TIPO DE EXPERIMENTO

Pruebas preliminares

- **Deteccion de metodos inadecuados**
- **Tecnicas defectuosas**
- **Base para experimentos formales**
- **Reducir el error**

Experimentos con un Factor

- **Completo al azar**
- **Bloques**
- **Cuadrado latino**

Experimentos con muchos factores

- **Factoriales**
- **Parcelas divididas**
- **Bloques divididos**
- **Experimentos repetidos**
- **Experimentos con agricultores**

RELACION TIPO DE EXPERIMENTO Y DISEÑO

Pruebas de rendimiento

- **Variedades en diferentes ambientes**
- **Densidades y fechas de siembra**

Pruebas con fertilizante y culturales

- **Busqueda de ciertas dosis**
- **Efecto tiempo sembrado y dosis fertilizante**

Pruebas en Pastizales

- **Supervivencia**
- **Manejo del pastizal**
- **Mezclas por area producida.]**

Rotación de cultivos

- **Mejor combinacion o secuencia**
- **Efectos en el suelo**
- **Control de plagas e insectos.**

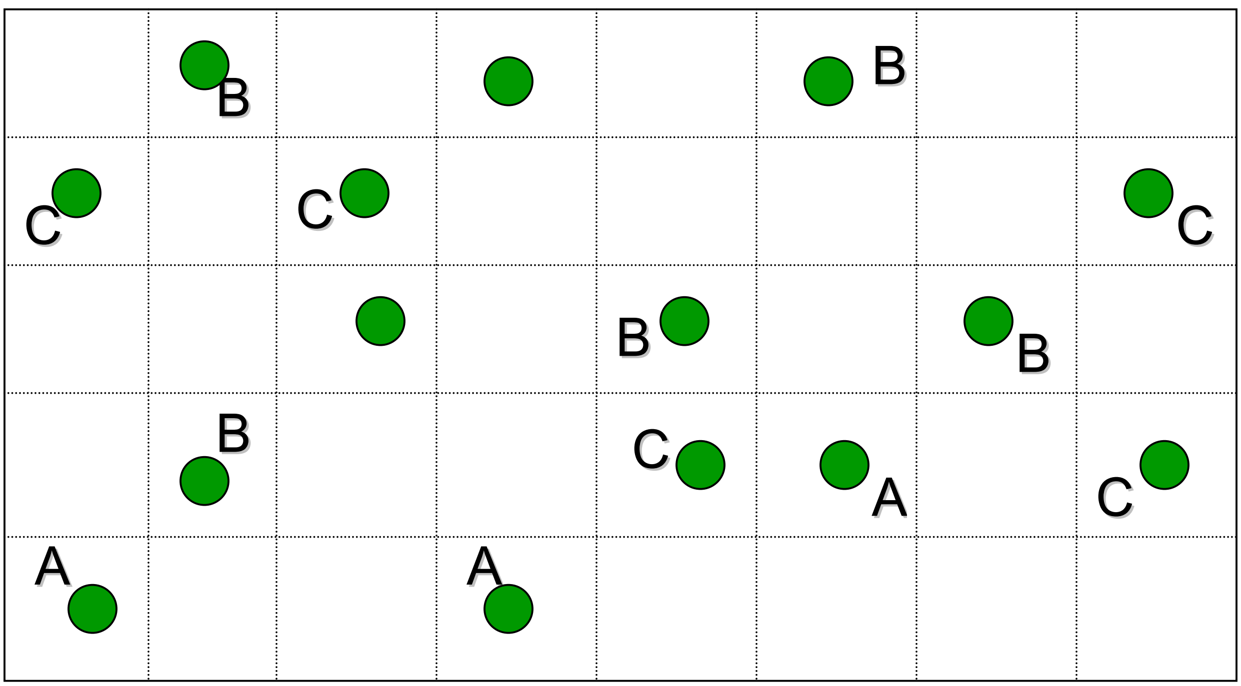
Experimentos con cultivos perennes

- **Efecto asociados a cultivos anuales**
- **Produccion de frutales**
- **Estudio de barbecho en produccion de un cultivo.**

Diseño Completo al Azar o de una via

Aleatorizacion: **Completa, en todas las unidades**
Repetición: **Igual o diferente por tratamiento**
Control Local: **Todo el material debe ser homogéneo**

3 Fertilizantes, 5 repeticiones



Fuentes de Variación y Grados de libertad

Fertilizante	**t-1**	**2**
Error	**t(r-1)**	**12**
Total	**tr – 1**	**14**

Hipotesis Nula: Efecto de nulidad del fertilizante

Diseño de Doble Via

Aleatorizacion: **Completa, en cada barbecho**
Repetición: **Barbecho, igual**
Control Local: **Material debe ser homogéneo solo difieren por el efecto del barbecho**

Util cuando la interacción es mínima

Distribución en el campo:

5 Barbechos y 4 fertilizantes

Barbecho 1	F1	F2	F4	F3
2	F3	F1	F3	F4
3	F2	F4	F1	F3
4	F4	F3	F2	F1
5	F3	F2	F4	F1

Fuentes de Variación y Grados de libertad

Barbecho	**b-1**	**4**
Fertilizante	**t-1**	**3**
Error	**(b-1)(t-1)**	**12**
Total	**bt – 1**	**19**

Hipotesis Nula: Efecto de nulidad del fertilizante y del barbecho

Diseño de Bloques completos al azar

Aleatorizacion: **Completa, en cada bloque**
Repetición: **Bloques**
Control Local: **Material homogéneo por bloque.**

Util cuando el material es heterogéneo

4 tratamientos (3 especies maderables y 1 leguminosa) como sombra para un cacaotal, se mide el DAP y rendimiento.

Bloque 1	Leg	E1	E3	E2
2	E3	Leg	E2	E1
3	E2	E1	Leg	E3
4	E1	Leg	E2	E3
5	E2	E3	E1	Leg

Fuentes de Variación y Grados de libertad

Bloques	**r-1**	**4**
Especies	**t-1**	**3**
Error	**(r-1)(t-1)**	**12**
Total	**rt – 1**	**19**

Hipotesis Nula: Efecto de nulidad de la especies

DISEÑO CUADRADO LATINO

Aplicable en el campo con doble pendiente. El diseño consiste en formar un cuadrado de n filas por n columnas.

Aleatorizacion:	**Por fila y columna al azar**
Repetición:	**Constituye las filas o columnas**
Control Local:	**Material se agrupa en dos direcciones perpendiculares.**

Cuadros estandar 4x4

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

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

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

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

Tamaño del cuadrado	Numero de formas Típica	Valor de n!(n-1)!	Número total de cuadrados diferentes
3 x 3	1	12	12
4 x 4	4	144	576
5 x 5	56	2880	161280
6 x 6	9408	86400	812851200

n = tamaño del cuadro.

