



Universidad Autónoma
del Estado de México

**CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO**



**CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO
LIC. DE INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN**

DISEÑO DE EXPERIMENTO FACTORIAL

PRESENTA

DR en EDU. JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ LIÑÁN

OCTUBRE, 2017



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 esta 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 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 del diseño de Factorial.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO



¿Qué es un diseño factorial?

Un diseño factorial es un tipo de experimento diseñado que permite estudiar los efectos que varios factores pueden tener en una respuesta. Al realizar un experimento, variar los niveles de todos los factores al mismo tiempo en lugar de uno a la vez, permite estudiar las interacciones entre los factores.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Existen varios casos especiales del diseño factorial general que resultan importantes porque se usan ampliamente en el trabajo de investigación, y porque constituyen la base para otros diseños de gran valor práctico.

DISEÑO DE EXPERIMENTOS



Introducción a los Diseños Factoriales

Ing. Felipe Llaugel



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



El más importante de estos casos especiales ocurre cuando se tienen k factores, cada uno con dos niveles. Estos niveles pueden ser cuantitativos como sería el caso de dos valores de temperatura presión o tiempo. También pueden ser cualitativos como sería el caso de dos máquinas, dos operadores, los niveles "superior" e "inferior" de un factor, o quizás, la ausencia o presencia de un factor.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO



Pueden considerarse dos tipos fundamentales de experimentos factoriales

1) El factorial completo, el cual ensaya todas las posibles combinaciones de tratamientos que se generan con los distintos niveles de los factores en estudio; así por ejemplo, si se ensayan dos factores, digamos a y b el primero en 2 niveles y el segundo en 3, entonces el factorial completo comprenderá $2 \times 3 = 6$ combinaciones de tratamientos.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



2) El factorial incompleto, el cual ensaya sólo algunas de las posibles combinaciones de tratamientos que pueden generarse.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Modelo Aditivo Lineal

- El modelo aditivo lineal es una expresión algebraica que condensa todos los factores presentes en la investigación. Resulta útil para sintetizar que factores son independientes o dependientes, cuáles son fijos o aleatorios, cuáles son cruzados o anidados.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO



Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



- Donde

Y_{ijk} =	Valor de la característica en estudio, observando en la unidad experimental (ijk).
μ =	Efecto común a todas las observaciones
α_i =	Efecto del tratamiento i
β_k =	Efecto del Bloqueo k
ϵ_{ij} =	Errores aleatorios con media cero, varianza σ^2 y sin correlación entre si
$\alpha_i\beta_k$ =	Interrelación



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO



El cuadro de análisis de varianza (ANOVA)

Es un arreglo dado por las fuentes de variación, seguido de los grados de libertad, de las sumas de cuadrados, de los cuadrados medios de cada componente, así como del valor F y su probabilidad de significación (valor P).



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Analisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrado medio	F. calculada	F. tablas
Tratamiento	(ab) - 1	$Sc \text{ trats.} = Sc A + Sc B + Sc AB$	$\frac{Sc \text{ trats.}}{(ab) - 1}$	$\frac{CM \text{ trats.}}{CM E}$	Este valor se obtiene de tablas, utilizando grados de libertad del tratamientos y del error, así como el nivel de confianza a utilizar
A	a - 1	$Sc A = \frac{\sum_{i=1}^a Y_{i.}^2}{br} - \frac{Y^2}{abr}$	$\frac{Sc A}{a - 1}$	$\frac{CM A}{CM E}$	
B	b - 1	$Sc B = \frac{\sum_{j=1}^b Y_{.j}^2}{ar} - \frac{Y^2}{abr}$	$\frac{Sc B}{b - 1}$	$\frac{CM B}{CM E}$	
AB	(a-1)(b-1)	$Sc AB = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y_{ij}^2}{r} - \frac{Y^2}{abr} - (Sc A + Sc B)$	$\frac{SC AB}{(a - 1)(b - 1)}$	$\frac{CM AB}{CM E}$	
Error Experimental	ab(r-1)	$Sc EE = Sc \text{ total} - [Sc A + Sc B + Sc AB]$	$\frac{Sc EE}{ab (r - 1)}$		
Total	abr - 1	$Sc \text{ total} = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2}{abr}$			



