



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ZUMPANGO
LIC. DE INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCIÓN

DISEÑO CUADRO LATINO

PRESENTA

DR en EDU. JOSÉ LUIS GUTIÉRREZ LIÑÁN

OCTUBRE, 2016



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



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.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



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.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



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 Cuadro Latino.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Diseño de Cuadro Latino



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Los diseños en cuadrados latinos son apropiados cuando es necesario controlar dos fuentes de variabilidad. En dichos diseños el número de niveles del factor principal tiene que coincidir con el número de niveles de las dos variables de bloque o factores secundarios y además hay que suponer que no existe interacción entre ninguna pareja de factores.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Supongamos que el número de niveles de cada uno de los factores es K . El diseño encuadrado latino utiliza K^2 bloques, cada uno de estos bloques corresponde a una de las posibles combinaciones de niveles de los dos factores de control. En cada bloque se aplica un solo tratamiento de manera que cada tratamiento debe aparecer con cada uno de los niveles de los dos factores de control.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Si consideramos una tabla de doble entrada donde las filas y las columnas representan cada uno de los dos factores de bloque y las celdillas los niveles del factor principal o tratamientos, el requerimiento anterior supone que cada tratamiento debe aparecer una vez y sólo una en cada fila y en cada columna.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



El procedimiento para construir un diseño en cuadrado latino es el siguiente:

- 1) Se elige aleatoriamente un cuadrado latino de los disponibles.
- 2) Se asigna aleatoriamente el orden de las filas y columnas.
- 3) Se asignan aleatoriamente los tres factores a las filas, columnas y letras, respectivamente.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Un diseño en cuadrado latino tiene las siguientes características:

- 1º) Se controlan tres fuentes de variabilidad, un factor principal y dos factores de bloque.
- 2º) Cada uno de los factores tiene el mismo número de niveles, K .
- 3º) Cada nivel del factor principal aparece una vez en cada fila y una vez en cada columna.
- 4º) No hay interacción entre los factores.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Este diseño se utiliza para conducir experimentos en condiciones heterogéneas donde las propiedades cambian en dos direcciones como ocurre en la toma de muestras para análisis de laboratorio, donde las condiciones cambian entre planta y planta (una dirección) y de hoja a hoja por tamaño o posición en la misma planta (otra dirección).



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



En este diseño la restricción para controlar la variabilidad está en dos direcciones, hileras y columnas. Los tratamientos se arreglan en bloques de dos sentidos y cada tratamiento aparece una vez en cada hilera y columna. El análisis de los datos puede eliminar del error la variabilidad debido a hilera y columna.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Es igual al número de repeticiones. Por ejemplo un arreglo para cuatro tratamientos para este diseño que debe existir el mismo número de tratamientos, hileras y columnas, o sea, el número de tratamientos podría ser distribuidos de la siguiente manera:

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| A | D | B | C |
| D | C | A | B |
| C | B | D | A |
| B | A | C | D |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



SUPUESTOS EN UN DISEÑO DE CUADRADOS LATINOS

Para que el análisis de varianza en un diseño de cuadrados latinos tenga validez, deben cumplirse los mismos supuestos mencionados para el diseño de bloques completamente a la azar: Normalidad, Homocedasticidad e Independencia; adicionalmente debe cumplirse el supuesto de aditividad entre filas, columnas y tratamientos, es decir, no debe haber interacción entre los mismos.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + T_i + C_j + H_K + \varepsilon_{ijk}$$



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



- Donde

| | |
|--|--|
| $Y_{ijk} =$ | Son las observaciones obtenidas la j -ésima vez que se repite el experimento, con el tratamiento i -ésimo. |
| $\mu =$ | Media general |
| $T_i =$ | Efecto del tratamiento i |
| $C_j =$ | Efecto de la columna j |
| H_k | Efecto de la Hilera K |
| $\epsilon_{ijk} =$ Efecto del error experimental que se presenta al efectuar la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento. | |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



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).



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Análisis de varianza

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculada | F de tablas |
|---------------------|--------------------|---|----------------------------|----------------------|--|
| Tratamientos | t-1 | $\sum_{i=1}^t \frac{T_i^2}{t} - \frac{Y^2}{t^2}$ | $\frac{Sc Ti}{t-1}$ | $\frac{CM Ti}{CMEE}$ | Este valor se obtiene de tablas, utilizando grados de libertad del tratamientos y del error, así como del nivel de confianza a utilizar. |
| Columnas | t-1 | $\sum_{k=1}^t \frac{C_j^2}{t} - \frac{Y^2}{t^2}$ | $\frac{Sc Cj}{t-1}$ | $\frac{CM Cj}{CMEE}$ | |
| Hileras | t-1 | $\sum_{k=1}^t \frac{H_k^2}{t} - \frac{Y^2}{t^2}$ | $\frac{Sc Hk}{t-1}$ | $\frac{CMHk}{CMEE}$ | |
| Error experimental | (t-1)(t-2) | $\sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^t Y_{ijk}^2 - \frac{Y^2}{t^2}$ | $\frac{Sc EE}{(t-1)(t-2)}$ | | |
| Total | T2 -1 | Sc total – (ScTi + Sc Cj + Sc Hk) | | | |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Ejemplo Numérico

