERACIONES PARA ESTABLECER UN EXPERIMENTO DE CAMPO.

TÉCNICAS DE EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA.

Variabilidad de las unidades experimentales.

1. Variabilidad de los materiales.

Los métodos estadísticos disponen de técnicas para eliminar la variación entre franjas (bloques) y el sorteo de los tratamientos en las franjas reduce los errores. Cuando se trabaja con animales, el alto factor de variación es la capacidad fisiológica de cada animal, se le aplica varios tratamientos a un grupo de animales y al medir los efectos para los aumentos de peso existirá el problema de que unos animales son más aumentadores que otros, aun cuando se les aplica el mismo tratamiento.

En tales condiciones, es aconsejable hacer un estudio previo mediante un ensayo “en blanco” que consiste en someter a todos los animales a un régimen de alimentación y manejo uniforme por un tiempo determinado; y al final localizar los animales menos aumentadores y más aumentadores. Esto permitiría formar grupos de animales o extractos de cada grupo muy similares en su aumento de peso y dentro de cada grupo uniforme sortear los tratamientos estudiados.

La estadística dispone de métodos para eliminar la variación entre grupos o estratos. El uso de gemelos univitelinos es ideal, pero sus alcances son limitados. Es recomendable utilizar animales de la misma camada, igual raza, edad, peso y sexo cuando sea posible.

2. Variabilidad del suelo o Heterogeneidad del mismo.

La variabilidad del suelo se llama heterogeneidad; es un fenómeno presente en toda área de terreno, se manifiesta

con distinta intensidad según características topográficas y agroecológicas, así como el uso y manejo que reciben.

Puede existir variación por:

% de pendiente

Contenido de humedad

Fertilidad

Presencia de sales

Distribución de plagas del suelo

Presencia de malezas

Estructura, etc.

Para hacer la corrección se siguen las siguientes técnicas.

- Preparar el suelo uniformemente
- Parcelar el lote usando tamaño de parcela uniforme, forma y densidad de siembra.
- Manejar la parcela uniformemente
- Cosechar cada parcela individualmente, llevando la producción en peso y con edad uniforme.
- Agrupar las parcelas de manera que se puedan correlacionar la producción, formando las series de las X y las Y

Existen valores (r) para diferentes cultivos, correlacionando la producción de distintos caracteres y órganos en parcelas contiguas. Estos valores manifiestan la variabilidad del suelo.

Cultivo maíz, carácter: rendimiento en grano

Var lar (r) : 0.830

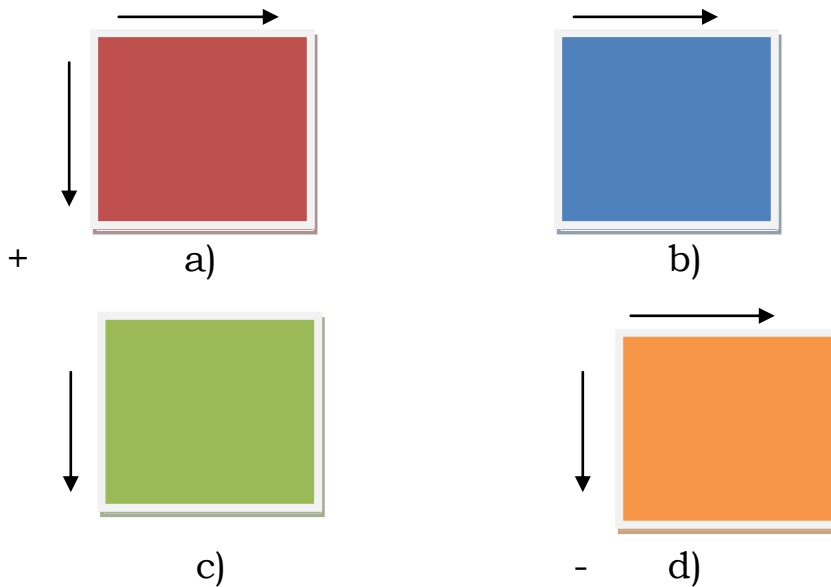
Cultivo Remolacha carácter: en hojas

Var lar (r) : 0.466

Para estimar la heterogeneidad, se observan los valores de las producciones de cada parcela en que fue parceledado el lote. En trabajos de mayor precisión, se pueden construir curvas de fertilidad, uniendo puntos de igual producción, semejantes a curvas a nivel que unen puntos de igual cota.

En estas condiciones, se puede determinar si la variación es errática, si hay tendencia hacia una dirección determinada o

hacia dos direcciones perpendiculares, como los ejemplos siguientes.



Las flechas indican la dirección y sentido de la variación. Véase esquemas a, b, c, d:

- a) no es adecuado para realizar experimentos
- b y c) son útiles para un sistema de estratificación o agrupamiento de las unidades experimentales homogéneas. Los estratos deben ser perpendiculares a la pendiente.
- d) es útil en ciertas circunstancias de distribución de tratamientos.

Ejemplo:

Con los datos de rendimiento de un ensayo en blanco, determínese el grado de heterogeneidad del suelo, calculando (r) por medio de parcelas contiguas.

X	Y	XY
2	2	4
4	6	24
3	3	9
6	4	24
3	3	9
5	5	25
5	5	25
4	4	16
6	6	36
5	4	20
7	6	42
5	5	25
SUMA = 55	53	259

R = Correlación.

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum X^2 \cdot \sum Y^2}}$$

$$\sum xy = \sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}$$

$$\begin{aligned} \sum xy &= 259 - \frac{55 \cdot 53}{12} \\ &= 259 - 242.9 = 16.09 \end{aligned}$$

$$\sum xy = 16.09$$

$$\sqrt{\sum x^2 \cdot \sum y^2}$$

$$\sum x^2 = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$$

$$\sum x^2 = 275 - \frac{(55)^2}{12} = 275 - \frac{3025}{12}$$

$$275 - 252 = 23$$

$$\sum x^2 = 23$$

$$2_1 \quad \sum y^2 = \sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{12}$$

$$2_2 \quad \sum y^2 = 253 - \frac{(53)^2}{12}$$

$$253 - \frac{2809}{12}$$

$$253 - 234 = 19$$

$$\sum y^2 = 19$$

$$r = \frac{16.09}{\sqrt{23 \times 19}} = \frac{16.09}{\sqrt{433.65}} = \frac{16.09}{20.82}$$

$$r = 0.773$$

Prueba de hipótesis

$$H_0 \quad P = 0$$

$$H_a \quad P \neq 0$$

$$t = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}} = 0.773 \sqrt{\frac{12-2}{1-0.597529}} = 0.773 \sqrt{\frac{10}{0.402471}}$$

$$t = 0.773 \sqrt{0.1}$$

$$t = 0.773 \times 0.3162$$

Existe correlación entre las variables. En el caso del ejemplo el suelo se considera homogéneo y la variación manifestada en los resultados de rendimiento se debe a diferencia en fertilidad que asignó distinta producción entre parcelas aún siendo parcelas contiguas y similares y correlacionadas.

Técnicas para reducir los efectos.