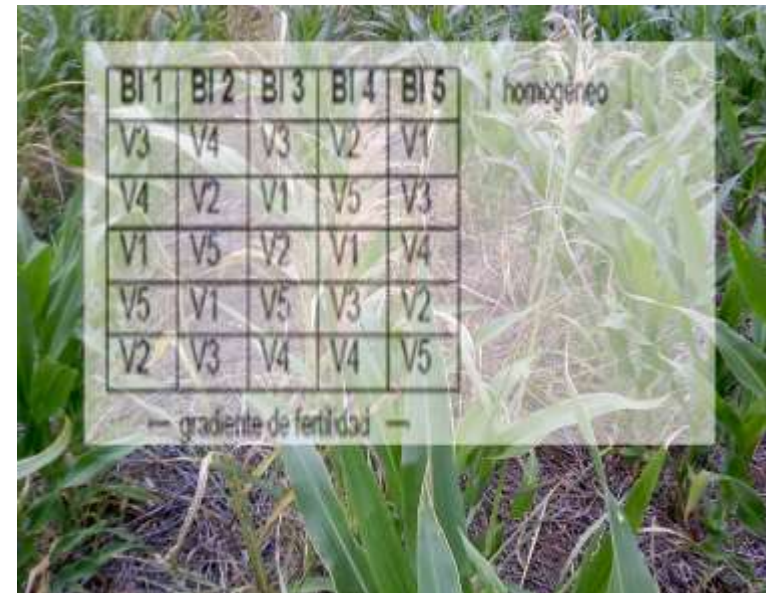
Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Las ventajas de los experimentos factoriales son:

1. Economía en el material experimental al obtener información sobre varios factores sin aumentar el tamaño del experimento. Todas las u.e.se utilizan para la evaluación de los efectos.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



2. Se amplía la base de la inferencia en relación a un factor, ya que se estudia en las diferentes condiciones representadas por los niveles de otros factores. Se amplía el rango de validez del experimento.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



3. Permite el estudio de la interacción, esto es, estudiar el grado y forma en la cual se modifica el efecto de un factor por los niveles de los otros factores.





Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Desventaja del Diseño Factorial

- 1.- Se requiere un mayor número de unidades experimentales que los experimentos simples y por lo tanto se tendrá un mayor costo y trabajo en la ejecución del experimento.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



2.- Como en los experimentos factoriales cada uno de los niveles de un factor se combinan con los niveles de los otros factores; a fin de que exista un balance en el análisis estadístico se tendrá que algunas de las combinaciones no tiene interés práctico pero deben incluirse para mantener el balance.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



3. - El análisis estadístico es más complicado que en los experimentos simples y la interpretación de los resultados se hace más difícil a medida de que aumenta el número de factores y niveles por factor en el experimento.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Ejercicio 1. En este experimento se estableció como parámetro de medición el contenido de fibra cruda (%) para la planta de *Kochia scoparia*, bajo condiciones de cultivo y en cuatro alturas de corte.

Condiciones	Altura de Corte (cm)	I	II	III	IV	Totales de tratamiento
Invierno	25	14.9	14.3	15.0	14.3	
	50	17.5	16.9	17.2	16.4	
	75	20.7	19.6	21.4	20.3	
	100	22.5	21.9	22.6	21.8	
Verano	25	16.8	17.3	16.4	17.1	
	50	19.9	20.3	21.4	20.8	
	75	23.5	23.2	23.0	24.1	
	100	25.8	26.4	25.9	27.1	
					Gran total	



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Condiciones	Altura de Corte (cm)	I	II	III	IV	Totales de tratamiento
Invierno	25	14.9	14.3	15.0	14.3	58.5
	50	17.5	16.9	17.2	16.4	68.0
	75	20.7	19.6	21.4	20.3	82.0
	100	22.5	21.9	22.6	21.8	88.8
Verano	25	16.8	17.3	16.4	17.1	67.6
	50	19.9	20.3	21.4	20.8	82.4
	75	23.5	23.2	23.0	24.1	93.8
	100	25.8	26.4	25.9	27.1	105.2
					Gran total	646.3



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Arreglo para sumas de cuadrados de efectos simples

		Altura (j)				
		25	50	75	100	Total de condición Yj..
Condición (i)	Invierno	58.5	68.0	82.0	88.8	297.3
	Verano	67.6	82.4	93.8	105.2	349.0
Total de Altura Y.j.		126.1	150.4	175.8	194.0	
						Gran total 646.3



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Se procede a la realización de los cálculos correspondientes para la construcción del ANOVA.

