

## EFICIENCIA RELATIVA DEL DISEÑO LÁTICE CON RESPECTO A LOS DISEÑOS BLOQUES AL AZAR E IRRESTRICTAMENTE AL AZAR EN UN ENSAYO DE RENDIMIENTO DE MAÍZ DE CLIMA MEDIO

Tulio César Lagos Burbano<sup>1</sup>  
Hernando Criollo Escobar<sup>2</sup>

### RESUMEN

Con el objeto de promover el uso de los diseños latice en ensayos de campo, se desarrolló el presente trabajo, considerando la eficiencia relativa del diseño latice simple 5 x 5 (LSd 5 x 5) con respecto a los diseños bloques completos al azar (BCA) e irrestrictamente al azar (DIA), aplicándolos a los resultados de un ensayo de rendimiento de 25 familias de medios hermanos de la población de maíz amarillo regional Matituy en una zona de clima medio del municipio La Florida, departamento de Nariño. Para este caso en particular, en el diseño DIA se necesitarán 116 y 114 repeticiones para obtener la misma información de 100 repeticiones en LSd 5 x 5 y en BCA respectivamente. Con relación a la eficiencia relativa del LSd 5 x 5 respecto al diseño en BCA, se puede establecer que es baja, pudiéndose utilizar para el análisis de este caso, cualquiera de los dos diseños. El bloqueo de las unidades experimentales contribuyó a disminuir el valor del cuadrado medio del error.

**Palabras claves:** latice, eficiencia relativa, maíz

<sup>1</sup> Profesor Asistente. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: Pasto78@col2..telecom.com.co

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. E-mail: hcriollo@hotmail.com

### ABSTRACT

This work was carried out with the purpose to promote the use the lattice designs in field trials, considering the relative efficiency of the lattice simple duplicate 5 x 5 (LSd 5 x 5) respect to the randomized complete blocks (RCB) and completely randomized (CR) designs having in mind the results the one yield trial of 25 half sibs the Matituy maize regional population under one moderate climate zone of La Florida town, Nariño's department. In this case, under CR design is necessary 116 and 114 replications to obtain the same information than 100 replications with LSd 5 x 5 and RCB respectively. About the relative efficiency between LSd 5 x 5 to RCB, this is low, is possible to use in this case, some of the two designs. The experimental units blocking contribute to reduce the size of the experimental error.

**Keywords:** lattice, relative efficiency, maize

### INTRODUCCION

Entre los diseños experimentales, el de bloques completos al azar es el de mayor uso en experimentos agrícolas; cerca del 80% de los ensayos en diferentes disciplinas de la agronomía utilizan este diseño.

Según Gomez y Gomez (1976) el diseño de bloques completos al azar, teóricamente puede utilizarse con cualquier número de tratamientos, pero en la realidad se torna ineficiente cuando el número de tratamientos es muy grande.

Al escoger un diseño experimental se hace énfasis en seleccionar aquel que minimice la variación no controlable por el experimentador, es decir, que minimice la varianza del error experimental (Muñoz y Amézquita, 1976).

Cuando se tiene un número grande de tratamientos es difícil encontrar una franja de terreno homogénea en donde se puedan probar todos los tratamientos, especialmente en trabajos de mejoramiento genético, en donde se prueban una gran cantidad de materiales.

Burton y Fortson (1965) indican que el éxito del fitomejoramiento está determinado en gran medida por la precisión de los métodos empleados para seleccionar individuos superiores. Características de baja heredabilidad, como el rendimiento, son particularmente vulnerables por el medio ambiente. La heterogeneidad del suelo puede a menudo alterar el comportamiento de variedades superiores que pueden llegar a ser descartadas. Este problema es más notable cuando el número de variedades a ser probadas en parcelas de campo es grande, casos en los cuales originarían bloques completos demasiado extensos (Escobar, et. al., 1981).

Yates (1936, 1940) propuso una modificación a la distribución de bloques completos al azar, basado en el principio de confundido en el que se fundan los diseños de bloques incompletos. Aquellos diseños en bloques incompletos que tienen la característica común de que el número de tratamientos es un cuadrado exacto y el tamaño de los bloques incompletos es la raíz cuadrada del número de tratamientos recibe el nombre de latice (Calzada, 1970).