1. adecuada forma y tamaño de las unidades experimentales
2. Número óptimo de repeticiones por tratamiento
3. Estratificación por medio de franjas perpendiculares a la dirección de la variación.
4. Distribución, por sorteo, de los tratamientos de tal forma que se dé a cada uno igual oportunidades de manifestar su capacidad y de eliminar la correlación entre parcelas contiguas.
5. Manejo uniforme de las unidades experimentales
6. Empleo de métodos estadísticos (técnicas de análisis de varianza) que eliminen las diversas causas o factores de variación reduciendo lo posible la variación dentro de la unidad experimental (que constituye el error experimental).

Tamaño y forma de las unidades experimentales en prueba de campo.

Tamaño, se debe considerar:

1. Aérea disponible y medios económicos
2. Calidad del suelo (heterogeneidad)
3. Objetivos del experimento
4. Manejo de las unidades experimentales
5. Especies cultivadas
6. Influencia del tamaño sobre la variabilidad de los resultados a igual de las demás condiciones. Es deseable un tamaño en que la variabilidad sea mínima.

Efecto de orilla, bordos y competencia mutua entre tratamientos.

Para corregir el efecto de orilla se debe elegir una parcela útil, lo que garantiza menos variabilidad en los surcos centrales, por tanto los resultados son más confiables, de lo contrario difieren el resultado entre surcos limítrofes y los centrales.

Número de repeticiones

Las repeticiones de las unidades experimentales que reciben idéntico tratamiento reducen en general, el error experimental y en consecuencia aumentan la precisión del experimento.

Cuanto mayor sea el número de repeticiones, mayor probabilidad habrá de obtener resultados que se acerquen a la realidad en general, es mejor aumentar el número de repeticiones aunque la unidad experimenta sea más pequeña

Ventajas del uso de mayor número de repeticiones:

Mayor probabilidad de ajustar los resultados a la realidad, la media y la desviación estándar merecen más confianza.

Disminuye el efecto de heterogeneidad del suelo.

Aumenta la precisión del experimento al disminuir el error.

Permite una mejor distribución de los tratamientos

Para determinar el número de repeticiones, se hacen ensayos en blanco y se determina el CV. En ocasiones se utilizan fórmulas.

En general muchos investigadores han concluido que el número de repeticiones debe ser igual al número de GL para el error y este mayor de 10 y nunca menor de 4.

UNIDAD III. DISEÑOS EXPERIMENTALES.

1. EXPERIMENTOS SIMPLES

- a) Parcelas apareadas o tratamientos apareados
- b) Comparación de grupos sorteados
- c) Distribución completamente al azar
- d) Distribución en bloques al azar
- e) Distribución en cuadro latino

2. EXPERIMENTOS BIFACTORIALES

- a) Arreglo combinatorio
- b) Arreglo en franjas

3. EXPERIMENTOS TRIFACTORIALES O COMPLEJOS

- a) Arreglo en parcelas subdivididas.

1. EXPERIMENTOS SIMPLES.

a. Diseño de Parcelas apareadas o tratamientos apareados.

¿Cuándo y cómo se usa?

Se usa cuando solo hay 2 tratamientos a comparar.

Recomendable cuando:

Las parcelas o el suelo son muy heterogéneos pero hay similitud entre parcelas contiguas o las unidades experimentales están correlacionadas.

El número de unidades experimentales es reducido.

Síntesis: se aparean las unidades experimentales contiguas o similares y se les aplica el tratamiento a c/u por medio de sorteo.

Ejemplo:

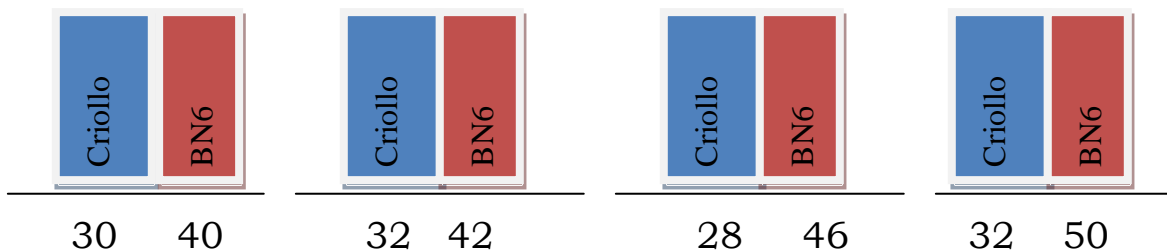
Compare 2 variedades de maíz en 2 comarcas

Compare 2 variedades en 1 comarca, durante varios años.

Dos sistemas de poda en 1 especie frutal en diferentes huertos.

Aplicación del diseño de parcelas apareadas:

Compare el rendimiento de maíz criollo y NB6 en Tola durante 3 años. Variable respuesta, rendimiento: qq/mz



Tola, finca El Encanto, año 2005.

$$\bar{x} - \text{Criollo, 2005: } (30 + 32 + 28 + 32) \text{ etc. } \div 4 = 30.5\text{qq}$$

$$\bar{x} - \text{NB6, 2005 } (40 + 42 + 46 + 50) \div 4 = 44.5\text{qq}$$

Las variedades NB6 produjeron 14qq más, la variedad de maíz criollo en El Encanto, Tola en 2005.

Resuelva.

En Rivas se realizó un estudio con frijoles, se comparó la variedad Dor-364 INTA Rojo durante la década de los 90 (10 años) estableciendo cada año parcelas contiguas, los rendimientos en ton/ha fueron los siguientes:

Años	Dor	Estelí	Diferencia x
1-	90	71	55
2-	91	74	61
3-	92	49	45
4-	93	74	71
5-	94	44	41
6-	65	48	45
7-	96	53	63
8-	97	48	41
9-	98	45	48
10-	99	61	74

$$\sum X_1 = ? \quad \sum X_2 = ? \quad \sum X_i = ?$$

$$X_1 = ? \quad X_2 = ? \quad X_i = ?$$

$$t = \frac{d}{sd} = \frac{-\text{Promedio de las diferencias}}{\text{error estandar de la media}}$$

$$d = \frac{\text{sum algebraica de las diferencias}}{\text{número de pares}} \quad \frac{\sum X_1}{n}$$

$$sd = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1}} \quad \sum X^2 = \sum X^2 - (\sum Xi)^2$$

$$(\sum Xi)^2 \text{ Considerándolo como valor de } d = \frac{\sum Xi}{n}$$

Si $|t| \geq t_{\alpha}(n-1)$ de la tabla

La H_0 se rechaza por que $P < \alpha$ y entonces se acepta la H_a .

Si $|t| \geq t_{\alpha}(n-1)$ de la tabla

H_0 se acepta ya que $P > \alpha$

b. Diseño de comparación de grupos o grupos sorteados.

¿Cómo y cuando se usa?

Se usa cuando se estudian 2 tratamientos en un grupo de unidades experimentales con las siguientes características:

Las unidades experimentales son relativamente homogéneas

Cuando no es posible aparear.

Se comparan medias de 2 poblaciones o muestras independientes. Síntesis:

- Divida el número de unidades experimentales en 2 grupos.
- Sortee el tratamiento para cada grupo.
- Compare las medias de c/ grupo considerando a c/u como una muestra de una población.
- Se comparan 2 muestras de 2 poblaciones independientes.

Ejemplos.

Compare el incremento de peso en pollo con 2 dietas diferentes.

Compare el incremento de peso en reses en dependencia del sexo.