Fuentes	Gl	Ejemplo
Filas	n-1	3
Columnas	n-1	3
Tratamientos	n-1	3

Error	(n-1)(n-2)	6
Total	$n^2 - 1$	15

8. Experimentos con factoriales.

Son combinaciones de factores (nitrógeno, fósforo, variedades, sustancias, niveles de concentrado, etc.) para formar tratamientos

La información es amplia
permiten comparar los niveles de cada factor entre sí y sus interacciones

Para tres factores se tiene los siguientes modelos:

1

a1				a2			
b1		b2		b1		b2	
c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2

2

a1				a2			
b1		b2		b3		b4	
c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8

3

a1				a2			
b1		b2		b3		b4	
c1	c2	c1	c2	c1	c2	c1	c2

4

a1				a2			
b1		b2		b1		b2	
c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8

1. Todos están cruzados
2. A cruzado, B y C anidado
3. A y C cruzados y B anidado
4. A y B Cruzado y C anidado.

Tipos de factores

Factores Cuantitativos.- Si sus niveles son cantidades cuantificables. Ejemplo. Niveles de nitrogeno: 20, 40 y 60 kg/ha

Factores Cualitativos.- Si sus niveles no tienen orden natural y corresponden a clases o categorías. Ejemplo. Especies maderables

Ejemplo. Se tiene un factor conformado por 3 sustancias de crecimiento a 4 niveles de concentración aplicados para evaluar la propagación vegetativa de un cultivo sobre medios artificiales.

Respuesta del experimento: Formación de callos a la cuarta semana.

El factor (A) sustancia de crecimiento con niveles:

a_1 : Ácido Indolacético (AIA)
a_2 : Cinetina (C)
a_3 : Ácido Naftaleno acético (ANA)

El factor (B) concentración con niveles:

b_1 : 0.0
b_2 : 0.1 µM
b_3 : 1.0 µM

Otro Ejemplo: aplicado en campo de agricultores para generar tecnologia.

Control sanitario (0, 1)
Control de maleza (0,1)
Aplicación de fertilizante (0,1)

0=no aplica el agricultor
1=Se aplica el control.

El factorial es 2x2x2 = 23 = 8 tratamientos

En este estudio se puede medir:

Efecto de cada uno de las tecnologias
Efecto de combinados
Medir la interaccion de las tecnologias.

El experimento puede ser reproducido con varios agricultores.

Modelo comprende:

Agricultores
Rep (agricultores)
Factorial
Agricultores x factorial
Error
..

El Factorial se descompone en A, B, C, AB, AC, BC, ABC

Los factoriales son expresados mediante la siguiente notación:

2A2B = 2x2 = 2^2: 2 niveles de A por 2 niveles de B.

2A3B = 2x3: 2 niveles de A por 3 niveles de B.

2A2B2C = 2x2x2 = 2^3: 3 factores a 2 niveles cada uno.

2A3B3C = 2x3^2: 2 niveles de A por 3 niveles de B y 3 niveles de C.

Formación de factoriales

1. Que factores deben incluirse.
2. Que factores son fijos (modelo I) y que factores son al Azar (modelo II).
3. Cuantos niveles por factor
4. Si son factores cuantitativos, cual debe ser el espaciamiento.

Ventajas y desventajas en experimentos con factoriales

1. Estudio de los niveles de cada factor y las interacciones.
2. Estudio de efectos simples.
3. Todas las unidades experimentales intervienen en el estudio.

Interacción de factores.

La interacción es una fuente muy importante en el estudio de los experimentos con factoriales, permite evaluar las diferencias de niveles de un factor en la combinación de un tercero.

Las interacciones se presentan solo en los casos que ambos son factores cruzado o cuando un factor Anidado antecede a un cruzado.

Así, para los casos presentados, las interacciones que pueden estudiarse son:

Caso 1: AB, AC, BC y ABC
Caso 2: Ninguna interacción.
Caso 3: AC y B(A) con C
Caso 4: AB

Fuentes de variación para los casos presentados:

Caso 1.

Fuentes	**Gl**
A	a-1
B	b-1
C	c-1
AB	(a-1)(b-1)
AC	(a-1)(c-1)
BC	(b-1)(c-1)
ABC	(a-1)(b-1)(c-1)
Error	(r-1)abc
Total	rabc -1

Caso2

Fuentes	**Gl**
A	a-1
B(A)	(b-1)a
C(AB)	(c-1)ab
Error	(r-1)abc
Total	rabc – 1

Caso 3

Fuentes	Gl
A	**a-1**
B(A)	**(b-1)a**
C	**c-1**
AC	(a-1)(c-1)
B(A)C	(b-1) a (c-1)
Error	(r-1)abc
Total	rabc-1

Caso4

Fuentes	Gl
A	**a-1**
B	**b-1**
C(AB)	**(c-1)ab**
AB	(a-1)(b-1)
Error	(r-1)abc
Total	rabc-1

Componentes de los esperados cuadrados medios

Factor fijo.- Cuando todos los niveles del factor están en el experimento.

Factor al azar.- Cuando un numero pequeño de niveles del factor están en el experimento.

A estas dos respuestas, se debe agregar si el factor es cruzado o anidado.

Regla para hallar las componentes de variancia

1. Halle todas las fuentes de variación en función del anidamiento y el cruce de factores

2. Determine los factores fijo y al azar.

3. Construya una matriz, en la primera columna las fuentes de variación, y en la primera fila los factores, se incluye las repeticiones como un factor al azar.

4. Se llena las celdas con el siguiente criterio:

   - Colocar 0 (fijo) y 1 (azar) en cada celda de la columna dependiendo si la fuente contiene el factor.

   - Colocar 1 si el factor de la columna aparece como anidador en la fuente.

   - Completar las celdas de cada columna con el valor numero de niveles del factor.

   - En la columna de repeticiones con el numero de repeticiones.

   - En la fila del error con el valor 1

   - En la columna de variancia la variancia de la fuente tratada.

5. Una vez completado el cuadro, se procede a hallar las componentes de variancia uno por uno, siguiendo el criterio:

   - Cada fuente tiene una letra o más, esta identificación sirve para ocultar las columnas de las letras que se indica en la fuente.

   - Se multiplica los otros coeficientes solo las que corresponda, empezando de abajo hacia arriba.

Para ilustración de estas reglas, se considera el caso 3 presentado, con factores A al azar con 2 niveles, B fijo con 3 niveles y C fijo con 2 niveles con 4 repeticiones.

3													
	a1						A2						
	b1		b2		b3		B4		b5		b6		
	c1	c2	c1	c2	c1	c2	C1	c2	c1	c2	C1	c2	

Fuentes	A	B	C	R	Variancia	E[CM]
A	1	3	2	4	Va	Ve + 24 Va
B(A)	1	0	2	4	Vab	Ve + 8 Vab
C	2	3	0	4	Vc	Ve + 12 Vac + 24 Vc
AC	1	3	0	4	Vac	Ve + 12 Vac
B(A)C	1	0	0	4	Vabc	Ve + 4 Vabc
Error	1	1	1	1	Ve	Ve

DISEÑO EN PARCELA DIVIDIDA (SPLIT-PLOT)

Se aplica 2 factores A y B, uno en parcela y otro en subparcela

Aleatorizacion: **El Factor A al azar segun diseño en Parcelas y Factor B completamente al Azar en subparcelas.**
Repetición: **contabilizado por las parcelas, es igual o diferente segun el diseño**
Control Local: **Las parcelas se dividen en subparcelas un numero igual a los niveles del factor B**

Ejemplo: 3 niveles del factor A y 2 niveles del factor B.
En diseño completo al azar.