Fundamentalmente, los latice se caracterizan porque es posible establecer una relación uno a uno entre los tratamientos y las combinaciones de tratamientos de un experimento factorial. Tal correspondencia se explota de manera natural para producir el método de análisis de esta clase de experimentos (Martínez, 1988).

En general, los mayores valores de eficiencia relativa del diseño en latice con respecto al diseño de bloques completos al azar corresponden a suelos con índices de heterogeneidad altos, tal como lo establecen Muñoz y Amézquita (1976) en ensayos

de frijol, donde la eficiencia relativa del diseño latice con respecto al diseño de bloques completos al azar fue de 126%. En latices de 9 x 9 con ensayos de forraje, Burton y Fortson (1965) encontraron eficiencias relativas entre 129 a 495%, con una media del 197%, lo cual muestra que cinco repeticiones de un latice cuadrado de 9 x 9 son tan eficientes que diez repeticiones de un diseño de bloques completos al azar.

Con el objeto de promover el uso de los diseños latice en ensayos de campo, en el presente trabajo, se planteo establecer la eficiencia relativa del diseño latice simple duplicado con respecto a los diseños bloques completos al azar e irrestrictamente al azar, teniendo en cuenta los resultados de un ensayo de rendimiento de maíz en una zona de clima medio del municipio La Florida, departamento de Nariño.

## METODOLOGÍA

La información básica para la realización del presente trabajo corresponde a un ensayo de rendimiento de 25 familias de medios hermanos (MH) de la población de maíz amarillo regional Matituy. Este ensayo se llevo a cabo durante el segundo semestre agrícola de 1999, en el corregimiento de Matituy, municipio de la Florida (Nariño) ubicado a 1930 msnm, con una temperatura promedio de 18°C y una precipitación de 1200 mm/año. El suelo donde se desarrolló el experimento presenta una textura Arenosa-arcillosa, con un pH de 5,5, con un alto contenido de materia orgánica (7,2%), bajo contenido de fósforo (2 ppm) y una Capacidad de Intercambio Catiónico de 20 meq/100 g de suelo.

El área total del experimento fue de 880 m<sup>2</sup> (40 m x 22 m); se trazaron dos bloques o repeticiones de 10 m de ancho por 40 m de largo. En cada repetición se distribuyeron los 25 tratamientos acorde con el plano básico de un latice de 5 x 5, sorteando en primer lugar los bloques incompletos y luego dentro de cada bloque

incompleto se sortearon los tratamientos correspondientes. La parcela experimental correspondió a dos surcos de 10 m de largo separados a 0,8 m ( $16 \text{ m}^2$ ); el área útil fue de dos surcos de 9 m de largo separados a 0,8 m, equivalente a  $14,4 \text{ m}^2$ .

El suelo se preparó con azadón removiendo la maleza del lote y surcando a la distancia señalada. En el surco se colocaron tres semillas por sitio, con distancia de 0,50 m entre ellos. A los 20 días después de la emergencia se raleó, para dejar dos plantas por sitio que corresponde a una densidad de 50000 plantas por hectárea.

Cuando las plantas tenían 20 cm de altura, se fertilizaron aplicando 200 kg/ha de urea. A los 30 días se realizó una desyerba y a los 60 días se realizó un aporque. No se controlaron plagas ni enfermedades.

Se trabajó con la variable rendimiento, medido con base en la cosecha de la parcela útil, ajustándolo con un contenido de humedad del 14% y llevándolo a kg/ha.

El ensayo fue analizado en tres formas: como latice simple duplicado  $5 \times 5$  (LSd  $5 \times 5$ ), como bloques completos al azar (BCA) y como irrestrictamente al azar (DIA). Con base en estos análisis se obtuvo información sobre el cuadrado medio del error (CME) para cada diseño, la diferencia mínima significativa detectada por cada diseño, el coeficiente de variación y la eficiencia relativa (E.R) del LSd respecto al BCA y al DIA, y del BCA respecto al DIA.