En un experimento se probaron tres dietas diferentes (A,B,C) para medir su efecto en la producción de leche. Las dietas se aplicaran a tres vacas en tres periodos de lactancia diferentes. Los resultados son los siguientes:

| | | Vacas | | | |
|-----------|-----|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | Hk |
| Periodo | I | A: 608 | B: 885 | C: 940 | 2 433 |
| | II | B: 715 | C: 1087 | A: 766 | 2 568 |
| | III | C: 884 | A: 711 | B: 832 | 2 427 |
| Cj | | 2 207 | 2 683 | 2 538 | 7 4 28 Y... |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Se agrupan por tratamientos

| | | | | |
|----------|-----|-------|-----|-------|
| A | 608 | 711 | 766 | 2 085 |
| B | 715 | 885 | 832 | 2 432 |
| C | 884 | 1 087 | 940 | 2 911 |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



$$\textit{Suma de Cuadrados de Trat.} = \frac{2\,805^2 + \dots + 2\,911^2}{3} - \frac{7\,428^2}{9} = 114\,680.6$$

$$\textit{Suma de Cuadrados periodos} = \frac{2\,433^2 + \dots + 2\,427^2}{3} - \frac{7\,428^2}{9} = 4\,238$$

$$\textit{Suma de Cuadrados Vacas} = \frac{2\,207^2 + \dots + 2\,538^2}{3} - \frac{7\,428^2}{9} = 39\,684.6$$

$$\textit{Suma de Cuadrados total} = 608^2 + \dots + 832^2 - \frac{7\,428^2}{9} = 164\,664$$

$$\textit{Suma de Cuadrados del Error Experimental} = 164\,664 - (114\,680.6 + 4\,238 + 39\,684.6) = 6\,060.8$$



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Análisis de varianza

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculada | F de tablas | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|-------------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 |
| Tratamientos | 2 | 114 680.6 | 57 340.3 | 18.921** | 4.46 | 8.65 |
| Columnas | 2 | 39 648.6 | 19 842.3 | 6.547* | | |
| Hileras | 2 | 4 238 | 2 119 | 0.699 NS | | |
| Error experimental | 2 | 6 060.8 | 3 030.4 | | | |
| Total | 8 | 164 664 | | | | |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Ejemplo No.2. un experimento con cuatro variedades de arroz, con gradientes en dos sentidos como se muestra en la siguiente tabla (el rendimiento se da en Kg/parcela).

| | | | |
|----------|----------|----------|----------|
| B | D | A | C |
| 2 | 3 | 6 | 8 |
| A | C | B | D |
| 7 | 5 | 5 | 7 |
| D | B | C | A |
| 5 | 4 | 9 | 10 |
| C | A | D | B |
| 6 | 9 | 5 | 5 |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



| | | | | | |
|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------------------|
| | B | D | A | C | Total Hileras |
| | 2 | 3 | 6 | 8 | 19 |
| | A | C | B | D | |
| | 7 | 5 | 5 | 7 | 24 |
| | D | B | C | A | |
| | 5 | 4 | 9 | 10 | 28 |
| | C | A | D | B | |
| | 6 | 9 | 5 | 5 | 25 |
| Total de Columnas | 20 | 21 | 25 | 30 | 96 |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Los totales de cada tratamientos son:

$$A = 32$$

$$B = 16$$

$$C = 28$$

$$D = 20$$



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Desarrollo del ejercicio

$$\text{Factor de Corrección} = \frac{X^2}{r^2}$$

$$\text{Factor de Corrección} = \frac{96^2}{4^2}$$

$$\text{Suma de Cuadrados de Trat.} = \frac{32^2 + 16^2 + 28^2 + 20^2 \dots + 2911^2}{3} - \frac{96^2}{16} = 40$$

$$\text{Suma de Cuadrados hileras} = \frac{19^2 + 24^2 + 28^2 + 25^2}{4} - \frac{96^2}{16} = 11$$



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



$$\textit{Suma de Cuadrados Columnas} = \frac{20^2 + 2^2 + 25^2 + 30^2}{4} - \frac{96^2}{16} = 16$$

$$\textit{Suma de Cuadrados total} = 2^2 + 3^2 + 6^2 + \dots + 5^2 - \frac{96^2}{16} = 74$$

$$\textit{Suma de Cuadrados del Error Experimental} = 74 - (40 + 16 + 11) = 8$$



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Análisis de varianza

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado Medio | FC | Ft | |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------|------|------|
| | | | | | 5 % | 1 % |
| Tratamiento | 3 | 40 | 13.333 | 107 | 4.76 | 9.78 |
| Hileras | 3 | 10.5 | 3.5 | 2.625 | Ns | |
| Columnas | 3 | 15.5 | 5.166 | 3.875 | Ns | |
| Error | 3 | 8 | 1.333 | | | |
| Total | 6 | 74 | | | | |



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Ventajas

Los cuadros latinos pueden ser útiles en situaciones en la que los renglones y las columnas representan los factores que el experimentador en realidad quiere estudiar y en las que no hay restricciones sobre la aleatorización.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



Desventajas

Una desventaja de los cuadros latinos pequeños es que proporcionan un número relativamente pequeño de grados de libertad del error. Por ejemplo, un cuadro latino 3 x3 sólo tiene dos grados de libertad del error, un cuadrado latino 4 x 4 sólo tiene seis grados de libertad del error, etc. Cuando se usan cuadros latinos pequeños, con frecuencia es deseable hacer réplicas de los mismos para incrementar los grados de libertad del error.



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México



BIBLIOGRAFIA

- Cochran.G.W. and Cox.M.G.1957. Experimental Designs, Second edition. Canadá. 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. Canadá. 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.