



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

DISEÑOS DE PARCELAS DIVIDIDAS

PRESENTA

Dr. en Edu. JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ LIÑÁN

Agosto 2019



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

INTRODUCCIÓN

Los diseños experimentales han demostrado ser una herramienta fundamental para la investigación en las ciencias aplicadas. Su aplicación está muy relacionada con la investigación que puede ser desde la que se realiza en el laboratorio hasta la de campo en las diferentes áreas del conocimiento.

Por lo anterior le permite al investigador obtener resultados que conduzca a deducciones válidas con respecto al problema establecido.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Esta unidad de aprendizaje se imparte en el quinto periodo de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en producción que tiene como objetivo:

Proporcionar al discente el estudio sobre el comportamiento de los fenómenos aleatorios a través de modelos estadísticos, así como de los parámetros de variación relevantes en el comportamiento dentro y fuera de la población en estudio.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

El propósito de este material didáctico, es que sirva de apoyo en la unidad de aprendizaje de Experimentación Agropecuaria que es impartida en el quinto periodo de la Licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción y permita al discente comprender con los conceptos básicos y la metodología de diseño de parcelas divididas.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

El diseño de parcelas divididas (split-plot) tiene su origen en aplicaciones en Agricultura y Ganadería, donde las parcelas grandes generalmente eran grandes áreas y las parcelas pequeñas áreas pequeñas dentro de las grandes, y a cada una de los dos tamaños de parcela le corresponde un tratamiento.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Por ejemplo, ciertas variedades de cultivo se podían sembrar en áreas diferentes (parcelas grandes), una variedad en cada parcela. Luego cada área se divide en k parcelas pequeñas y cada una de estas puede ser tratada con un tipo de fertilizante diferente.



- La variedad del cultivo es el tratamiento de la parcela grande y el fertilizante el de la parcela pequeña



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

En general, el diseño de parcelas divididas se utiliza cuando algunos factores requieren u.e. grandes, mientras que otros factores las requieren más pequeñas.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Alternativamente, algunas veces encontramos que la aleatorización completa no es factible por que es más difícil cambiar los niveles de algunos factores, por lo que los factores difíciles van a las parcelas grandes, mientras que los fáciles van a las pequeñas.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



La designación de parcelas divididas proviene del hecho de que una unidad experimental, tratada bajo algún estímulo, dentro del contexto de algún diseño básico, es particionada para dar cabida a la aplicación de otro factor diferente, que se desea estudiar.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

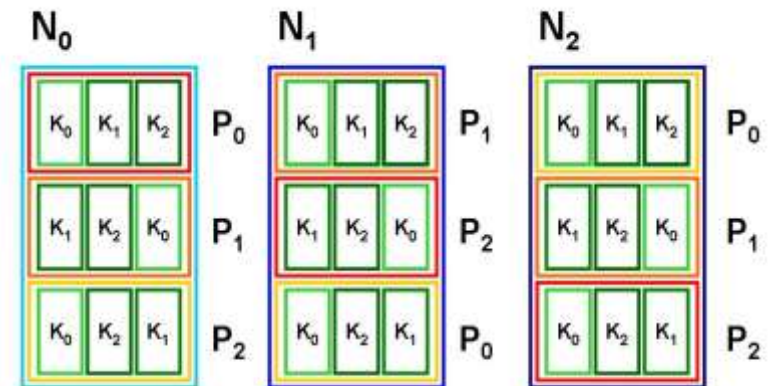
Este tipo de diseños se utiliza frecuentemente en experimentos factoriales cuando uno de los factores necesita, para ser evaluado, parcelas o unidades experimentales grandes y el otro factor se puede evaluar sobre unidades más pequeñas y donde existen restricciones de aleatorización que impiden la asignación aleatoria de los tratamientos (combinación de factores) a las unidades experimentales.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Esto implica que las parcelas divididas se trabajan en arreglos factoriales. Así, un factor es aplicado en forma aleatoria en la parcela mayor o principal, y otro se aleatoriza en sus niveles respectivos, dentro de la parcela mencionada.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