El croquis en campo podría ser:

a1		a2		a1	
b1	b2	b2	b1	b2	b1

a3		a1		a2	
b2	b1	b2	b1	b1	b2

a2		a3		a2	
b1	b2	b1	b2	b2	b1

a3		a3		a1	
b2	b1	b2	b1	b1	b2

Parcelas divididas en bloques

Bloque 1	a1		a3		a2	
	b1	b2	b2	b1	b2	b1
Bloque 2	a3		a1		a2	
	b2	b1	b2	b1	b1	b2
Bloque 3	a2		a3		a1	
	b1	b2	b1	b2	b2	b1
Bloque 4	a3		a2		a1	
	b2	b1	b2	b1	b1	b2

Estimacion del error.

Son dos los errores que se derivan del diseño

Error en parcela. Error (a)
Error en subparcela. Error (b)

Ambos permiten estimar un error comun.

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{SC(error(a)) + SC(error(b))}{Gl(error(a)) + Gl(error(b))}$$

Coeficiente de variación:

$$CV(a) = \frac{\sqrt{Ea/b}}{\overline{Y}} x100\%, \quad CV(b) = \frac{\sqrt{Eb}}{\overline{Y}} x100\%$$

Si el error(b) es más grande que el error(a), el coeficiente de variación debe ser expresado por:

$$CV = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}^2}}{\overline{Y}} x100\%$$

<u>Algunos criterios para asignar los factores A y B.</u>

El factor A siempre se aplica a parcelas grandes o en gran escala

El factor B el que se suministra a pequeña escala.

El factor B es mas importante en es estudio.

El factor A esta confundido con las diferencias de los bloques incompletos formado por el factor B.

<u>Características:</u>

El control local se realiza en las parcelas, estas deben ser tratadas de acuerdo al tipo de diseño (Completo al azar, Bloques, Latino, etc.), Estas deben ser divididas en subparcelas, un numero igual a los niveles de B.

La aleatorización debe realizarse en dos fases, en las parcelas grandes con el factor A de acuerdo al diseño utilizado, y en las subparcelas el factor B se aplica completamente al azar.

Respecto a las repeticiones, las parcelas grandes constituyen las repeticiones del experimento, y deben ser un numero tal que los grados de libertad del error(a) tengan un valor considerable, por ejemplo no menor de 10.

Distribucion de los grados de libertad:

DCA.

Fuentes	G.L.
A	a-1
Error(a)	a(r-1)
B	b-1
AB	(a-1)(b-1)
Error(b)	a(b-1)(r-1)
Total	abr-1

En Bloques

Fuentes	G.L.
Bloques	r-1
A	a-1
Error(a)	(a-1)(r-1)
B	b-1
AB	(a-1)(b-1)
Error(b)	a(b-1)(r-1)
Total	abr-1

Como se observa, los cambios son a nivel de parcela.

DISEÑO CON BLOQUES DIVIDIDOS (STRIP-PLOT)

Se aplica 2 factores a gran escala (A y B)
La interacción se estudia con mayor precisión.

Aleatorizacion: **Un Factor A al azar por columnas y el otro factor B al azar en filas**
Repetición: **constituido por otra aleatorizacion de las filas y las columnas.**
Control Local: **Las parcelas se agrupan por filas y por columnas.**

Ejemplo: 4 niveles del factor A y 3 niveles del factor B. en 3 repeticiones.

Bloque I				
	a4	a2	a3	a1
b2				
b3				
b1				

Bloque II				
	a2	a1	a3	a4
b2				
b1				
b3				

Bloque III				
	a4	a2	a1	a3
b3				
b2				
b1				

El análisis y el diseño se ajusta a la siguiente distribución de los grados de libertad.

Fuentes	Gl	Ejemplo
Bloques	r-1	2
A	a-1	3
Error (a)	(r-1)(b-1)	6
Total de parcelas en A	ra – 1	11
B	b-1	2
Error (b)	(r-1)(b-1)	4
Total de parcelas en B	b(r-1)	6
AB	(a-1)(b-1)	6
Error (c)	(r-1)(a-1)(b-1)	12
Total de subparcelas	abr – 1	35

Para ganar precisión en el factor B,

los niveles de este factor pueden ser aleatorizado formando un cuadrado latino a través de las repeticiones,

implica que el numero de niveles de B debe ser igual al número de repeticiones.

Ejemplo:

	Bloque I			
	a4	A2	a3	a1
b2				
b3				
b1				

	Bloque II			
	a2	a1	a3	a4
b3				
b1				
b2				

	Bloque III			
	a4	A2	a4	a3
b1				
b2				
b3				

Fuentes	Gl	Ejemplo
Bloques	r-1	2
A	a-1	3
Error (a)	(r-1)(b-1)	6
Total de parcelas en A	ra – 1	11
Hileras	b-1	2
B	b-1	2
Error (b)	(b-1)(b-2)	2
AB	(a-1)(b-1)	6
Error (c)	(r-1)(a-1)(b-1)	12
Total de subparcelas	abr – 1	35

Experimentos repetidos en cultivos anuales

En muchas ocasiones un experimento es repetido en mas de una vez en el mismo lugar, en diferentes lugar y en otras épocas.

Generalmente es una política de una institución sobre la investigación realizada, mas que el interés propio de un investigador.

Estas prácticas involucran personal, tiempo y terrenos disponibles para ello, además del costo que demanda.

Sus resultados son a mediano o largo plazo.

Cada experimento repetido, debe seguir su propia randomización, lo único que debe ser común, es el mismo diseño con un numero de tratamientos iguales y repeticiones.

En Cultivos anuales, cada periodo es una nueva evaluación y las plantas cambian.

Para un analisis conjunto, se realiza un combiando de los analisis de cada lugar y de cada epoca.

6 bloques y 4 tratamientos

Fuentes	**Gl**
Bloques	5
Tratamientos	3
Error	15
Total	23

El combinado de dos periodos en el lugar 1 será:

Fuentes	**Gl**
Periodo	1
Bloques(Periodo)	5 (error (a))
Tratamientos	3
Tratamiento*periodo	3
Error	15 (error (b))
Total	23

El combinado completo:

Fuentes	**Gl**
Lugar	1
Bloque(lugar)	10 (error (a))
Periodo	1
Lugar*periodo	1
Periodo*bloque(lugar)	10 (error (b))
Tratamiento	3
Tratamiento *periodo	3
Tratamiento*lugar	3
Tratam.*periodo*lugar	3
Error	60 (error (c))
Total	95

Experimentos repetidos en cultivos perennes

En experimentos con cultivos perennes durante varios años.

Cada parcela se cosecha en años sucesivos y los tratamientos no cambian de posición.

