



COMBINACIÓN DE LAS TÉCNICAS ESTADÍSTICAS MULTIVARIADAS Y EL DISEÑO AUMENTADO MODIFICADO (DAM) EN LA SELECCIÓN DE LÍNEAS DE PRUEBA EN EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.)

Combination of statistical multivariate techniques and modified augmented design (MAD) in the selection of test lines in rice breeding programs (*Oryza sativa* L.)

Rogelio Morejón[✉] y Sandra H. Díaz

ABSTRACT. The current development of researchers in the field of genetic improvement in Cuba and the necessity of economizing experimental area and resources outlines the necessity to value experimental designs that facilitate an appropriate efficiency with a maximum of economy. This work intends to combine the kindness of DAM, with the adjustment method for line-column to control the soil heterogeneity, and the statistical multivariate techniques, offering the investigator a mathematical tool in the selection of test lines in rice breeding programs. DAM was structured by means of a Latin Square (4x4), with four controls lines (INCA LP-5, INCA LP-2, J-104 and Reforma) and 120 test lines distributed at random in the corresponding subplot. The use of DAM that allows to compare a considerable number of test lines, overcoming the limitations of a not replied experiment, what presupposes an economic benefit for the area reduction, the economy of experimental material and control of the environmental heterogeneity, in combination with statistical multivariate techniques provides a methodology more efficient in the selection of promissory lines in rice breeding program.

RESUMEN. El desarrollo actual de las investigaciones en la esfera de mejoramiento genético en Cuba y la necesidad de economizar tierra y recursos, plantea la necesidad de valorar diseños experimentales que posibiliten una eficiencia adecuada con un máximo de economía. Este trabajo propone combinar las bondades del DAM, con el método de ajuste por fila-columna para controlar la heterogeneidad del suelo y las técnicas estadísticas multivariadas, brindando al investigador una herramienta matemática en la selección de líneas de prueba en el programa de mejoramiento genético del arroz. El DAM se estructuró mediante un cuadrado latino (4x4), con cuatro líneas controles (INCA LP-5, INCA LP-2, J-104 y Reforma) y 120 líneas de prueba distribuidas al azar en las subparcelas correspondientes. El empleo del DAM, que permite comparar un número considerable de líneas de prueba, superando las limitaciones de un experimento no replicado, lo que presupone un beneficio económico por la reducción de área, el ahorro de material experimental y control de la heterogeneidad ambiental, en combinación con técnicas estadísticas multivariadas proporcionan una metodología más eficiente en la selección de líneas promisorias en el programa de mejoramiento genético del arroz.

Key words: design, analytical techniques, rice, plant breeding

Palabras clave: diseño, técnicas analíticas, arroz, mejoramiento genético de plantas

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético vegetal nació cuando el hombre primitivo se dio cuenta que el entorno natural le ofrecía múltiples y variadas formas vegetales que podrían

complementar su cotidiana dieta de carne; con ello se preocupó no solo por coleccionar sino por elegir y multiplicar las formas alimenticias más productivas. El hombre observó que la mejor semilla producía mejores plantas y una mayor producción, con lo cual se inició el proceso de selección y con el, el mejoramiento genético (1).

Actualmente, en los programas de selección de genotipos, los investigadores usualmente comienzan con un gran número de líneas de prueba que provienen de cruces o a través de la introducción de fuentes extrañas.

M.Sc. Rogelio Morejón y M.Sc. Sandra H. Díaz, Investigador Auxiliar de la Unidad Científico Tecnológica de Base «Los Palacios», Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ rogelio@inca.edu.cu

Una de las grandes desventajas es la limitante en el material disponible por cada línea de prueba, siendo suficiente, a veces para una sola réplica y otra razón es el poco control existente sobre la heterogeneidad ambiental.

El desarrollo actual de las investigaciones en la esfera del mejoramiento genético en el país y la necesidad de economizar tierra y recursos plantea la necesidad de valorar diseños experimentales que posibiliten una eficiencia adecuada con un máximo de economía. Bajo esta consideración, diversos autores plantean el reemplazo del Diseño Látice Simple por el DAM, como diseño experimental de campo apropiado para esta etapa, en determinadas condiciones, siendo más flexible por su ubicación en el campo y ofrecer una forma conveniente de medir la heterogeneidad ambiental, permitiendo el ajuste de las líneas de prueba a través de líneas controles¹ (2).

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado se propone con este trabajo combinar las bondades del DAM, con el método de ajuste por fila-columna para controlar la heterogeneidad del suelo, y las técnicas estadísticas multivariadas, brindando al investigador una herramienta matemática en la selección de líneas de prueba en el programa de mejoramiento genético del arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en áreas de la Unidad Científica Tecnológica de Base «Los Palacios», perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en condiciones de aniego sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (3), en el cual se sembraron 144 accesiones de arroz.