Aplicación del diseño de grupos sorteados.

Determinar el incremento de peso de pollo de engorde con 2 diferentes dietas.

- Separar los animales en dos grupos, los cuales reúnen las siguientes condiciones:
- Tienen la misma edad
- Son de la misma camada
- El mismo sexo
- El mismo tamaño (peso).

Se separan en dos espacios diferentes y se les aplica el tratamiento: ración 1, ración 2.

Después de un tiempo (por ejemplo: 6 semanas) se determina el peso \bar{x} de todos los pollos de la muestra por cada tratamiento.

Se obtienen dos valores \bar{x} de dos poblaciones, los cuales se comparan.

Ejemplo:



c. Distribución completamente al azar.

¿Cuándo y cómo se hace?

Se usa cuando se estudian dos o más tratamientos bajo las siguientes condiciones:

- Lugar y unidades experimentales muy uniformes (gallinero, laboratorio, invernadero, suelo homogéneos)
- Cuando es probable que se pierda una parte del experimento.
- El experimento es pequeño y donde la mayor precisión de otras distribuciones no compensa la pérdida de grados de libertad del error. (Reyes C, 1990)

Este tipo de distribución rara vez se utiliza en experimentos de campo, pero sí, se aplica mucho en experimentos de laboratorio, invernaderos, gallineros y con animales de granja, en donde exista poca variabilidad tanto en las unidades experimentales como en el local en donde se lleva a cabo la investigación y se espera que no habrá más variación que aquella que se origine por efecto de los tratamientos que se están estudiando.

Es flexible en cuanto al número de tratamientos y repeticiones a desarrollar en el experimento y permite trabajar con el máximo grado de libertad del error.

Permite trabajar con un diseño desbalanceado o sea: cuando no todos los tratamientos tienen el mismo número de repeticiones, esto se puede presentar por dos razones: pérdida involuntaria de unidades experimentales o por escasez del material experimental.

El modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal que guía el análisis estadístico al aplicar este diseño experimental es el siguiente.

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

La aplicación de este modelo significa que la variable respuesta (Y_{ij}) depende de la media general, del efecto del (i -ésimo) tratamiento (T_i) y del error experimental asociado a la (i - j -ésima) unidad experimental (E_{ij})

Ejemplo:

- Estudie el efecto de una aplicación de hormonas a cuatro variedades de maíz.
- Estudie el efecto de cuatro dosis de N a una variedad de caña de azúcar.
- Determine la influencia de tres tratamientos térmicos sobre la ganancia de peso en pollo de engorde.

Ejemplo: con plantas en suelo homogéneo o maceteras en laboratorio o animales de granja.

Proceso de aleatorización

Primero: definir el número de tratamientos

Ejemplo:

5 tratamientos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , y T_5

Segundo: determinar el número de repeticiones. Aunque el criterio general es utilizar mínimo 6 repeticiones, el procedimiento más adecuado es considerando los grados de libertad del error. (Sitún A, 2007)

Haciendo uso de los grados de libertad del error para determinar el número de repeticiones en este diseño lo haremos de la siguiente forma: probamos un número que al despejar (**r**) en la fórmula $t(r-1)$ nos lleve a determinar el número apropiado de repeticiones para el estudio sigamos el ejemplo siguiente: Queremos encontrar el número de repeticiones en un estudio de 5 tratamientos, usamos la fórmula

$$Gl\ 25 = t\ (r-1)$$

De esta ecuación se debe despejar (**r**) o sea el número de repeticiones, estimándolo con (25) como grado de libertad que nos lleve a despejar el número de repeticiones considerando las técnicas experimental para el uso adecuado de repeticiones no menor a 6:

$$\begin{aligned}
 Gl\ 25 &= 5(\mathbf{r}-1) \\
 Gl\ 25 &= 5\mathbf{r} - 5 \\
 Gl\ 25 &= 5\mathbf{r} - 5 \\
 Gl\ 25+5/5 &= \mathbf{r}
 \end{aligned}$$

$$R = 6$$

Al despejar (r), al otro lado del igual el # que multiplica divide y el que resta suma, por lo tanto al realizar las operaciones, el # de repeticiones que resultó es igual a 6 y en el análisis de varianza el grado de libertad del error será igual a 25.

Ejemplo: 1. Determine el efecto de cinco tratamientos térmicos, sobre la ganancia de peso en pollos de engorde.

- Variable respuesta: Ganancia de peso en los pollos, en kg
- Número de tratamientos = 5 tratamientos térmicos
- = (5°C), (6°C), (7°C), (8°C), (9°C)
- Repeticiones = 6 (I, II, III, IV, V, VI) según los grados de libertad del error.
- Total unidades experimentales: # de tratamiento por el # de repeticiones (txr) = 5x6 = el número de unidades experimentales involucrados en el experimento.

Entonces para determinar la influencia de 5 tratamientos térmicos en el aumento de peso en pollo de engorde:

La Población: N=40 total pollos, una muestra de tamaño igual a 36 calculada usando los parámetros estadísticos, con grados de libertad del error igual a 25, resultado 6 el número de repeticiones.

- T**₁: 5° C **A** = 6
- T**₂: 6° C **B** = 6
- T**₃: 7° C **C** = 6
- T**₄: 8° C **D** = 6
- T**₅: 9° C **E** = 6

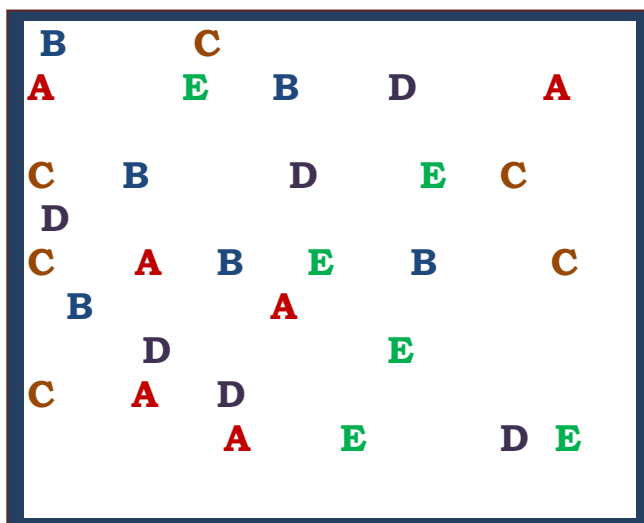
$$GL = 25$$

$$\# \text{ De repeticiones} = 6$$

En el análisis recordemos cómo se obtiene el valor de los grados de libertad, $t(r-1)$, (r) repeticiones = $6-1 = 5$, entonces: 5×5 tratamientos será igual a 25 GL.

Aplicando los tratamientos antes de colocarlos en un gallinero común, después entran a vivir juntos, comen y beben lo mismo (en iguales condiciones) o sea que encuentran distribuidos en un ese local aleatoriamente.

Según Sitún A, (2007) para la aleatorización de los tratamientos se puede: usar tablas de números aleatorios, usar los números aleatorios de la calculadora o bien hacer un sinnúmero # de papелitos y asignarlos al azar a cada tratamiento.