La cosecha de una parcela como una subparcela y el total de cosechas de todos los años como una parcela y así se analiza el experimento como un modelo de parcelas divididas.

En este tipo de experimentos, no es necesario probar homogeneidad de variancia del error de todos los años.

Localidad 1.

En un periodo:

Fuentes	**Gl**
Bloques	5
Tratamientos	3
Error	15
Total	23

El combinado con el segundo periodo resulta:

Fuentes	**Gl**
Tratamientos	3
Bloques	5
Tratamientos*bloque	15 (error (a))
Periodo	1
Bloque *periodo	5
Tratamiento*periodo	3
Error	15
Total	47

Si el mismo diseño se realizo en otro lugar en los mismos periodos, entonces el combinado con localidad seria:

Fuentes	**Gl**
Lugar	1
Bloque(lugar)	10 (error (a))
Tratamiento	3
Tratamiento*lugar	3
Tratamiento*bloque(lugar)	15 (error (b))
Periodo	1
Lugar *periodo	5
Periodo*bloque(lugar)	10
Lugar*tratamiento*periodo	3
Error	15 (error (c))
Total	95

Diseños con intercambio.

Estos diseños son utiles especialmente en el trato con animales, donde cada animal recibe mas de un tratamientos.

Experimento con unidades limitadas y se requiere tener repeticiones.

En experimento con arboles donde cada arbol recibe un tratamiento en un periodo y pasado un tiempo, se aplica otro tratamiento como si fuese otra unidad diferente.

	Unidades									
Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	b	b	a	b	a	a	b	a	b	a
II	a	a	b	a	b	b	a	b	a	b

Para este caso, el experimento se realiza con dos tratamientos y con 10 unidades experimentales.

Cada unidad recibe los dos tratamientos en intervalo de tiempo suficiente para que no afecte el resultados de otro tratamiento, es decir cuando el efecto del primero desaparece.

Las fuentes y grados de libertad que corresponde para este analisis son:

Fuentes	**Gl.**
Unidades	9
Periodos	1
Tratamiento	1
Error	8
Total	19

Diseño Aumentado completamente al azar.

Aplicable cuando se tiene muchos tratamientos y muchos no pueden tener repeticiones.

Un grupo pequeño con repeticiones para estimar el error.

Los otros tratamientos son los aumentados.

El Diseño se realiza en igual forma que el diseño completo al azar.

En el análisis estadistico, debe compararse los comunes vs los aumentados.

Comparar los tratamientos comunes

Comparar los tratamientos aumentados.

Diseño Aumentado en Bloque al azar.

Consiste en agrupar un cierto numero de tratamientos (comunes) para ser planeado en bloques completos al azar

Un segundo grupo de tratamientos (aumentados) aplicarlos una sola vez en cualquiera de los bloques, manteniendo cierta equivalencia en el tamaño del bloque.

Si son 4 bloques y se tiene 13 tratamientos; 5 tratamientos pueden ser aplicados en bloques completos

los 8 restantes dividirlos en grupos de dos para aplicar al azar junto con los 5 tratamientos comunes.

El diseño entonces comprenderá la aleatorización de los tratamientos en la siguiente forma:

Comunes: (A,B,C,D,E)
Aumentados:(1,2,3,4,5,6,7,8)

Bloque I: Aplicar al azar los tratamientos A,B,C,D,E,5,3
Bloque II: Aplicar al azar los tratamientos A,B,C,D,E,1,7
Bloque III: Aplicar al azar los tratamientos A,B,C,D,E,2,8
Bloque IV: Aplicar al azar los tratamientos A,B,C,D,E,4,6

Puede observar que el tamaño del bloque se reduce a 7 u.e. y no a 13 u.e. como podría ser si se utiliza todos los bloques completos.

Analisis estadistico de los diseños aumentados.

Estimar el error a partir del analisis de variancia.

DCA (t = c + a) comunes + aumentados

Fuentes	**Gl**
Tratamientos	t-1
Entre comunes	c-1
Entre Au	a-1
Comunes vs Au	1
Error	Diferencia
Total	Nro Observaciones – 1

DBCA

Fuentes	**Gl**
Bloques - AU	r-1
Tratamientos	t-1
Entre comunes	c-1
Entre Au	a-1
Comunes vs Au	1
Error	Diferencia
Total	Nro Observaciones – 1

Bloques - AU: corresponde solo a los bloques completos, sin incluir los Aumentados.

COMPARACION DE PROMEDIOS.

<u>Entre promedio comunes:</u>

$$Sd = \sqrt{\frac{2CMe}{n}}$$; n= número de repeticiones

<u>Entre promedios aumentados</u>

$$Sd = \sqrt{2CMe}$$; no tiene repeticiones.

En bloques para el mismo bloque

Y para diferente bloque: $Sd = \sqrt{2CMe\left(1+\frac{1}{c}\right)}$;

C=comunes

<u>Entre promedios comunes versus aumentados</u>

n=Número de repeticiones del tratamiento común.

DCA: $Sd = \sqrt{CMe\left(1+\frac{1}{n}\right)}$

DBCA : $Sd = \sqrt{2CMe\left(1+\frac{1}{n}+\frac{1}{c}+\frac{1}{nc}\right)}$

Experimentos en campo de agricultores.

La investigación en campos de agricultores son de dos tipos:

Para generar nuevas tecnologías
Para verificar tecnologías.

En ambos experimentos, los ensayos deben ser conducidos en mas de dos agricultores simultáneamente.

Una fuente de variación es el efecto del campo del agricultor.

Uno de los problemas en estos experimentos, es la selección del sitio, que debe ser lo mejor en términos de homogeneidad (pendiente, suelo, agua, clima, etc.).

Si se va ha realizar experimentos para generar tecnología, la selección del sitio debe ser primordial, y se sugiere lo siguiente:

1. Que caracteristicas se mediran y clasifique: clima, topografía, suelo, régimen de agua. y así sucesivamente

2. Seleccione una área grande que satisfaga las características ambientales con rasgos homogéneos o varias pequeñas

3. Finalmente, de cada agricultor, debe disponer de áreas lo mas grande posible para que se adecuen al experimento y con mínima heterogeneidad del suelo.

4. Utilice tratamientos testigos con nivel 0.

Diseño y análisis.

El numero de tratamientos a analizar debe ser pequeño.

Es deseable el mismo ensayo para todos los agricultores

Las fuentes y grados de libertad que corresponde a este análisis es:

Fuentes.	**Grados de libertad**
Agricultores	a-1
Repetición (Agricultores)	(r-1)a
Tratamientos	t-1
Tratamientos x Agricultor	(t-1)(a-1)
Error Experimental	(r-1)(t-1)a
Total	rta – 1

Con testigos.

4 agricultores, 4 tratamientos mas un testigo (t5)

Fuentes.	**Grados de libertad**	
Agricultores	3	
Repetición (Agricultores)	3(r-1)	
Tratamientos	4	
Tratamientos x Agricultor	(12)	
(t5 vs otros) x agricultor		3
(t1, t2 vs t3, t4) x agricultor		3
(t1 vs t2) x agricultor		3
(t3 vs t4) x agricultor		3
Error Experimental	16(r-1)	
Total	20r – 1	

Para verificacion de tecnologia, se debe considerar:

Mas agricultores que para prueba de genereración.