$$F_c = \frac{646^2}{32}$$

$$Sc \text{ condición} = \frac{297.3^2 + 349^2}{4 \times 4} - \frac{646.3^2}{32} = 13\,136.768 - 13\,053.240 = 83.528$$

$$Sc \text{ altura} = \frac{126.1^2 + \dots + 194.0^2}{2 \times 4} - \frac{646.3^2}{32} = 13\,382.876 - 13\,053.240 = 329.636$$

$$Sc \text{ condición} \times \text{altura} = \frac{58.5^2 + \dots + 105.2^2}{4} - \frac{646.3^2}{32} - (83.528 + 329.636) = 3.768$$

$$Sc \text{ t} = 83.528 + 329.636 + 3.768 = 416.932$$

$$Sc \text{ total} = 14.9^2 + \dots + 27.1^2 - \frac{646.3^2}{32} = 423.69$$

$$Sc \text{ EE} = 423.690 - 416.932 = 6.758$$



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrado medio	F. calculada	F. tablas	
					0.05	0.01
Tratamiento	(ab) -1 7	416.932	59.561	211.96 **	2.43	3.50
A	a -1 1	83.528	83.528	297.25 **	4.26	7.82
B	7.82b -1 3	329.636	109.878	391.02**	3.01	4.72
AB	(a-1)(b-1) 3	3.768	1.256	4.47*	3.01	4.72
Error Experimental	ab(r-1) 24	6.758	0.281			
Total	abr -1 31	423.690				



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO
UAEM ZUMPANGO



INTERPRETACIÓN DE LAS INTERACCIONES DE DOS FACTORES

Cuando se estudian dos o más factores simultáneamente, los experimentos factoriales tienen la ventaja de evaluar la contribución debida a la acción conjunta de los factores en estudio (interacción), lo que no sucede en experimentos simples en los cuales se estudia un mismo factor.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



La interacción se define como la ausencia de paralelismo en el comportamiento de los factores. Esto indica que al haber interacción, los comportamientos deben ser paralelos. Para entender las interacciones y el comportamiento de los factores, es necesario graficar la variable de estudio, respecto a los tratamientos relativos a una interacción dada.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Al realizar un experimento factorial, usualmente no se interpretan a fondo las interacciones por medio de un modelo sencillo. Dichas interacciones se pueden generar para saber qué ocurre cuando existen y con ellas lograr una mejor interpretación.



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Por ejemplo cuando dos factores de variación: el factor Variedades, con dos niveles, es decir, dos variedades v1 y v2, y el factor dosis con niveles d1 y d2, que pueden ser dosis de nitrógeno. Por lo tanto tenemos lo siguiente:

Tratamiento	Rendimiento
V1 D1	6
V1 D2	6
V2 D1	2
V2 D2	2



Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



	V1	V2	$\Sigma x D$
D1	6	2	8
D2	6	2	8
ΣV	12	4	16

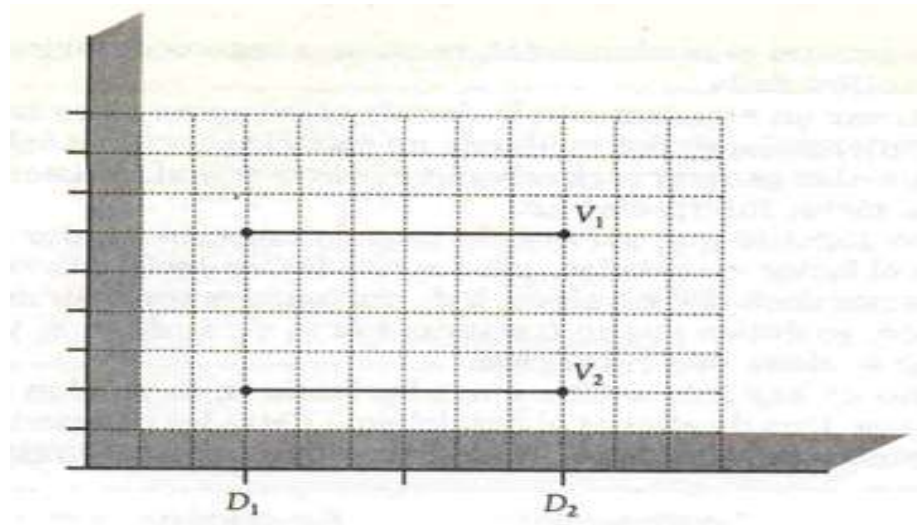


Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO



Representación gráfica de paralelismo





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.
- Infante. G. S.; Zarate. De L. G.P. 2010. Métodos Estadísticos Un enfoque interdisciplinario. Editorial Trillas, México. Pág. 646.
- 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.