En Resumen

El diseño recibe el nombre de parcelas divididas (DPD) ya que generalmente se asocia uno de los factores a unidades experimentales de mayor tamaño (parcela principal) y dentro de cada parcela principal se identifican “subparcelas” o parcelas de menor tamaño sobre las cuales se asigna al azar el segundo factor.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Esto provoca que la variabilidad entre las unidades experimentales tratadas por los factores no sea homogénea, ya que mientras un factor es aplicado a las parcelas proporcionalmente mayores, otro es estudiado dentro de esas parcelas. Comúnmente, la minimización de la variabilidad para el factor que se aplica dentro de la parcela permite una mejor estimación de su efecto, sacrificando precisión en el estudio del factor aplicado a la parcela principal.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Las parcelas pueden ser dispuestas en cualquier tipo de delineamiento, así entre otros, se puede tener un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas completamente aleatorizadas o un diseño de parcelas divididas con estructura de parcelas en bloques al azar, o en cuadrado latino.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



En caso de querer analizar un tercer factor, las subparcelas se dividen a fin de permitir estudiar los niveles de este último, este diseño se conoce como diseño de parcelas subdivididas.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Es de importancia práctica, puesto que en ocasiones se tienen estudios acerca del efecto de un factor en general, pero es de interés la respuesta del mismo y otro estímulo, tanto en forma adicional como combinatoria.



a)



b)



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Por lo general, estos diseños se aplican a factores como láminas de riego, encalado, sistema de cultivos, ancho entre surcos, frecuencia de corte, A pesar de sus antecedentes agrícolas, los DPD son muy útiles en diferentes experimentos de horticultura, zootecnia, industrias, laboratorio, invernadero, etc.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

El **modelo lineal para un DPD** con estructura de parcelas en Bloques al azar es:

$$Y_{ijk} = \mu + \underbrace{\gamma_k + \tau_i + (\gamma\tau)_{ki}}_{\text{Representa a la parcela}} + \underbrace{\beta_j + (\tau\beta)_{ij}}_{\text{Representa a la subparcela}} + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Obs. de la unidad experimental.

μ = Media general del ensayo.

γ_k = Efecto de los bloques.

τ_i = Efecto del tratamiento τ de la parcela.

$(\gamma\tau)_{ki}$ = Error de la parcela [$E_{(a)}$].

β_j = Efecto del tratamiento β de la subparcela.

$(\tau\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de los tratamientos de la parcela y subparcela.

ε_{ijk} = Error de la subparcela [$E_{(b)}$].



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Aleatorización

La aleatorización se realizará en dos etapas: primero se aleatorizan los niveles del factor que se asignó a las parcelas principales, luego se aleatorizan los niveles del factor que se asignó a las subparcelas de cada parcela principal. Es decir que una vez diseñadas las parcelas se asigna en forma aleatorizada los niveles del factor que se va a aplicar a las mismas. Luego se divide a cada parcelas de forma tal de dar cabida a los niveles del segundo factor, los cuales se aleatorizan en las subparcelas de cada parcela



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Arreglo de campo

consiste en asignar a las unidades experimentales los niveles del factor que se considere de menor importancia, todo esto dentro de los principios de un diseño básico, que corresponda a las características de las unidades, y posteriormente aleatorizar dentro de las parcelas mayores los niveles del factor que deseamos sea estudiado con mayor precisión.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

P3					P1					P4					P2				
q4	q1	q3	q5	q2	q1	q4	q2	q5	q3	q2	q5	q1	q4	q3	q5	q1	q4	q3	q2

P2					P4					P1					P3				
q3	q1	q5	q2	q4	q2	q3	q4	q5	q1	q3	q1	q2	q5	q4	q4	q5	q2	q3	q1



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

A ₀	A ₃	A ₂	A ₀	A ₁	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	B ₂	B ₂	B ₀	B ₂	B ₂	B ₀	B ₀
B ₂	B ₁	B ₀	B ₂	B ₀	B ₁	B ₁	B ₂
B ₀	B ₀	B ₁	B ₁	B ₁	B ₀	B ₂	B ₁

Esquema 1: DPD con estructura de parcelas completamente aleatorizadas, donde A es el tratamiento de las parcelas (con cuatro niveles 0-1-2-3) y B el tratamiento de las subparcelas (con tres niveles 0-1-2)