No utilizar testigos con nivel 0.

Utilizar testigos, el nivel del agricultor.

Las pruebas deben ser a nivel del agricultor y no optimas como en la generación de tecnologias.

Diseño y Análisis.

En general se debe aplicar un factorial 2^k , son k factores o componentes, cada factor con dos niveles (Nueva tecnología, tecnología del agricultor).

Si son 4 componentes la nueva tecnología, entonces el factorial es $2^4 = 16$ tratamientos. En estos casos, se puede fraccionar el factorial a la mitad para tener solo 8 tratamientos, sacrificando las interacciones de mayor orden.

Experimentos sin repeticion en campo de agricultores.

Es una necesidad, realizar ensayos en estos campos, y por el espacio disponible, solo se dispone para una replica.

Utilizar pocos tratamientos y muchos lugares o campos de agricultores, que represente a la diversidad de agricultores en el estudio.

Definir el tamaño de la parcela del agricultor, que debe ser igual al tamaño de todos los agricultores.

En cada sitio (agricultor), aplicar todos los tratamientos que se quiere probar. Como si cada agricultor fuese un bloque y el experimento un diseño en bloques.

Terminado el experimento, recolectar la información en una matriz de información clasificado por agricultor y tratamiento.

Para el análisis de los datos, estime una ecuación de regresión lineal simple por cada tratamiento.

$Y_i = a + b X_i$

Y_i = Respuesta de la parcela.
X_i = Indice ambiental (promedio de cada agricultor)

Tratamientos mas estables.

Coeficiente $b = 1$

Menor cuadrado medio de la regresion.

Promedios altos, y

Realizar todas las pruebas de los coeficientes de regresión.

Ho b = 1
H1 b $\neq$ 1

Mediante pruebas de t puede discriminar los tratamientos.

$$Tc = \frac{b - 1}{\sqrt{\dfrac{CMerror\ Regresion}{\sum x_i^2}}}$$

b: Coeficiente de regresión estimado
ΣX^2: Suma de cuadrados del indice ambiental corregido

El valor critico se localiza en la tabla de t-student con dos colas y grados de libertad (Nro de ambientes – 2)

Comparación de tratamientos

Seleccione los ambientes o agricultores, en donde se han logrado respuestas superiores al promedio general.

Con este nuevo conjunto de datos, Halle los promedios y desviaciones estandar de cada uno.

Determine intervalos de confianza a diferente nivel.

$$I.C. = \overline{X} \pm \frac{S}{\sqrt{n}}$$

I.C.: Intervalo de confianza.
S: desviación estándar(solo de los ambientes buenos).
n: número de ambientes buenos.

Mediante una gráfica de los intervalos de confianza, se puede decidir si un tratamiento de los seleccionados es diferente a otro.

CAMBIO DE ESCALA

Para el analisis de variancia se necesita que los datos esten normalmente distribuidos y cumplan los supuesto del análisis de variancia.

En estos casos, es necesario hacer un cambio de escala.

Logaritmica. (base 10 ó e).- Cuando los datos presentan variancias heterogeneas entre grupos de tratamientos. Las variancias son proporcionales a sus promedios.

L = log(Y)

Cuando los datos puedan presentar efectos multiplicativos.

L = Log(Y+k), K=1 o un numero entero mayor.

Raiz Cuadrada.- Cuando los datos son discretos, por ejemplo numero de manchas en una hoja,
Número de bacterias en una placa.

$$R = \sqrt{Y + 0.5} \qquad\qquad R = \sqrt{Y}$$

Angular.- Cuando la variable se expresa en porcentajes y esta dispersa en una escala de 0 a 100.

$$A = Arc\sin\sqrt{Y/100}$$

Si la funcion esta en radianes, se debe multiplicar el resultado por 180/3.1415 para tener la respuesta en angulos en la escala de 0 a 90

Cuando los % son menores del 20% o mayores del 80%,

O, este en el intervalo entre 20 a 80 puede aplica la raiz cuadrada.

En todos los casos el Coefiente de variación se ve disminuida, pero no es su función.

Si tiene problemas con los analisis, se sugiere:

Probar normalidad de los errores
Aditividad y homogeneidad.

Finalmente utilice pruebas noparametricas.

APLICACIONES

Analisis del Diseño de bloques con unidad Faltante.

Sustitución de sombras tradicionales con maderables en cacaotales establecidos.

http://computo.catie.ac.cr/~gtz/cviejo.html

Objetivo de la investigación

Evaluar el comportamiento de tres especies maderables y una leguminosa como sombra para un cacaotal establecido, así como su efecto sobre la producción de cacao. Además evaluar la factibilidad técnica y económica de un cambio de sombra en cacaotales establecidos.

- Fecha de inicio: 1989.
- Número de ensayos: 1.
- Ubicación: Guabito, Nuevo Paraíso y Finca 51, Changuinola, Panamá.
- Diseño experimental: Bloques completos al azar con cuatro tratamientos y seis repeticiones.
- Tratamientos: Uno por especie evaluada, Laurel (Cordia alliodora), Framiré (Terminalia ivorensis), Roble de sabana (Tabebuia rosea) y guaba (Inga edulis).

Variable:

Diámetro a la altura de pecho (DAP) para árboles maderables**.**

DAP promedio (cm) por especie y sitio experimental (edad=4.4 años).

SITIO	LAUREL	GUABA	ROBLE	TERMINALIA
1	18.4	14.3	21	20.9
2	19.1	12.9	19.7	18.2
3	.	15	13.2	19.2
4	14.4	14.6	13.2	21.7
5	12.9	14.6	16.8	15.7
6	14.4	12.4	14	18.6

Estimación de la unidad faltante.

Por Yates: (6*47.4+4*79.2-375.2)/[(6-1)(4-1)] = **15.0667**

Mediante SAS: model DAP = sitio especie/**solution** ss1;

Intercepto	17.6389
Sitio 1	3.8
2	2.625
3	0.76667
4	1.125
5	0.15
6	0
Especie 1	-3.33889
2	-5.08333
3	-2.73333
4	0

17.63888889 + 0.76666667 -3.33888889 **= 15.0667**

Estimado el valor de la unidad faltante, se completa el cuadro y se determina las sumas de cuadrados en forma normal.

Luego se calcula el sesgo en los tratamientos.

Sesgo = (B-(t-1)X)^2 / (t-1)(n-1)

En nuestro caso: $(47.4 - 3\,(15.07))^2/[(6-1)(4-1)] = 0.3197$

SC Especies corregida = 80.0041 - 0.3197 = 79.6844

Mediante el programa SAS, se puede obtener los resultados corregidos.