En la tabla del análisis de varianza los grados de libertad del error, serán igual a: $t(r-1)$, en donde en este ejemplo son 5 tratamientos $t=5$ y $r=6$ (6 repeticiones menos 1), $(6-1)=5$ por lo tanto los grados de libertad del error será igual a $(5 \times 5) = 25$.

Ejemplo: 2. Determine el efecto de cinco dosis de nitrógeno sobre el rendimiento en una variedad de caña de azúcar.

- Variable respuesta: rendimiento Tn/ha
- Número de variedades = 1
- Número de tratamientos 5 dosis de N = (0), (60), (80), (100) y / (120) kgN/ha

- Repeticiones = 6 (I, II, III, IV, V, VI) según los grados de libertad del error que en este caso son 25.
- Número de unidades experimentales: 35 unidades experimentales.

Total unidades experimentales

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


Resultado del sorteo para la distribución de los tratamientos:

- T₁**: 5, 7, 12, 15, 21 y 25
- T₂**: 1, 2, 16, 20, 29 y 22
- T₃**: 3, 4, 18, 19, 28 y 24
- T₄**: 9,13, 14, 17, 26 y 30
- T₅**: 6, 8, 10, 11, 23 y 27

Esta numeración representa el # de unidad experimentales o # de chapa en animales sometidos en el estudio.

Diagrama de distribución al azar, diseño de campo.

(1) T₂	(2) T₂	(3) T₃	(4) T₃	(5) T₁	(6) T₅
(7) T₁	(8) T₅	(9) T₄	(10) T₅	(11) T₅	(12) T₁
(13) T₄	(14) T₄	15 T₁	(16) T₂	(17) T₄	(18) T₃
(19) T₃	(20) T₂	21 T₁	(22) T₂	23 T₅	(24) T₃
(25) T₁	(26) T₄	(27) T₅	(28) T₃	(29) T₂	(30) T₄

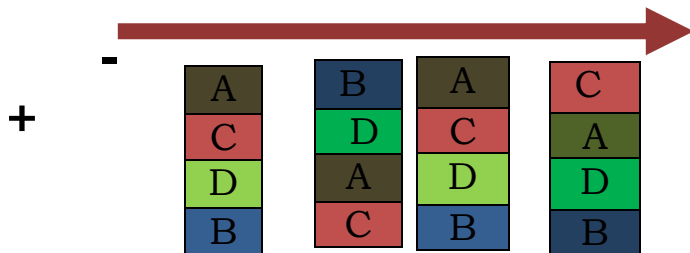
Repeticiones  I II III IV V VI

- (DCA) diseño de mayor uso para un número de tratamientos entre 3-15. Ejemplo: Con animales de granja (gallinero).

d. Distribución de bloques al azar

Distribución de mayor uso en experimentos en donde el sujeto de estudio son vegetales, con un # de tratamientos entre 3-15, cuando el número de tratamientos es pequeño (3-5) el mínimo número de repeticiones debe ser mayor o igual a 6.

Es recomendable cuando se conoce el gradiente de fertilidad del suelo. En este caso se colocan los bloques perpendicularmente al gradiente:



Bloques con unidades experimentales
(Bloque = repeticiones).

Con esta distribución las unidades experimentales de un bloque se encuentran en condiciones similares aunque dos bloques entre sí difieran.

Esta distribución es para el campo mejor es más apropiada que la distribución completamente al azar, debido a que los tratamientos se encuentran cerca en cada bloque.

Esta distribución es flexible se puede desechar algún bloque si éste muestra irregularidad.

Proceso de aleatorización

Determinar el número de tratamientos: T_1, T_2, T_3, T_4 , y T_5

Determinar el número de repeticiones usando el criterio de los grados de libertad del error: Gl 25;

$$Gl\ 25 = (t-1)(r-1)$$

$$Gl\ 25 = (5-1)(r-1)$$

$$Gl\ 25 = 4(r-1)$$

$$Gl\ 25 = 4r-5$$

$$Gl\ 25+4/4 = r$$

$$r=24/4 = 6$$

$$r= 6$$

Por lo tanto el número de unidades experimentales será igual a (txr) en este caso $5 \times 6 = 30$ unidades experimentales.

Distribuir las unidades experimentales en los bloques, cada bloque es una repetición o una réplica.

Cada bloque contiene una vez un tratamiento (A, B, C, D... F) no se debe de repetir ninguno.

Sortear en cada bloque los tratamientos y distribuirlos al azar.

Manejar los bloques de manera uniforme: cualquier labor que se realice deberá abarcar el bloque entero (riego, fertilización, control malezas, control de plagas, aporque etc).

Numerar las unidades experimentales (registro)

Considerar la variabilidad de la siguiente manera:

-Diferencia entre bloques

-Diferencia entre unidades experimentales (A, B, C...) que se -
deben al tratamiento.

-Variación en cada repetición de cada tratamiento (A_1, A_2, A_3, A_4)

El modelo aditivo lineal

El modelo aditivo lineal que guía el análisis estadístico al aplicar este diseño experimental es el siguiente.

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

La aplicación de este modelo significa que la variable respuesta (Y_{ij}) actúa en función de la media general, del efecto del (i-ésimo) tratamiento (T_i), del efecto del (i-ésimo) bloque y del error experimental asociado a la (i-j-ésima) unidad experimental (E_{ij})

Aplicación del diseño distribución en bloques al azar (DBA)

Ejemplo: Evalúe el rendimiento de cinco variedades de sorgo en un terreno dado.

- Tratamiento (cinco variedades): A, B, C, D, E.
- Seis repeticiones (6 bloques): I, II, III, IV, V, VI.
- Número de unidades experimentales (cantidad de espacios para la distribución de todos los tratamientos): $5 \times 6 = 30$.
- Cada bloque equivale a una repetición o réplica.
- Cada bloque contiene las cinco variedades (A- E)
- Los bloques se colocan perpendicular al gradiente de fertilidad.

Uso del cuadro latino.

- Para experimentos con fertilizantes, herbicidas, insecticidas (agroquímicos).
- Cuando se conoce el gradiente de fertilidad en dos direcciones.
- Cuando hay sólo 3-4 tratamientos y conviene usar cuadro latino se deberán hacer varios cuadros simultáneos para aumentar el número de repeticiones. En este caso se estudian las repeticiones por cuadro latino y después por conjunto de cuadros.

Procedimiento para aplicar el diseño cuadro latino.

- Divida el lote en unidades experimentales:

Número de unidades experimentales será igual #² de tratamientos al cuadrado)

Ej: 4 tratamientos → $4^2 = 16$ unidades experimentales

8 tratamientos → $8^2 = 64$ UE

- El número de tratamientos será igual al número de repeticiones.

4 tratamientos → 4 repeticiones = 16 UE

4

x

4

Tratamientos

Repeticiones

- Forme hileras y columnas de parcelas equivalentes al número de tratamientos y repeticiones.

-

Ej.: tratamientos: 5 variedades de sorgo

Número repeticiones (txr) $5 \times 5 = 25$ unidades experimentales (5 hileras, 5 columnas)

Primero distribuya los tratamientos (A, B, C, D, E) de manera que no se repitan ni en la fila ni en la columna.

Ej: cuadro 1.