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Bloque I			
A ₃	A ₁	A ₂	A ₀
B ₂	B ₀	B ₁	B ₁
B ₀	B ₁	B ₂	B ₀
B ₁	B ₂	B ₀	B ₂

Bloque II			
A ₁	A ₀	A ₂	A ₃
B ₁	B ₀	B ₀	B ₁
B ₂	B ₂	B ₁	B ₂
B ₀	B ₁	B ₂	B ₀

Esquema 2: DPD en Bloques al Azar, donde A es el tratamiento de las parcelas (con cuatro niveles 0-1-2-3) y B el tratamiento de las subparcelas (con tres niveles 0-1-2)



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Análisis de Varianza con arreglo de Completamente al Azar

Fuentes de Variación	S. C.	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculado
Tratamiento A	SC_A	$gl_A = a - 1$	$CM_A = \frac{SC_A}{gl_A}$	$F = \frac{CM_A}{CME_{(a)}}$
Error (a) (Repeticiones dentro del Factor A)	$SCE_{(a)}$	$glE_{(a)} = n_a = a(r - 1)$	$CME_{(a)} = \frac{SCE_{(a)}}{glE_{(a)}}$	
Tratamiento B	SC_B	$gl_B = b - 1$	$CM_B = \frac{SC_B}{gl_B}$	$F = \frac{CM_B}{CME_{(b)}}$
Interacción (A x B)	SC_{AxB}	$gl_{AB} = (a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{gl_{AB}}$	$F = \frac{CM_{AB}}{CME_{(b)}}$
Error (b)	$SCE_{(b)}$	$glE_{(b)} = n_b = a(r - 1)(b - 1)$	$CME_{(b)} = \frac{SCE_{(b)}}{glE_{(b)}}$	
Total	SCT	$Gl_t = abr - 1$		



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Análisis de Varianza con Arreglo en Bloques al Azar

Fuentes de Variación	S. C.	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F Calculado
Bloque	SC_B	$gl_B = r - 1$		
Tratamiento A	SC_A	$gl_A = a - 1$	$CM_A = \frac{SC_A}{gl_A}$	$F = \frac{CM_A}{CME_{(a)}}$
Error (a) (Int. Bloque x Trat. A)	$SCE_{(a)}$	$glE_{(a)} = n_a = (r - 1)(a - 1)$	$CME_{(a)} = \frac{SCE_{(a)}}{glE_{(a)}}$	
Tratamiento B	SC_B	$gl_B = b - 1$	$CM_B = \frac{SC_B}{gl_B}$	$F = \frac{CM_B}{CME_{(b)}}$
Interacción (A x B)	SC_{AxB}	$gl_{AB} = (a - 1)(b - 1)$	$CM_{AB} = \frac{SC_{AB}}{gl_{AB}}$	$F = \frac{CM_{AB}}{CME_{(b)}}$
Error (b)	$SCE_{(b)}$	$glE_{(b)} = n_b = a(r - 1)(b - 1)$	$CME_{(b)} = \frac{SCE_{(b)}}{glE_{(b)}}$	
Total	SCT	$Gl_t = abr - 1$		



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

VENTAJAS

- Permiten el uso eficiente de algunos TRT que requieren Unidades Experimentales de mayor tamaño.
- Proveen mayor precisión en la estimación del efecto de algunos factores



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

DESVENTAJAS

- Tamaño del ensayo
- Uniformidad experimental
- Interpretación de las interacciones



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Ejemplo de Parcelas divididas en un diseño completamente al azar

Los siguientes datos se refieren al aumento de peso diario en kilogramos, logrando por novillos criollos, en corral, bajo una misma alimentación, pero en diferentes dosis de desparasitador e implantados con Sinovex y Revalor. En este ejemplo se utilizarán las siguientes notaciones: dosis de desparasitador (D), implante (I), error parcela Mayor (EPM) y Error parcela menor (Epm).