Fuentes	Gl	SC	CM	Fc
Sitios	5	43.9511	8.79022	1.71
Especies	3	79.6844	26.5615	5.16
Error	14	72.0306	5.14504	
Total	22	195.666		

```
dm 'log;clear;output;clear';
filename hoja dde 'excel|sheet1!r4c2:r9c5';
data new;
infile hoja;
do sitio  = 1 to 6;
do especie = 1 to 4;
input DAP @ ; output;
end;
end;
proc GLM;
class sitio especie;
model DAP = sitio especie/solution ss1;
run;
quit;
```

Diseño Cuadrado Latino.

"Evaluación del sistema de riego por exudación utilizando cuatro variedades de melón, bajo modalidad de siembra, SIMPLE HILERA.".

Se desea probar el comportamiento de tres variedades híbridas de melón y uno estándar. (Tesis U. Agraria).- autor Alberto Ángeles L.

Variedades: V1 : Híbrido Mission
V2 : Híbrido Mark.
V3 : Híbrido Topfligth.
V4 : Híbrido Hales Best Jumbo.

Datos: Rendimiento en Kgs. por parcela.

	C1	C2	C3	C4
F1	45	50	43	35
F2	29	53	41	63
F3	37	41	41	63
F4	38	40	35	41

	C1	C2	C3	C4
F1	V1	V2	V3	V4
F2	V4	V3	V2	V1
F3	V2	V4	V1	V3
F4	V3	V1	V4	V2

Solucion:

	C1	C2	C3	C4	Y.j
F1	45	50	43	35	173
F2	29	53	41	63	186
F3	37	41	41	63	182
F4	38	40	35	41	154
Yi.	149	184	160	202	695

V1	V2	V3	V4	
189	169	197	140	695

CALCULO DE SUMAS DE CUADRADOS

Termino de corrección TC = $695^2/16 = 30189.1$

SC(Total) = $45^2 + 50^2 + \ldots\ 41^2$ - TC = 1359.9375

SC(Filas) = $(173^2 + \ldots + 154^2) / 4$ - TC = 152.18750

SC(Columna) = $(149^2 + \ldots + 202^2) / 4$ – TC = 426.18750

SC(Melon) = $(189^2 + \ldots + 140^2) / 4$ – TC = 483.68750

SC(error) = SC(total) – SC(filas) – SC(columnas) = 297.8750

Promedio = 695 /16 = 43.438

CM (error) = SC(error) / [(t-1)(t-2)] = 49.6458

CV = Raiz (CM error) *100 / Promedio = 16.2 %

Analisis de Variancia:

Fuente	Gl	S.C.	C.M.	Fc	Pr > F
FILA	3	152.18	50.72	1.02	0.4466
COLUMNA	3	426.18	142.06	2.86	0.1264
MELON	3	483.68	161.22	3.25	0.1022
Error	6	297.87	49.64		
Total	15	1359.93			

Resultado : No existe diferencias estadisticas entre las variedades de melon tratadas con el sistema de riego por exudación.

El coeficiente de variacion es 16 % aceptable para una evaluación en campo.

El rendimiento promedio del melon en condiciones experimentales resulto 43.3 kilos por parcela experimental.

El rendimiento por hibrido fue el siguiente :

V1 : Híbrido Mission 47.3 kilos
V2 : Híbrido Mark. = 42.3 kilos
V3 : Híbrido Topfligth. 49.3 kilos
V4 : Híbrido Hales Best Jumbo. = 35.0 kilos

Según los resultados experimentales no existen diferencias estadisticas entre las variedades.

Las diferencias se dan a nivel de 0.10 de probabilidad de error en el rechazo de la hipotesis de nulidad, esto significa que muy posible existen diferencias pero en este experimento no fue posible detectar por los pocos grados de libertad para el error.

Tratamientos repetidos mas de una vez.

Para el caso planteado se podria diseñar un cuadrado latino con el tratamiento 4 (testigo) repetido como V5.

	C1	C2	C3	C4	C5
F1	V1	V2	V3	V4	V5
F2	V4	V3	V2	V5	V1
F3	V2	V4	V5	V1	V3
F4	V3	V5	V1	V2	V4
F5	V5	V1	V4	V3	V2

El Analisis de variancia tendra las siguientes fuentes y grados de libertad :

Fila	4
Columna	4
Melon	4
Error	12
Total	24

La variacion del efecto de Melon, podria descomponer en :

Melon	4
V4, V5 vs V1, V2, V3	1
V4 vs V5	1
Entre V1, V2 , V3	2

Programa en SAS para el diseño cuadrado latino.

```
options nodate nocenter ls=72;
dm 'log;clear;output;clear';
data melon;

do Fila  = 1 to 4;
do Columna = 1 to 4;
input Melon $ Rdto @ ;
output;
end;
end;

cards;
V1 45    V2 50   V3 43   V4 35
V4 29    V3 53   V2 41   V1 63
V2 37    V4 41   V1 41   V3 63
V3 38    V1 40   V4 35   V2 41
;
proc anova;
class Fila Columna Melon;
model RDTO = Fila Columna Melon;
means melon / waller;

run;
quit;
```

Análisis del Diseño de bloques dividido.

Diseño y datos del campo, Strip plot 4x3 con 2 repeticiones.

Bloc = 1				
	Strip=3	Strip=1	Strip=4	Strip=2
Trt =1	6.0	9.0	4.0	14.0
Trt =2	4.0	7.0	6.0	13.0
Trt =3	5.0	8.0	5.0	12.0

Bloc = 2				
	Strip=2	Strip=3	Strip=4	Strip=1
Trt =1	15.0	8.0	2.0	8.0
Trt =3	14.0	7.0	5.0	7.0
Trt =2	17.0	9.0	3.0	7.0

BLOC	STRIP	TRT	YIELD
1	3	1	6.0
1	3	2	4.0
1	3	3	5.0
1	1	1	9.0
1	1	2	7.0
2	1	1	8.0
2	1	3	7.0
2	1	2	7.0

Modelo por bloque; Yield = Constante + trt + strip + error;

Error:

Interaccion Trt por Strip (Trt*strt) con 6 grados de libertad.

```
El analisis conjunto:

Dependent Variable: YIELD

                Sum of       Mean
Source     DF   Squares     Square  F Value    Pr > F
BLOC        1     3.375       3.37
STRIP       3   330.125     110.04    14.28    0.027
error a     3    23.125       7.70
TRT         2   0.75000     0.3750     0.33    0.750
error b     2     2.250       1.12
STRIP*TRT   6    11.250       1.87     1.96    0.217
Error c     6     5.750       0.95
Total      23   376.625

Mean = 8.125
```

```
Data new ;
Input BLOC STRIP TRT YIELD;
cards;
1       3       1       6.0
..
2       1       2       7.0
;
proc anova;
class bloc strip trt;
model yield = bloc strip bloc*strip trt
              bloc*trt strip*trt;
test h=strip e=bloc*strip;
test h=trt e=bloc*trt;
run;
quit;
```

Experimentos repetidos en espacio y tiempo.

Cultivo de algodon 4 linajes.

Diseño bloques completos al azar (6 bloques).