A	B	C	D	E
E	A	B	C	D
D	E	A	B	C
C	D	E	A	B
B	C	D	E	A

Una forma de facilitar esta distribución sería de la siguiente manera:

- Tomamos los tratamientos en una serie: A- B- C- D- E (esta sería la serie base)
- Distribuimos el tratamiento “A” a lo largo de la diagonal del cuadro y continuamos llenando los cuadros de la derecha con los tratamientos B, C, D, E.

Distribución base. (Cuadro 1.)

A	B	C	D	E
E	A	B	C	D
D	E	A	B	C
C	D	E	A	B
B	C	D	E	A

- Los espacios que quedan vacíos a la izquierda de la diagonal se llena con los tratamientos que no se encuentran en la parte derecha.

- Otra forma de establecer una distribución base en el diseño es:

Distribución base. (Cuadro 1.)


A	B	C	D	E
E	A	B	C	D
D	E	A	B	C
C	D	E	A	B
B	C	D	E	A

- Colocar las letras en la primer fila de A – E
- La letra E que es la última de la primera fila se coloca para comenzar la segunda fila y continúan las letras que inician ya que la E es la última en la distribución, en una forma ordenada.

A- B- C- D- E

E- A- B- C- D

- Segundo sortear las hileras obtenidas (al azar) y después de la distribución resultante, sortear las nuevas columnas también al azar.
- Partiendo del cuadro 1 o distribución base (permutaciones horizontales).


1-	A	B	C	D	E	 Hileras
2-	E	A	B	C	D	
3-	D	E	A	B	C	
4-	C	D	E	A	B	
5-	B	C	D	E	A	

- Sorteamos al azar las hileras ejp.: Resultado del sorteo de las hileras: 5- 2- 4- 1- 3

5-	B	C	D	E	A
2-	E	A	B	C	D
4-	C	D	E	A	B
1-	A	B	C	D	E
3-	D	E	A	B	C

Con el sorteo de hileras aparecen nuevas columnas y las enumeramos (1-5).

Columnas

	1	2	3	4	5
	B	C	D	E	A
	E	A	B	C	D
	C	D	E	A	B
	A	B	C	D	E
	D	E	A	B	C

Este sería el cuadro resultante final.

Sólo falta numerar las parcelas del 1- 25 continuo.

Ej: Determinar el rendimiento de cinco variedades de sorgo en un terreno heterogéneo (gradientes de fertilidad en dos direcciones).

No. de unidades experimentales: $5^2 = 25$ espacios (UE) con (5 tratamientos x 5 repeticiones), = 5 bloques de 5 unidades c/u.

El sorteo de columnas resultó de la siguiente forma:

3 5 2 1 4 **Columnas resultantes.**

D	A	C	B	E	
(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	
B	D	A	E	C	
(20)	(19)	(18)	(17)	(16)	
E	B	D	C	A	
(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
C	E	B	A	D	← Tratamiento
(10)	(9)	(8)	(7)	(6)	
A	C	E	D	B	← Unidades experiment.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
I	II	III	IV	V	Bloques

Registro de la distribución aleatoria final que contiene la información completa de los tratamientos y la ubicación de cada uno de ellos.

Variedad	Nombre	Origen	Bloque				
			I	II	III	IV	V
A	Caprok	AP-70	1	22	18	7	15
B	H - 050	Dekalb	20	12	8	24	5
C	Amak	CIA	10	2	23	14	16
D	Master	CIA	21	19	13	4	6
E	Rayo	CIA	11	9	3	17	25

2. EXPERIMENTOS BIFACTORIALES

Cuando se estudian dos factores y c/u incluye dos o más tratamientos. Ej: evaluación de 3 variedades de sorgo. Cada una sembrada en dos densidades.

Factor	Niveles
A: Variedad	: A ₁ , A ₂ , A ₃
B: Densidad	: B ₁ , B ₂
No. Tratamientos	3 x 2 = 6
A x B	

En total: 6 tratamientos

Es necesario considerar el arreglo y la distribución.

Arreglo

- Combinatorio
- En parcelas divididas
- En franjas

Distribución

- Completamente a azar
- Bloques al azar
- Cuadro latino

Experimentos trifactoriales.

Cuando se estudian tres factores, c/u con dos o más tratamientos.

Ej: Evaluación de tres variedades de sorgo, sembradas en dos densidades, con dos dosis diferentes de Nitrógeno.

Factor	Niveles
A: Variedad	: A ₁ , A ₂ , A ₃
B: Densidad	: B ₁ , B ₂
C: Fertilización	: C ₁ , C ₂
No. Tratamientos	3x2x2 = 12
	AxBxC

(2.1) Arreglo combinatorio.

Consiste en hacer todas las combinaciones posibles de los dos factores y considerar a cada combinación como un tratamiento.

Ep: Evaluar tres variedades de sorgo (A) a dos densidades diferentes (B).

Variedad	Densidad
A ₁ : Caprok	B ₁ : 8kg/ha
A ₂ : H- 050	B ₂ : 12kg/ha
A ₃ : H- Exp	

Cuadro de doble entrada (combinaciones posibles).

Variedad	Densidades	
	B ₁	B ₂
A ₁	1) A ₁ B ₁	4) A ₁ B ₂
A ₂	2) A ₂ B ₁	5) A ₂ B ₂
A ₃	3) A ₃ B ₁	6) A ₃ B ₂

6 combinaciones = 6 tratamientos.

Ejemplo de: Arreglo combinatorio

Distribución. Por ej: “cuadro latino”. (6 tratamientos) (6 repeticiones) = 36 unidades experimentales.

El cuadro latino se elabora como fue descrito anteriormente. Se distribuyen los 6 tratamientos en el cuadro con sus 6 repeticiones.

(2.2) Arreglo en parcelas divididas.

Se usan dos tamaños de parcelas: grandes y pequeña.

La parcela grande se subdivide en:

- Parcela grande: para el factor de menor importancia.
- Parcela chica: para factor de mayor importancia (mayor distribución)

Ejemplos:

-Métodos de preparación de suelo x variedades
(A₁, A₂) x (B₁, B₂, B₃, B₄)
Parcela grande parcela chica

(Interesa más estudiar las variedades)

Para arreglo en parcelas divididas se usa generalmente:

- Distribución en bloques al azar o cuadro latino (para parcela grande) y completamente al azar (para parcelas chicas).

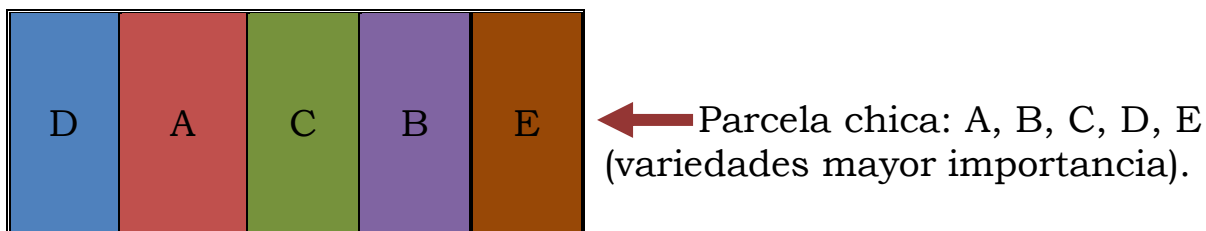
-3Láminas de riego x 2 dosis de fertilizante.

