USO DEL DISEÑO AUMENTADO MODIFICADO PARA LA SELECCIÓN EN LAS ETAPAS TEMPRANAS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE PAPA (Solanumtuberosum L.)

María E. González, Ana Estévez y M. Varela

ABSTRACT. A modified augmented design was used to measure environmental heterogeneity, testing 66 clones in nonreplicated plots within 1991 and 1992. The check cultivars Desirée, Baraka and Spunta were planted in a (3 x 3) latin square design and values were fitted through row-column method. Clonal order was rearranged for both years, when data were adjusted. The modified augmented design is recommended for the early selection stages of potato breeding programs, due to its feasible use and search on enviromental variation.

Key words: selection, breeding, potato, *Solanum tuberosum*, genetics

RESUMEN. Se utilizó el diseño aumentado modificado para medir la heterogeneidad ambiental, donde se probaron 66 clones durante 1991 y 1992 en parcelas no replicadas. Los controles Desirée, Baraka y Spunta fueron plantados a partir de un diseño cuadrado latino (3 x 3) y los valores se ajustaron mediante el método de fila-columna. Se apreciaron cambios en el orden de los clones para ambos años, cuando se ajustaron los datos. Debido a la facilidad del uso y la factibilidad de investigar la variación ambiental, se recomienda el diseño aumentado modificado para ser usado en la selección en etapas tempranas de los programas de mejoramiento de la papa.

Palabras clave: selección, mejoramiento, papa, *Solanum tuberosum*, genética

INTRODUCCIÓN

Los programas de mejoramiento usualmente comienzan con un gran número de clones provenientes de los cruzamientos realizados. Llevar a cabo un experimento de campo con una población determinada es extremadamente difícil por un gran número de razones, entre ellas, la heterogeneidad ambiental, que no puede ser calculada fácilmente, así como la limitación del material disponible de cada clon, que excluye el uso de los diseños replicados estándares (Schaalje, Lynch y Koszub, 1987).

Los diseños aumentados (Federer, 1956) permiten la comparación estadística de líneas no replicadas. Una modificación de este tipo de diseño, propuesto recientemente por Lin, Poushinsky y Jui (1983), parece ser el más eficiente y práctico de usar, como un método de ajuste para la heterogeneidad ambiental, donde se prueban un gran número de genotipos en parcelas no replicadas.

Schaalje, Lynch y Koszub (1987) demostraron en el cultivo de la papa, que el diseño era muy efectivo en ajustes de fila-columna y de covarianza.

Se presentan los resultados de los análisis con datos provenientes de diseños aumentados modificados, con el objetivo de conocer su efectividad para medir la heterogeneidad ambiental en generaciones tempranas de papa en nuestras condiciones.

María E. González, Investigador Agregado y Dra. Ana Estévez, Investigador Titular del departamento de Genética y Mejoramiento Vegetal; M. Varela, Investigador del Departamento de Matemática Aplicada, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron para la evaluación del diseño, los datos provenientes de una población híbrida de la cuarta y quinta generaciones clonales obtenidas en el programa de mejoramiento, las que se probaron durante 1991 y 1992 en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.

Se plantaron 66 clones (Tabla I) y tres variedades control (Desirée, Baraka y Spunta), las que se seleccionaron cuidadosamente a una distancia de 0.90 m entre surcos y 0.25 m entre plantas sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado (Hernández *et al.*, 1975) distribuido en un diseño aumentado modificado. Los controles se plantaron a partir de un diseño cuadrado latino (3 x 3). En cada parcela completa se plantaron ocho clones y una subparcela control en el centro (Figura 1). Cada subparcela tenía diez plantas.

Para controlar la heterogeneidad del suelo, después de la cosecha se midieron los valores no replicados de los clones para el rendimiento (kg); el número de tubérculos y el peso promedio de los tubérculos (kg) se ajustaron mediante el método de corrección de fila-columna (Lin, Poushinky y Jui, 1983).

$$Yijk' = Yijk - Ri - Cj$$

donde: Yijk- valor observado para el clon k ubicado en la fila 1, columna j

Ri- corrección para fila i

Cj- corrección para columna j

$$Ri = \sum_j Xij/p - \sum_i \sum_j Xij/p^2$$

$$Cj = \sum_i Xij/p - \sum_i \sum_j Xij/p^2$$

donde: Xij- valor del testigo ubicado en la población ij
p- número de filas o columnas.