Cultivo:

1 = Plantada (1er Año)

2 = Soca (2do Año)

Lugares

1 = Valle de Lima

2 = Valle de Pisco

Valle de Lima							
Linaje	Cultivo	I	II	III	IV	V	VI
1	1	12	13	11	13	11	15
	2	15	20	17	18	19	23
2	1	10	12	15	11	13	13
	2	14	16	17	14	17	26
3	1	9	9	12	11	13	12
	2	13	11	17	12	14	13
4	1	8	12	4	8	12	9
	2	9	16	7	11	14	12

Valle de Pisco							
Linaje	Años	I	II	III	IV	V	VI
1	1	9	18	11	20	14	17
	2	10	22	20	27	21	21
2	1	19	13	14	26	13	17
	2	17	24	21	23	21	21
3	1	12	16	14	17	22	14
	2	22	19	22	22	22	20
4	1	15	20	15	12	14	12
	2	14	24	20	24	19	19

Primer analisis: Valle de Lima, Cultivo=1

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr>F
BLOQUE	5	20.33	4.06		
LINAJE	3	51.66	17.22	3.95	0.02
Error	15	65.33	4.35		
Total	23	137.33			

C.V. = 18.7%, Promedio = 11.16

Segundo analisis: Valle de Lima, Cultivo=2

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr>F
BLOQUE	5	81.70	16.34		
LINAJE	3	202.45	67.48	7.80	0.002
Error	15	129.79	8.65		
Total	23	413.95			

C.V. = 19.3%, Promedio = 15.21

Analisis combinado de cultivo 1 y 2 Lima.

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr>F
BLOQUE	5	87.68	17.53		
LINAJE	3	223.39	74.46	7.46	0.002
Error (a)					
BLOQUE*LINAJE	15	149.72	9.98		
CULTIVO	1	196.02	196.02	64.77	0.000
BLOQUE*CULTIVO	5	14.35	2.87	0.95	0.478
CULTIVO*LINAJE	3	30.72	10.24	3.38	0.046
Error (b)	15	45.39	3.02		
Total	47	747.31			

C.V. = 13.2%, Promedio = 13.19

Primer analisis: Valle de Pisco, Cultivo=1

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
BLOQUE	5	77.83	15.56		
LINAJE	3	20.83	6.94	0.43	0.73
Error	15	243.16	16.21		
Total	23	341.83			

C.V. = 25.8%, Promedio = 15.58

Segundo analisis: Valle de Pisco, Cultivo=2

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr>F
BLOQUE	5	151.87	30.37		
LINAJE	3	7.12	2.37	0.32	0.80
Error	15	110.62	7.37		
Total	23	269.62			

C.V. = 13.2%, Promedio = 20.62

Analisis combinado de cultivo 1 y 2 Pisco.

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	FValue	Pr>F
BLOQUE	5	200.85	40.17		
LINAJE	3	24.895	8.298	0.60	0.62
Error (a)	15	206.22	13.74		
CULTIVO	1	305.02	305.02	31.01	0.00
CULTIVO*LINAJE	3	3.06	1.02	0.10	0.95
BLOQUE*CULTIVO	5	28.85	5.77		
Error	15	147.56	9.83		
Total	47	916.47			

C.V. = 17.3%, Promedio = 18.10

Analisis combinado de cultivo 1 y 2 en el valle de Lima combinado con el valle de Pisco.

Dependent Variable: RDTO

Source	DF	Mean Square	Fvalue	Pr>F
VALLE	1	580.16	20.11	0.001
Error (a)				
BLOQUE(VALLE)	10	28.85		
LINAJE	3	49.73	4.19	0.013
VALLE*LINAJE	3	33.02	2.78	0.057
Error (b)				
LINAJE*BLOQUE(VALLE)	30	11.86		
CULTIVO	1	495.04	76.97	0.000
VALLE*CULTIVO	1	6.00	0.93	0.341
CULTIV*BLOQUE(VALLE)	10	4.32	0.67	0.741
LINAJE*CULTIVO	3	4.51	0.70	0.558
VALLE*LINAJE*CULTIVO	3	6.75	1.05	0.385
Error (c)	30	6.4		
Corrected Total	95			

C.V. = 16.2%, Promedio = 15.65

Diseño Aumentado completo al azar

Tratamientos: 3 comunes y 4 aumentados.

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
10	15	6	10	14	12	16
12	14	6				
11	13	8				

Analisis de Varianca

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TRAT	6	118.10	19.68	17.72	0.001
Entre comunes	2	81.55	40.77	36.7	0.000
Entre Aumentados	3	20	6.66	6	0.030
Comunes vs Aum.	1	16.54	16.54	14.89	0.008
Error	6	6.66	1.11		

El CM(error) = 1.11 será utilizado en todas las pruebas de comparación.

Promedios de tratamientos

1	2	3	4	5	6	7
11	14.00	6.66	10.00	14.00	12.00	16.00

Comparación de promedios en tratamientos comunes:

Sd = 0.86;   DLS = 2.447 x 0.86 = 2.10

Los tratamientos "1", "2" y "3" son diferentes estadísticamente

Comparación de promedios de tratamientos aumentados:

Sd = 1.48; DLS = 2.447 x 1.48 = 3.62

Los tratamientos aumentados ordenados por el valor de la variables es:

7 5 6 4
16 14 12 10

Comparación de promedios de tratamientos entre comunes y aumentados:

Sd = 1.21; DLS = 2.447 x 1.21 = 2.96

1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
11	14.00	6.66	10.00	14.00	12.00	16.00

Comunes\Aum.	4	5	6	7
1	n.s.	*	n.s.	*
2	*	n.s.	n.s.	n.s.
3	*	*	*	*

Aplicación en campo de agricultores

Considere los siguientes resultados de un experimento con diferentes agricultores en Colombia, en el Oriente antioqueño (1972) (ICA.- Aplicación por Orlando Martinez W.)

Rendimiento de Frijol en kg/ha. En grano limpio y seco.
Tecnologías:

20-40-20 kg/ha. de N. P_2O_5 y K_2O + 2 t/ha de gallinaza.
40-80-40 kg/ha. de N. P_2O_5 y K_2O + 2 t/ha de gallinaza.
60-120-60 kg/ha. de N. P_2O_5 y K_2O + 2 t/ha de gallinaza.
40-80-40 kg/ha. de N. P_2O_5 y K_2O + 4 t/ha de gallinaza.