-3 insecticidas a 3 dosis.

Ejemplo: es necesario evaluar 5 variedades de pastos (mayor importancia, parcela chica) con 5 dosis de N: 0, 50, 100, 150 y 200 (menor importancia, parcela grande).

Elaboración de la parcela grande:

0 kg N (parcela grande menor importancia: 1 dosis de N, 1 repetición).



Factor 1: Variedades de pastos: A, B, C, D, E (parcelas pequeñas)

Factor 2: Dosis de N: 0, 50, 100, 150, 200 kg/ha (parcela grande)

Si escogemos para la parcela grande la distribución en cuadro latino obtenemos:











Número de parcelas grandes: 5 dosis N (factor 2)² = (5)² = 25 parcelas grandes

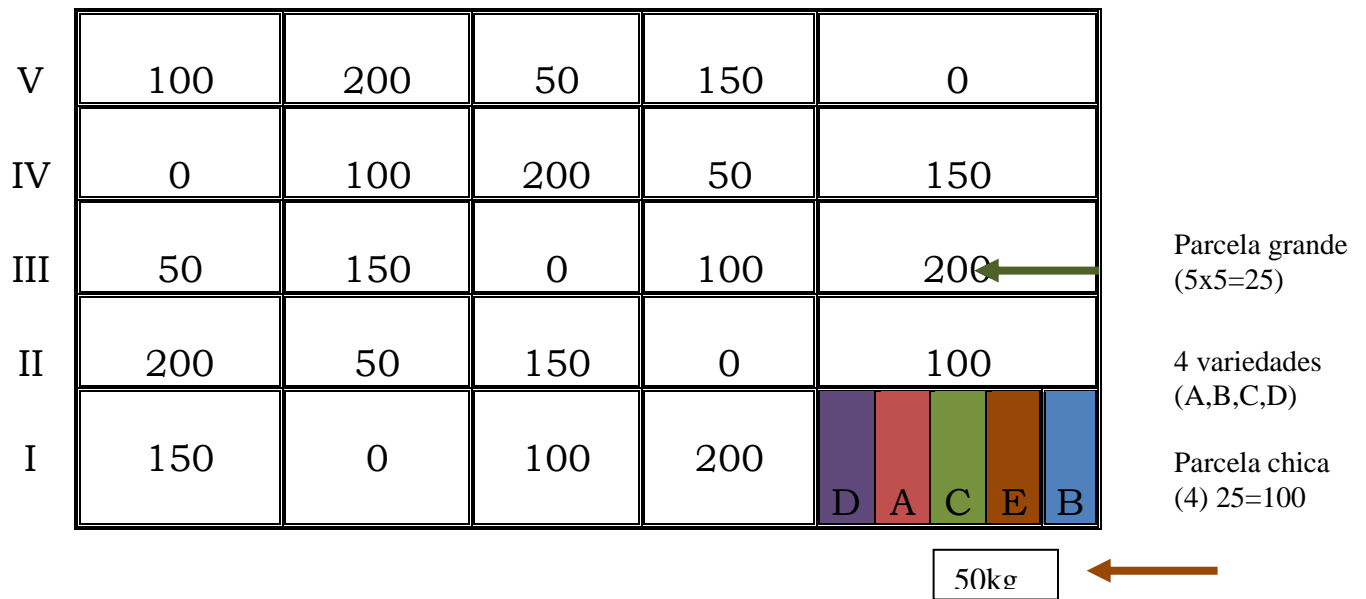
25 parcelas grandes $\left. \begin{array}{l} 5 \times 0 \text{ kgN} \\ 5 \times 50 \text{ kgN} \\ 5 \times 100 \text{ kgN} \\ 5 \times 150 \text{ kgN} \\ 5 \times 200 \text{ kgN} \end{array} \right\} 25: 5 \text{ dosis}$

Estas 25 parcelas se distribuyen elaborando un cuadro latino de 5 x 5 (=5 dosis x 5 repeticiones).

Después de ordenar las parcelas grandes en cuadro latino se procede a subdividir cada una de ellas en 4 sub parcelas (4 variedades: A, B, C, D).

Cuadro de tratamientos y repeticiones (cuadro latino 5x5)

Dosis N (kg/ha)	Variedad	Repetición				
		Repetición I	Repet. II	Repet. III	Repet. IV	Repet. V
Dosis.1 0	A = h-105 B = NLH C = Sitrt. D = NLV E	0-A  0-C  0-B  0-D  0-E 	 D  A  C  B  E			
Dosis.2 50	A B C D E	50-B 50-C 50-A 50-D 50-E				
Dosis.3 100	A B C D E	100-E 100-B 100-C 100-D 100-A				
Dosis.4 150	A B C D E	150-A 150-E 150-C 150-D 150-B				
Dosis.5 200	A B C D E	200-A 200-B 200-E 200-D 200-C				



(2.3) Arreglo en franjas.

Se usa en experimentos Bifactorial cuando ambos factores se quieren estudiar con igual interés (alto grado de distribución de las franjas y parcelas) o cuando los niveles de ambos factores requieren de mucho terreno.

El tipo de distribución más usado es: bloques al azar.
Arreglo: franjas Ejp:

Factor	Niveles	No. Tratamientos
A: variedades: 4	A ₁ A ₂ A ₃ A ₄	4x3 = (AxB)
B: Riego 3	B ₁ B ₂ B ₃	4x3= 12
Repeticiones: 4	n = 4	No. (UE):4x3x4 = 48 (AxB)n

Procedimiento:

- Cada bloque = 1 repetición → 4 bloques
- Cada bloque se divide en franjas verticales y horizontales, de donde: las verticales representan a 1 factor y las horizontales al otro factor.

- Las franjas (verticales y horizontales) de cada bloque se sorteán al azar.

Bloque I = 1er repetición

	A ₃	A ₂	A ₄	A ₁
B ₃	a ₃ . b ₃	a ₂ . b ₃	a ₄ . b ₃	a ₁ . b ₃
B ₁	a ₃ . b ₁	a ₂ . b ₁	a ₄ . b ₁	a ₁ . b ₁
B ₂	a ₃ . b ₂	a ₂ . b ₂	a ₄ . b ₂	a ₁ . b ₂

Bloque = 12 parcelas = 1 repetición.

Bloque II = 2da repetición hasta llegar a cuatro en total.

	A ₂	A ₃	A ₁	A ₄
b ₁				
b ₃				
b ₂				

Ej: Compare los rendimientos de 8 variedades de pastos de corte (factor 1: 8) y la frecuencia de riegos (factor 2: 4 niveles).
 Evalúe la interacción variedad x número de riego.

Factor 1 A: variedades: 1....8 niveles

Factor 2B: riego: 4 niveles (2 riegos, 3, 4 y 5 riegos por semana)

No. Repeticiones: 6 = No. De bloques= 6

Tratamientos: 8 x 4 = 32 unidades experimentales
 (tratamientos: 32) (6 repeticiones): 32 x 6 = 192 unidades en 6 bloques, 32 parcelas/bloque (8 x 4)

Arreglo: parcelas en franjas y distribución: bloques al azar
 (franjas horizontales y verticales sorteadas).