Tabla I. Clones estudiados y su identificación

Identificación	Clon	Identificación	Clon
1	6-30-86	34	14-18-86
2	8-50-86	35	8-17-86
3	8-96-86	36	8-128-86
4	14-43-86	37	14-1-86
5	8-67-86	38	8-76-86
6	8-126-86	39	8-79-86
7	8-118-86	40	8-2-86
8	6-17-86	41	8-82-86
9	14-56-86	42	14-25-86
10	14-59-86	43	14-5-86
11	14-54-86	44	4-1-86
12	14-14-86	45	14-48-86
13	14-33-86	46	2-2-86
14	12-3-86	47	15-1-86
15	6-39-86	48	6-15-86
16	8-115-86	49	13-4-86
17	14-21-86	50	8-23-86
18	8-84-86	51	8-111-86
19	8-90-86	52	8-74-86
20	10-6-86	53	8-131-86
21	8-72-86	54	6-9-86
22	8-52-86	55	8-80-86
23	8-45-86	56	6-11-86
24	8-100-86	57	8-97-86
25	8-15-86	58	8-38-86
26	14-38-86	59	4-4-86
27	2-7-86	60	14-4-86
28	8-117-86	61	8-130-86
29	8-108-86	62	14-57-86
30	8-95-86	63	14-26-86
31	14-45-86	64	8-107-86
32	6-22-86	65	6-24-86
33	8-49-86	66	8-119-86

Las atenciones culturales se realizaron según lo orientado por el Instructivo técnico para el cultivo de la papa (Cuba. MINAGRI, 1980).

Se calcularon las correlaciones de rango de Spearman entre los datos sin ajustar y ajustados para el rendimiento, el número de tubérculos y el peso promedio, con el objetivo de conocer la relación existente entre el orden ocupado por el valor sin ajustar de los genotipos y el valor ajustado de estos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla II se presentan los clones con valores del rendimiento, el número de tubérculos y peso promedio por encima de la media para datos sin ajustar arreglados a partir del diseño.

Cuando se hacen los ajustes se aprecian cambios en el orden de los clones en todos los caracteres estudiados, lo que pudo deberse en gran medida a la existencia de heterogeneidad ambiental.

Siguiendo el criterio de seleccionar los clones mayores que la media, si no se hiciera el ajuste, se eliminarían muchos clones que han sido afectados de manera más marcada por el ambiente. Para el rendimiento no se seleccionaron los clones 19, 27 y 57. El rendimiento es de gran importancia para la selección en papa y posee una baja heredabilidad, por lo cual es esencial una valoración estadística de la heterogeneidad ambiental.

Si el criterio para la selección estuviera constituido por los componentes principales del rendimiento, el número de tubérculo y el peso promedio (Ana Estévez y María E. González, 1988; y María E. González, Ana Estévez e Iglesias, 1992), se seleccionarían los genotipos 28, 19, 49, 58 y 53 para el primer carácter y 38, 3, 11, 33 y 14 para el segundo. Estos resultados son de importancia para la selección del material de mejora-