Resultados:

Municipio	Parcela	a	b	c	d	Promedio
Rionegro	Capiro	1036	1272	787	806	975
Rionegro	Cristo_Rey	364	249	258	370	310
Carmen	Garzonas	1019	1019	911	1215	1041
Carmen	Palmas	447	780	717	331	569
Carmen	Palmas	1532	1214	1246	1530	1381
Carmen	Campo_alegre	1161	1521	1410	1379	1368
Carmen	Chapa	1309	1477	1626	1657	1517
Carmen	Chapa	834	1087	1065	971	989
Carmen	Chapa	729	787	844	806	792
Carmen	Soñadora	749	543	700	672	666
Carmen	Soñadora	918	1214	1055	929	1029
Carmen	Quiramana	668	835	818	791	778
Carmen	Quiramana	460	566	508	470	501
La_Union	La_Maria	1446	1794	1688	1731	1665
Marinilla	Asuncion	770	527	960	506	691
Marinilla	Asuncion	675	992	401	728	699
Marinilla	Llanadas	515	606	422	448	498
Marinilla	Llanadas	2110	1987	1706	2137	1985
Marinilla		1046	1993	958	1090	1272
Marinilla		517	559	527	612	554
Gurane	San_Jose	1002	1302	1020	985	1077
	Promedio	919	1063	935	960	969

Construyendo los modelos de regresion:

	A	B	C	D
Intercepto	5.43	46.57	57.13	-109.13
Pendiente	0.94	1.05	0.91	1.10
R2	0.93	0.84	0.88	0.95
CM regresión	3356725	4152047	3094180	4594967

Ho b = 1

Todos los tratamientos aceptan la hipotesis de nulidad.

Los mas cercanos a la unidad es el tratamiento (A y B).

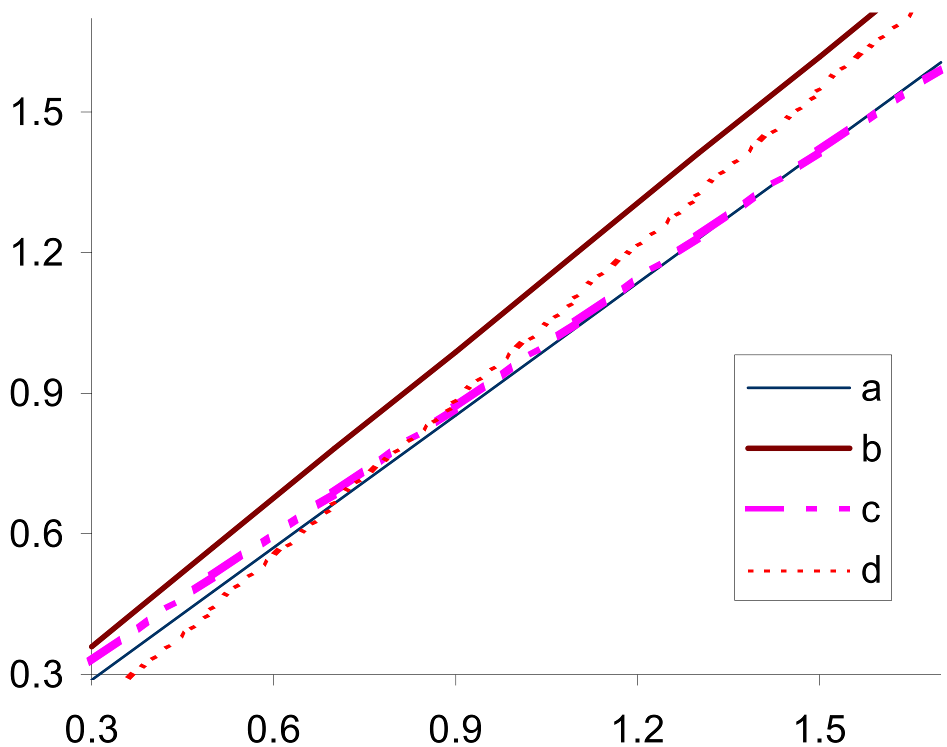
CM de la regresión, los mas bajos son los tratamientos (a, b y c)

El promedio mas alto es de (B)

Se puede afirmar que el tratamiento b cumple con la condición de tratamiento estable y tiene mejores respuestas.

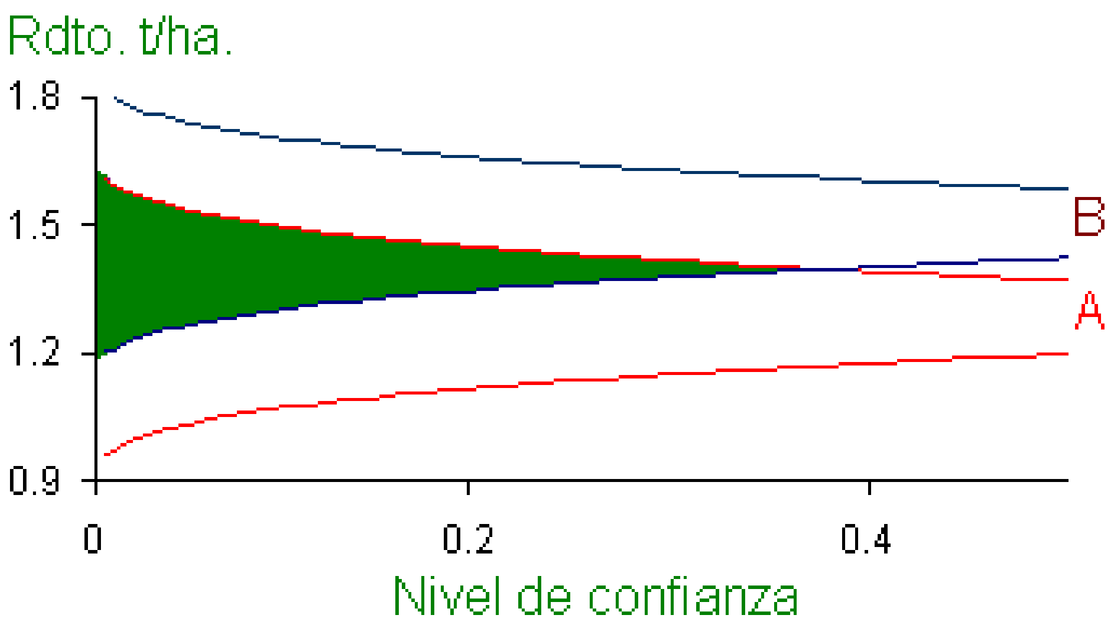
El gráfico de las líneas de regresión

Intercepto	0.005426	0.04657	0.057134	-0.10913
Pendiente	0.942893	1.048662	0.905268	1.103178
I.A.(t/ha)	**A**	**B**	**C**	**D**
0.3	0.3	0.4	0.3	0.2
0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
0.7	0.7	0.8	0.7	0.7
0.9	0.9	1.0	0.9	0.9
1.1	1.0	1.2	1.1	1.1
1.3	1.2	1.4	1.2	1.3
1.5	1.4	1.6	1.4	1.5
1.7	1.6	1.8	1.6	1.8



Para comprobar si el tratamiento B difiere del tratamiento A (menor respuesta), se debe hallar los intervalos de confianza.

		A		B	
		Inf	Sup	Inf	Sup
99	0.01	0.925	1.64	1.165	1.84
98	0.02	0.965	1.6	1.203	1.802
97	0.03	0.989	1.576	1.226	1.779
96	0.04	1.007	1.558	1.242	1.762
......					
50	0.5	1.197	1.369	1.421	1.583



El área de los limites de confianza de los tratamiento A y B se superponen hasta cerca 0.4, significa que la probabilidad de rechazo es mayor de 0.05 implica que no existe diferencia entre estos tratamientos.