Se calculó el CME que hubiera estado presente, si el experimento hubiese sido diseñado en BCA, combinando los cuadrados medios para bloques dentro de repetición y el error intrabloque (Muñoz y Amézquita, 1976):

$$CME_{BCA} = [(CMb(k^2-1)) + (CME(k-1)(k^2-1))] / [(k^2-1)(1 + (k-1))]$$

Donde:  $CMb$  = cuadrado medio de bloque dentro de repeticiones (ajustado)

$CME$  = cuadrado medio del error del LSd

$k$  = número de tratamientos por cada bloque incompleto

El CME que pudo haberse obtenido, si se hubiera utilizado el diseño DIA (Steel y Torrie, 1996), corresponde a:

$$CME_{DIA} = [GLbCMb + (GLt + GLeb)CME_{BCA}] / (GLb + GLt + GLeb)$$

Donde:  $CMb$  = cuadrado medio de bloques

$GLb$  = grados de libertad para bloques en BCA

$GLt$  = grados de libertad para tratamientos

$GLeb$  = grados de libertad del error en BCA

La E.R de un diseño A con respecto a un diseño B ( $E.R_{A,B}$ ) se define como el inverso del cociente de sus respectivos cuadrados medios del error, es decir:

$$E.R_{A,B} = (CME \text{ bajo diseño B} / CME \text{ bajo diseño A})$$

Entre mayor sea esta relación, mayor es la eficiencia de A con respecto a B (Muñoz y Amézquita, 1976).

Según Cochran y Cox (1990), el CME efectivo ( $CME'e$ ) para el diseño LSd (Latice no balanceados), se calcula de la siguiente manera:

$$CME'e = CME[1 + (rk\mu / (k + 1))]$$

Donde:  $r$  = repeticiones

$\mu$  = factor de ajuste

$$\mu = (CMb - CME) / [k(r-1)CMb]$$

Las E.R. entre los diferentes diseños se obtuvieron así:

$$E.R._{LSD/BCA} = CME_{BCA} / CME'e$$

$$E.R._{LSD/DIA} = CME_{DIA} / CME'e$$

$$E.R._{BCA/DIA} = CME_{DIA} / CME_{BCA}$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la variable rendimiento de maíz amarillo regional Matituy (kg/ha), en las repeticiones uno y dos, bajo la distribución del diseño latice simple duplicado (LSd) 5 x 5. En la Tabla 2 se muestra la estructura del Análisis de Varianza (ANDEVA) para los diseños LSd 5 x 5, BCA, DIA y los valores correspondientes al coeficiente de variación (CV), la diferencia mínima significativa (DMS) y la eficiencia relativa entre los diseños (E.R.).

Es claro que para el análisis de las 25 familias de MH el diseño DIA muestra el mayor valor del CME, por lo tanto, es el más ineficiente con respecto a los diseños BCA y LSd 5 x 5. Estos diseños lo superan en eficiencia con valores de 114,28 y 115,95% y como se dijo anteriormente, entre mayor sea esta relación, mayor será la eficiencia de un diseño con respecto al otro (Muñoz y Amézquita, 1976).

Estos resultados permiten suponer que en el diseño DIA se necesitarían 116 y 114 repeticiones para obtener la misma información de 100 repeticiones en LSd 5 x 5 y en BCA, respectivamente. Con relación a la eficiencia relativa del LSd 5 x 5 respecto al diseño en BCA, se puede establecer que es baja, pudiéndose utilizar para el análisis de este caso, cualquiera de los dos diseños. La gran variabilidad que se observa en los rendimientos de los materiales (Tabla 1) es un reflejo de la alta heterogeneidad del suelo, lo cual hizo inoperante la labor de bloqueamiento.