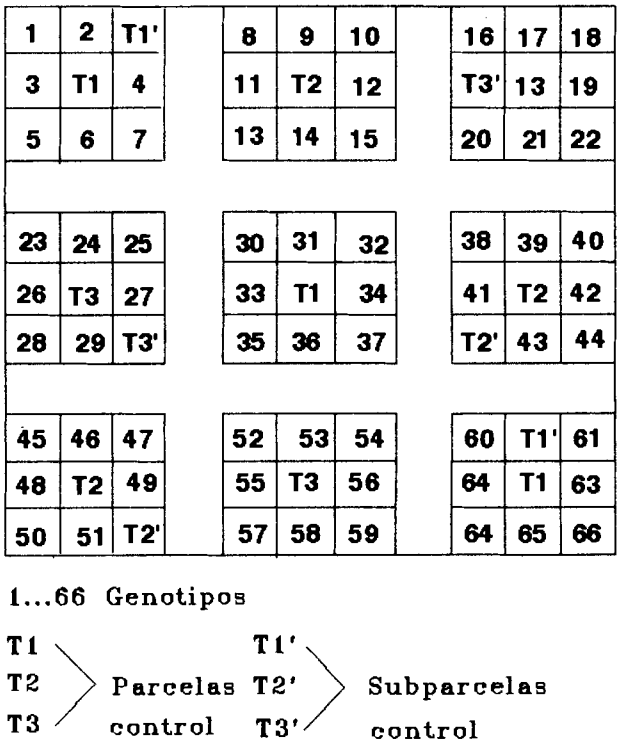

Figura 1. Distribución de los testigos y genotipos bajo un diseño aumentado modificado

Tabla II. Orden decreciente de los clones mayores que la media del rendimiento, el número de tubérculos y peso promedio para los valores sin ajustar y ajustados en 1991

Rendimiento		No. de tubérculos		Peso promedio	
Sin ajuste	Con ajuste	Sin ajuste	Con ajuste	Sin ajuste	Con ajuste
36	35	36	36	55	55
35	38	3	34	31	10
50	36	34	41	65	7
4€	6	14	57	7	31
40	50	41	35	46	46
14	41	6	62	27	40
13	62	47	6	49	56
6	14	35	50	50	32
56	13	57	43	56	65
62	34	62	14	44	16
43	49	38	52	30	48
41	19	13	28	40	44
31	31	52	3	35	30
3	27	40	13	48	13
52	43	43	19	10	38
49	57	16	49	13	3
55	46	50	54	32	11
48	40	39	58		33
34	52	54	47		27
47	3		53		14
30	30				
10					
38					
32					

miento, que según Schaalje, Linch y Koszub (1987), son cambios en el rango relativo del material de prueba.

En la Tabla III se aprecian los resultados obtenidos en 1993 para los mismos caracteres estudiados en 1991. Se observa una variación en el orden de los clones, cuando se hacen los ajustes, la cual es más evidente que en el año anterior, lo que pudiera indicar que la heterogeneidad ambiental era de una magnitud superior.

Tabla III. Orden decreciente de los clones mayores que la media del rendimiento, el número de tubérculos y peso promedio para los valores sin ajustar y ajustados en 1992

Rendimiento		No. de tubérculos		Peso promedio	
Sin ajuste	Con ajuste	Sin ajuste	Con ajuste	Sin ajuste	Con ajuste
31	31	16	44	31	52
40	30	56	66	46	10
19	44	34	31	35	19
3	3	57	40	30	46
56	13	41	39	47	16
32	16	40	36	55	14
16	36	39	33	3	31
14	20	33	30	32	6
35	14	66	56	48	35
41	40	44	52	14	32
48	32	38	16	36	47
30	22	19	34	19	55
34	19	62	45	53	13
39	10	50	38	27	7
38	45	43	58	40	40
44	66	32	54		30
47	39	20	20		11
62	38	14	14		48
50	54	10	41		22
43	56	6	32		20
33	33		65		38
57			22		
10			13		
6					
36					

Al realizar la selección sobre la base de los mayores que la media, si no se hiciera el ajuste, se eliminarían seis clones (13, 20, 22, 45, 66 y 54) si se tomase como criterio al rendimiento, así como 10 (31,36, 30, 52, 45, 58, 54, 65, 22 y 13) y 11 clones (52, 10,16, 6, 13, 7, 11, 48, 22, 20 y 38) para el número de tubérculos y el peso promedio, respectivamente.

Es por ello que es necesario tomar en consideración las variaciones ambientales, pues se pudieran eliminar materiales con buenas perspectivas.