Variedades (A₁..... A₈) Bloque No. 1

	a ₇	a ₆	a ₁	a ₅	a ₃	a ₄	a ₂	a ₈
b ₄	a ₇ x 4	a ₆ x 4	a ₁ x 4	a ₅ x 4	a ₃ x 4	a ₄ x 4	a ₂ x 4	a ₈ x 4
b ₃	a ₇ x 3				etc.			
b ₅	a ₇ x 5							
b ₂	a ₇ x 2							

↑ Riegos adicionales (b₁, b₂, b₃, b₄).

Bloque No. 2 = 2da repetición.

	a ₂	a ₃	a ₆	a ₇	a ₁	a ₈	a ₅	a ₄
2	a ₂ x 2	a ₃ x 2	a ₆ x 2	a ₇ x 2	a ₁ x 2	a ₈ x 2	a ₅ x 2	a ₄ x 2
4	a ₂ x 4							
3	a ₂ x 3							
5	a ₂ x 5							

3. EXPERIMENTOS TRIFACTORIALES

Cuando se estudian 3 factores diferentes (A, B, C) simultáneamente y c/u de ellos con sus niveles respectivos. (A₁, A₂, B₁, B₂, C₁, C₂, etc.).

Arreglos usados

Arreglo combinatorio

Arreglo en parcelas subdividida

Distribuciones

- Completamente al azar.

- Bloques al azar.

- Cuadro latino.

(3.1) Arreglo combinatorio en un experimento trifactorial.

Factor	Niveles	No. trat	No. unidades experimentales
A: variedades B: Densidad de siembra. C: Riego.	A ₁ , A ₂ , A ₃ B ₁ , B ₂ C ₁ , C ₂	A x B x C = 3 x 2 x 2 = 12	tratamiento x repetición 12 tratamiento x 5 repeticiones. = 60 unidades exp finales.

Combinaciones de los factores A x B x C.

No. tratamiento	Factor A	A x (B ₁ , B ₂)	A x B x C (C ₁ , C ₂)
1 . . . 4	A ₁	A ₁ x B ₁ A ₁ x B ₂	A ₁ . B ₁ . C ₁ A ₁ . B ₁ . C ₂ A ₁ . B ₂ . C ₁ A ₁ . B ₂ . C ₂
5. . . . 8	A ₂	A ₂ x B ₁ A ₂ x B ₂	A ₂ . B ₁ . C ₁ A ₂ . B ₁ . C ₂ A ₂ . B ₂ . C ₁ A ₂ . B ₂ . C ₂
9 . . . 12	A ₃	A ₃ x B ₁ A ₃ x B ₂	A ₃ . B ₁ . C ₁ A ₃ . B ₁ . C ₂ A ₃ . B ₂ . C ₁ A ₃ . B ₂ . C ₂

- Los 12 tratamientos se pueden distribuir:
- Completamente al azar.
- Bloques al azar.

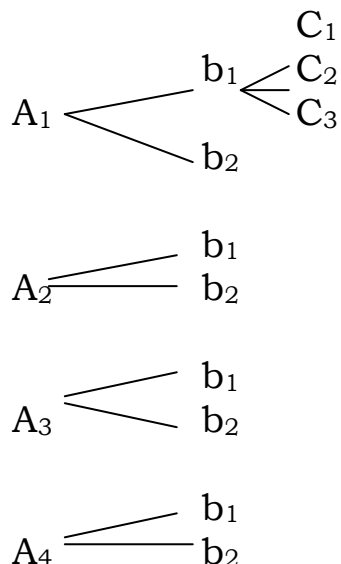
(3.2) Arreglo en parcelas subdivididas en un experimento trifactorial.

Este arreglo se usa cuando se estudian 3 factores (A, B, C) y los niveles de un factor requieren de un área grande (ej: riego), mientras que los otros 2 factores requieren de áreas más pequeñas (fertilizante: área mediana, variedad: área pequeña).

Ejemplo:

Si se desean evaluar 3 variedades de maíz (factor C: C₁, C₂, C₃), con 2 dosis de fertilizante (factor B: B₁, B₂) y 4 láminas de riego (A₁, A₂, A₃, A₄) y el factor que se quiere estudiar con mayor

exactitud es la variedad, entonces las parcelas se arreglan de la siguiente manera:



Repetición No. 1

- Se forman 4 bloques grandes (1 para cada lámina de riego).
- Cada bloque grande se subdivide en parcelas medianas, en este caso son 2: una para el factor B₁ y la otra para B₂ (fertilizante).
- Finalmente las parcelas medianas se subdividen c/u de ellas en la misma cantidad de variedades que se están estudiando: C₁, C₂, C₃.

Distribución.

- a) Los bloques grandes (A₁, A₂, A₃, A₄) se distribuyen en bloques al azar o en cuadro latino.
- b) Parcelas medianas (B₁, B₂): se distribuyen al azar.
- c) Parcelas chicas (C₁, C₂, C₃): se distribuyen al azar.

Esquema del arreglo en parcelas subdividas para experimento trifactoriales.

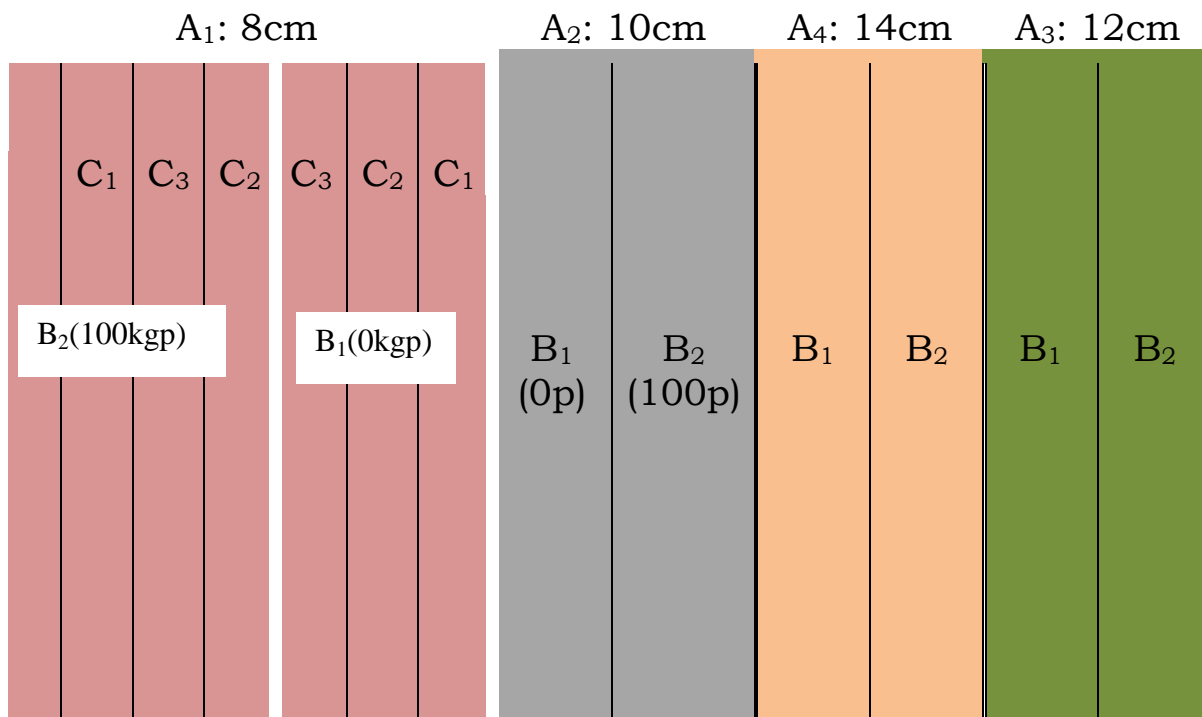
Arreglo y distribución (al azar)

Repetición No. 1 o bloque I.