**Tabla 1. Distribución de los tratamientos (trat) y rendimiento en kg/ha (rend) de 25 familias de MH del maíz regional Matituy bajo el diseño de LSd 5 x 5 (La Florida, 1999).**

Bloque incompleto	Repetición 1					
	parcela	1	2	3	4	5
3	rend	1119,7	361,45	354,70	129,40	1018,80
	trat	11	12	14	15	13
5	parcela	10	9	8	7	6
	rend	153,50	604,00	165,60	75,05	377,05
4	trat	21	25	22	24	23
	parcela	11	12	13	14	15
4	rend	501,10	628,60	499,65	197,50	128,35
	trat	18	19	17	20	16
1	parcela	20	19	18	17	16
	rend	1452,15	530,35	788,75	102,85	689,10
2	trat	5	1	4	2	3
	parcela	21	22	23	24	25
2	rend	1156,60	1077,55	643,05	964,85	1303,55
	trat	8	10	6	7	9

Bloque incompleto	Repetición 2					
	parcela	30	29	28	27	26
5	rend	747,10	187,25	407,00	348,40	264,55
	trat	10	20	15	5	25
2	parcela	31	32	33	34	35
	rend	374,90	458,20	406,55	222,65	118,45
3	trat	17	2	7	22	12
	parcela	40	39	38	37	36
3	rend	474,45	352,70	797,20	612,70	262,80
	trat	18	3	13	8	23
1	parcela	41	42	43	44	45
	rend	490,95	795,90	536,15	144,85	297,80
4	trat	1	6	11	16	21
	parcela	50	49	48	47	46
4	rend	119,60	486,35	441,25	619,70	45,45
	trat	4	9	14	19	24

**Tabla 2. Estructura del ANDEVA bajo los diseños LSd 5 x 5, BCA y DIA para el rendimiento (kg/ha) de 25 familias de MH de la población de maíz amarillo regional Matituy, y sus eficiencias relativas.**

LSd 5 x 5			BCA			DIA		
FV	GL	CM	FV	GL	CM	FV	GL	CM
Repetición	1		Repetición	1	502.072	Tratamiento	24	151.545,21
Tratamiento	24	151.545,21	Tratamiento	24	151.545,21			
BI	8	54.810,68						
Error	16	66.781,70	Error	24	62.791,2	Error	25	80.362,4
Ee		61.884,38				E(BCA)		71.756,1
CV(%)		49,68	CV(%)		50,04	CV(%)		53,50
DMS		527,38	DMS		531,23	DMS		567,89
Promedio		500,72	Promedio		500,72	Promedio		500,72
$E.R_{LSd/BCA}$		<b>101,46</b>	$E.R_{LSd/DIA}$		<b>115,95</b>	$E.R_{BCA/DIA}$		<b>114,28</b>

BI = bloque incompleto dentro de cada repetición

CV = coeficiente de variación (%)

DMS = diferencia mínima significativa (kg/ha)

Ee = error efectivo

E(BCA) = cuadrado medio del error para DIA si el experimento fuera en BCA

E.R = eficiencia relativa (%)

Tanto en latice como en bloques al azar. Lo anterior contribuye a que los coeficientes de variación sean también demasiado altos y que el diseño LSd 5 x 5 sea el más sensible para la detección de diferencias entre las medias de tratamientos (DMS = 527,38 kg/ha).

Lo que es evidente es que la labor de bloqueamiento contribuye a disminuir el valor del cuadrado medio del error y permite un mayor control de la heterogeneidad.

## CONCLUSIONES

Los diseños BCA y LSd 5 x 5 son más eficientes que el diseño DIA. La eficiencia relativa del LSd 5 x 5 respecto al diseño en BCA es baja, lo cual permite utilizar cualquiera de los dos diseños.

La labor de bloqueo contribuyó a disminuir el cuadrado medio del error y el coeficiente de variación.

## BIBLIOGRAFIA

BURTON, G.W. and FORTSON, J.C. Lattice-square designs increase precision of pearl millet forage yield trials. *Crop Science*. 5(6):595-595. 1965

CALZADA, J. Métodos estadísticos para la investigación. 3ª. Edición. Lima, Jurídica, 1970. 644p.

COCHRAN, W. y COX, G. Diseños experimentales. 2ª. Ed. México, Trillas, 1990 (Reimp. 1999). 661p.

ESCOBAR, J.A., AMEZQUITA, M.C, MUÑOZ, J.E y GARCIA, J.A. Manual de capacitación científica para la experimentación en frijol. Palmira, CIAT, 1981. 137p.

GOMEZ, K.A. and GOMEZ, A.A. Statistical procedures for agricultural research with emphasis on rice. Los Baños, Filipinas. International Rice Research Institute, 1976. 294p.