Dosis de desparasitador (ml/100 Kg de peso)		I	II	III	IV	Y_{ij}
10	Sinovex	1.525	1.532	1.549	1.562	
	Revalor	1.721	1.729	1.732	1.744	
	$Y_{i,k}$					
12	Sinovex	1.724	1.728	1.732	1.740	
	Revalor	1.925	1.923	1.940	1.952	
	$Y_{i,k}$					
14	Sinovex	1.935	1.928	1.926	1.941	
	Revalor	1.616	1.625	1.631	1.623	
	$Y_{i,k}$					



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Dosis de desparasitador (ml/100 Kg de peso)		I	II	III	IV	Y_{ij}
10	Sinovex	1.525	1.532	1.549	1.562	6.168
	Revalor	1.721	1.729	1.732	1.744	6.926
	$Y_{i,k}$	3.246	3.261	3.281	3.306	
12	Sinovex	1.724	1.728	1.732	1.740	6.924
	Revalor	1.925	1.923	1.940	1.952	7.740
	$Y_{i,k}$	3.649	3.651	3.672	3.692	
14	Sinovex	1.935	1.928	1.926	1.941	7.730
	Revalor	1.616	1.625	1.631	1.623	6.495
	$Y_{i,k}$	3.551	3.553	3.557	3.564	



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Cuadro de concentración para sumas de cuadrados de efectos simples

		Sinovex	Revalor	$Y_{i\dots}$
	10	6.168	6.926	
Dosis de desparasitador	12	6.924	7.740	
	14	7.730	6.495	
	$Y_{.j}$			



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

		Sinovex	Revalor	Y _{i...}
	10	6.168	6.926	13.094
Dosis de desparasitador	12	6.924	7.740	14.664
	14	7.730	6.495	14.225
	Y _j	20.822	21.161	41.983 Y....



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

$$ScD = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{i.}^2}{br} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$ScD = \frac{13.094^2 + \dots + 14.255^2}{2 \times 4} - \frac{41.983^2}{24}$$

$$ScD = 73.604 - 73.440 = 0.1640$$

$$ScI = \sum_{i=1}^a \frac{Y_{.j}^2}{ar} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$ScI = \frac{20.822^2 + 21.161^2}{3 \times 4} - \frac{41.983^2}{24}$$

$$ScI = 73.445 - 73.440 = 0.0047$$



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

$$Sc EPM = \sum_{i=1}^a \sum_{r=1}^r \frac{Y_i K^2}{b} - \frac{Y \dots^2}{abr} - Sc D$$

$$Sc EPM = \frac{3.246^2 + \dots + 3.564^2}{b2} - \frac{Y \dots 41.983^2}{24} + 0.1640$$

$$Sc EPM = 73.606 - 73.440 + 0.1640 = 0.0017$$

$$Sc D \times I = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij}^2}{r} - \frac{Y \dots^2}{abr} - (ScD + ScI)$$

$$Sc D \times I = \frac{6.168^2 + \dots + 6.495^2}{4} - \frac{41.983^2}{24} - (0.1640 + 0.0047)$$

$$Sc D \times I = 73.950 - 73.440 - (0.1640 + 0.0047) = 0.3410$$



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

$$Sc\ Total = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abr}$$

$$Sc\ Total = 1.525^2 + \dots + 1.623^2 - \frac{41.983^2}{24}$$

$$Sc\ Total = 73.952 + \dots + 73.440 = 0.5118$$

$$ScEpm = Sc\ total - (ScD + ScEPM + ScI + ScD \times I)$$

$$ScEpm = 0.5118 - (0.1640 + 0.0017 + 0.0047 + 0.3410) = 0.0004$$



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	F α	
					0.05	0.01
D (a-1)	2	0.1640	0.0820	432.11**	4.26	8.02
EPM a(r-1)	9	0.0017	0.0001			
I (b-1)	1	0.0047	0.0047	105.75**	5.12	10.56
D x I (a) (b-1)	2	0.3410	0.1705	3 836.25**	4.26	8.02
Epm a(b-1)(r-1)	9	0.0004	0.0004			
Total abr-1	23	0.5118				



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO

BIBLIOGRAFIA

- Cochran.G.W. and Cox.M.G.1957. Experimental Designs, Second edition. Canada. Pág. 611.
- Montgomery C. D.1991. Design and Analysis of Experiments. WILEY. Canada. Pág. 649.
- Martínez G. A.1994. Experimentación Agrícola (Métodos estadísticos). Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. Pág.357.
- Padrón C. E.1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. Trillas, México . Pág. 215.
- Rodríguez Del A. J.1991. Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial trillas, México. Pág.208.