Factor 1. Lámina de agua.

Factor 2. Dosis de P.

Factor 3. Variedad.



Láminas de riego (cm)	Dosis de P kg/ha	Variedades
A ₁ : 8 cm	B ₁ : 0	C ₁ , C ₂ , C ₃
	B ₂ : 100	C ₁ , C ₂ , C ₃
A ₂ : 10 cm	B ₁ : 0	C ₁ , C ₂ , C ₃
	B ₂ : 100	C ₁ , C ₂ , C ₃
A ₃ : 12 cm	etc.	etc.
A ₄ : 14 cm		

UNIDAD IV: FUNDAMENTO PARA EL ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS EN UNA INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Modelo lineal aditivo:

En este modelo se hace un análisis estadístico y biológico ya que el resultado obtenido de un experimento no solo es debido al factor del tratamiento, sino que también de los factores considerados cuando se definió el plan (disposición o arreglo) y otros factores imprevistos, por tanto es recomendable separar estos efectos. Lo anterior se logra por medio de un modelo, el cual depende del plan y de realizar estimados teóricos acerca de estos efectos

Un modelo típico para un experimento establecido en un DBA es el siguiente:

Resultados observados= valor general de la media+el efecto del tratamiento aplicado+efecto de los bloques+ el término de error residual.

Considerando que la media está determinada por el cultivo, variedad, métodos culturales, localidad etc.

Este tipo de modelo se conoce como **Modelo lineal aditivo** ya que se asume que todos los efectos operan de forma independiente. Desde el punto de vista matemático el modelo se expresa de la siguiente forma:

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

Los modelos estadísticos son importantes no solo por la interpretación y el análisis de los datos, también afecta el diseño del experimento y los métodos de muestreos.

Prueba de hipótesis

Con la obtención de valores estadísticos es posible probar hipótesis relativas a parámetros de poblaciones, tales métodos se les denominan pruebas de significancia estadística.

Las pruebas hipótesis están basadas en la nulidad de las diferencias, es decir diferencias de promedios igual a cero, se simboliza por H_0 y se le conoce como hipótesis nula (hipótesis de no efecto).

La hipótesis contraria se conoce como alternativa y se expresa por: H_a y está basada en que las diferencias existentes no son iguales a cero. Ejp:

H_0 : Las medias de tratamientos son igual a cero
¿?????

H_a : las medias de tratamientos no son igual a cero
¿??????.

En una prueba de hipótesis, la hipótesis que se acepta o se rechaza es la hipótesis nula (H_0). La hipótesis alternativa (H_a) es el complemento de la hipótesis nula.

Las pruebas utilizadas para aceptar o rechazar la hipótesis nula incluyen el análisis de varianza, la distribución F y las pruebas de separación de medias.

Todo lo anterior se resume de la siguiente forma:

En un experimento se compararon dos variedades de caña (verde y morada) y al final se obtuvieron los rendimientos en parcela de 20mts² comparándose éstos

¿Será significativa la diferencia de rendimiento entre las dos variedades?

De igual forma si se hace la pregunta de la siguiente manera:

¿Es diferente de cero el promedio de los rendimientos entre las dos variedades?

Las preguntas anteriores equivalen a decir, si la variedad NB- 6 produce más granos de maíz que la variedad NB- 12. Para dar respuesta, se aplica la prueba t suponiendo que las diferencias de cada par es una muestra de una población de diferencias, y se aplica mediante el siguiente juego de hipótesis:

H_0 = μ_d igual a cero

H_a = μ_d diferente de cero

Método de Studen con datos de parcelas apareadas.

Al comprar 2 variedades maíz: A = AB-6 y B = NB-30 en 10 fincas de Veracruz los rendimientos obtenidos en parcelas de 20 mt² fueron los siguientes.

Fincas	Rendimientos en kg/20 mts ²			Diferencia X ₁	grano seco
	A	B			
1	9	9		1	
2	17	15		2	
3	14	11		3	
4	13	11		2	
5	15	9		6	
6	10	12		-2	
7	11	11		0	
8	13	10		3	
9	13	9		4	
10	15	14		1	
	130	110		20	$\sum x$
	13	11			

1. Calculando la diferencia de rendimiento corda % relativo
Por muestreo

2. $1 \sum x_1 = 130$

3. $\sum X_2 = 110$

4. Diferencia X₁ = 20

5. X₁ = 13

6. X₂ = 11

7. Diferencia X₁ = 2

Analice su es significativa la diferencia X₁ = B, X₂ = 11 o es diferente de cero el x de las diferencias?.

La variedad NB-6 produce más granos que la variedad NB-30
 Para dar respuestas a estas inquietudes se aplica la prueba t, suponiendo que la diferencia de cada par, es de dato de una muestra que representa una población de diferencias.

A	B
9	8
17	15
14	11

Se aplica la prueba t se aplica mediante el siguiente juego de hipótesis.

Ho. Md = 0
 Ha. Md ≠ 0

$$t = \frac{\text{Promedio de lass diferencias}}{\text{error estandar de lamedia}} = \frac{d}{sd}$$

$$d = \frac{\sum X_i}{n} \frac{\text{Suma algebraica de las diferencias}}{\text{número de pares}}$$

$$d = \frac{20}{10} = 2 \quad \text{sd} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$$

$$\frac{(\sum X)^2}{n} = \frac{20^2}{10} = \frac{400}{10} = 40$$

$$\sum X_i^2 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 2^2 + 6^2 + 2^2 + 0^2 + 3^2 + 4^2 + 1^2$$

$$\sum X_i^2 = 84$$

$$\sum X^2 = \sum X_{ii}^2 - (\sum_i)^2$$

$$i = 1 \dots n$$

$$(\sum_i)^2 = 20 \text{ Utilizando los valores de d}$$

$$d = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{(\sum Xi)^2}{n} = \frac{20^2}{10} = 40$$

$$\sum X^2 = \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2$$

$$\sum X^2 = 84 - 40 = 44$$

$$S^2 = \sqrt{\frac{\sum X^2}{n-1}}$$

$$N - 1 = 9$$

$$S^2 = \sqrt{\frac{44}{9}} = 4.89$$

$$Sd = \sqrt{\frac{4.89}{10}} = \sqrt{0.489} = 0.7$$

$$t = \frac{2}{0.7} \quad \frac{\text{Valor de } d}{\text{Valor de } sd}$$

$$[2.86] \triangleright t_{0.5} = 2.262, \quad P < 2\%$$

La diferencia de 2 kg es significativa ya que la variedad NB-6 produce 18.2% más que la variedad NB-30 y el riesgo de error de rechazar una cosa cierta tiene una probabilidad menor del 2% por lo tanto.

Ho. Hipótesis alternativo se acepta $P > 2\%$.