De los tres clones seleccionados por el rendimiento en 1991, después de realizar el ajuste, dos de ellos se seleccionaron sin ajuste en 1993, lo que pone de manifiesto la eficiencia del método de ajuste para la selección, pues si no se hubiese aplicado se habrían eliminado estos genotipos. Lin, Pouschinsky y Jui (1983) encontraron que el ajuste por el método de hilera-columna era recomendable, cuando la variación del gradiente de fertilidad del suelo se presentaba en dos direcciones.

Las correlaciones de rango de Spearman entre los datos sin ajustar y ajustados para el rendimiento, el número de tubérculos y peso promedio, se presentan en la Tabla IV. Se obtuvieron coeficientes de correlación elevados y altamente significativos en 1991; sin embargo, en 1993 presentaron un menor valor para todos los caracteres, lo que indica que el ajuste trajo consigo un cambio más acentuado en el rango de los clones, debido a que las variaciones ambientales en ese año fueron superiores.

Tabla IV. Correlaciones de rango de Spearman del rendimiento, el número de tubérculos y peso promedio entre datos sin ajustar y ajustados para 1991 y 1992

Caracteres	Años	
	1991	1992
Rendimiento	0.806**	0.485**
Número de tubérculos	0.738**	0.496**
Peso promedio	0.635**	0.256

Se pudo apreciar que un gran grupo de genotipos con valores inferiores a la media, fueron salvados mediante el ajuste para la heterogeneidad ambiental, y así se garantizó que no se eliminaran genotipos que pudieran ser promisorios. Diferentes investigadores han planteado lo ineficiente de la selección en las primeras etapas del cultivo de la papa, por no contar con la cantidad de plantas necesarias para su replicación y por el efecto tan marcado del ambiente sobre este cultivo (Swiezynski 1978; Ana Estévez, 1985; y Schaalje, Lynch y Koszub, 1987).

El diseño aumentado modificado es un medio conveniente para medir la heterogeneidad ambiental, permitiendo el ajuste de los clones a probar y posibilitando la valoración del rendimiento y sus componentes en las etapas tempranas de la selección, lo que haría más eficiente la selección en los programas de mejoramiento de la papa.

BIBLIOGRAFÍA

Cuba. MINAGRI. Normas técnicas para el cultivo de la papa. /Ministerio de la Agricultura.- La Habana, 1990.- 126 p.

Estévez, Ana, 1985. Estudio de la viabilidad del polen en cinco variedades de papa. Cultivos Tropicales (La Habana7(3):75-80, 1985.

Estévez, Ana y María E. González. Correlaciones y coeficientes de sendero en papa. Cultivos Tropicales (La Habana)10(3): 74-78, 1988.

Federer, W.T. Augmented Designs. Hawaiian Planter's Record (Hawaii) 55: 191-208, 1956.

González, María E., Ana Estévez y L. Iglesias. Evaluación de los componentes del rendimiento como criterios de selección en el cultivo de la papa. Cultivos Tropicales (La Habana)13(2-3):135-139, 1992.

Hernández, A. /et al./. Segunda clasificación genética de los suelos de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. Suelos (La Habana) 23:1-25, 1975.

Lin, C. S., G. Poushinsky y P. Y. Jui. Simulation Study of Three Adjustment Methods for the Modified Augmented Design and Comparison with the Balanced Lattice Square Design. Journal of Agricultural Science (Nueva Delhi)100: 527-534, 1983.

Schaalje, Q. B., D. Lynch y G. C. Koszub. Field Evaluation of a Mofified Augmented Design for Early Stage Selection Involving a Large Number of Tested Lines without Replication Potato Research (Wageningen) 30: 35-43. 1987.

Swiezynski, K. M. Selection of Individual Tuber in Potato Breeding Theor. Appl. Genet. (Nueva York) 53: 71-80, 1978.

Swant, A. R. y K. K. Mandloi. Genotype Environment Interaction, Heritability and Genetic Advance for Yield in Potato (Solanum tuberosum L.) Indian J. Agric. Sci. (Nueva Delhi) 44(3): 159-164, 1974.

Recibido: 31 de octubre de 1994
Aceptado: 25 de enero de 1995