La siembra se realizó de forma directa a chorrillo, en parcelas de 2 m² y se utilizó un DAM que se estructuró mediante un Cuadrado Latino (4x4), con cuatro líneas controles (INCA LP-5 (A), INCA LP-2 (B), J-104 (C) y Reforma (D)) y 120 líneas de prueba (materiales promisorios resultantes del programa de mejoramiento genético del arroz) distribuidas al azar en las subparcelas correspondientes (Figura 1) (1).

Las atenciones culturales de fertilización, riego y tratamientos fitosanitarios se aplicaron según lo estipulado en el Instructivo Técnico del cultivo del Arroz (4).

Se evaluaron ocho caracteres durante el ciclo de desarrollo del cultivo:

- ✓ 50 % de floración (días) [C]
- ✓ Altura final de las plantas (cm) [AP]
- ✓ Longitud de la panícula (cm) [LP]
- ✓ Panícula por m² [Pm²]
- ✓ Granos llenos por panícula [GII]
- ✓ Granos vanos por panícula [Gv]
- ✓ Masa de 1000 granos (g) [Mg]
- ✓ Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) [R]

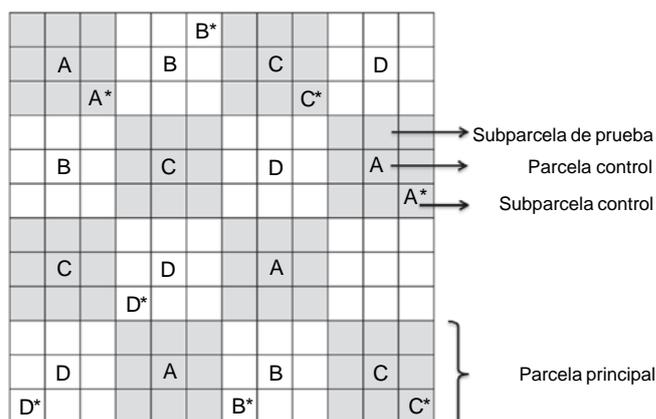


Figura 1. Trazado de un Diseño Aumentado Modificado para un Cuadrado Latino de 4x4

Para las evaluaciones realizadas se emplearon las siguientes metodologías:

- ✓ Sistema de Evaluación Estándar para Arroz
- ✓ Formulario de Descripción Varietal para Arroz

Las panículas por metro cuadrado se muestrearon una vez por parcela en un área de 0.1 m² y los granos llenos y vanos por panícula junto al masa de 1000 granos se determinaron en 20 panículas centrales tomadas al azar, asimismo, el rendimiento agrícola fue calculado en 1 m².

Los datos obtenidos para cada variable evaluada (Y_{ijk}) fueron ajustados por el método fila-columna, según el DAM utilizado (1), empleando una hoja de cálculo de *Microsoft Excel* 2010.

Método de ajuste fila-columna:

$$Y'_{ijk} = Y_{ijk} - H_i - C_j$$

donde:

Y'_{ijk} es el valor ajustado

Y_{ijk} es el valor observado de la línea de prueba en la parcela principal de la hilera i-ésima (i=1,...,p) y de la columna j-ésima (j=1,...,p) y la subparcela k-ésima (k=1,...,8).

H_i y C_j son correlaciones de hilera y columna definidas como:

$$H_i = \sum_j X_{ij}/p - \sum_j X_{ij}/p^2 \quad C_j = \sum_i X_{ij}/p - \sum_i X_{ij}/p^2$$

X_{ij} es el valor observado de la línea de control (A, B, C, D) en la parcela principal ij-ésima.

La matriz de datos ajustados (120 genotipos x ocho variables) fue procesada mediante las técnicas multivariadas de Componentes Principales, Análisis de Conglomerados (empleando la distancia Euclidiana al cuadrado) y las correlaciones de Pearson, utilizando en todos los casos el paquete estadístico SPSS v.17.

¹Vega, A. Evaluación de algunos aspectos relacionados con la etapa intermedia de selección de la caña de azúcar en Cuba. [Tesis de Doctorado]. INIFAT. Ministerio de la Agricultura. 1993. 100 p.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del ajuste por variables, mediante el método de fila-columna, según un diseño aumentado modificado de los valores observados para cada una de las líneas de prueba, permitieron realizar un ranking de estas (Tabla I). En la tabla se presentan las 20 líneas con mejor comportamiento para cada variable, de esta forma el investigador puede, según las necesidades y requerimientos de la investigación, seleccionar las que pudieran ser de mayor interés.

Tabla I. Ranking de las 20 mejores líneas de prueba para los caracteres evaluados según el DAM utilizando el método de ajuste de fila-columna

Ranking	C	AP	LP	Pm ²	Gll	Gv	Mg	R
1	19	52	99	105	39	33	83	112
2	41	118	50	79	52	64	108	14
3	63	57	74	112	101	32	9	1
4	85	53	10	76	15	25	7	6
5	107	119	29	113	118	47	29	24
6	10	12	8	98	44	88	52	26
7	32	78	16	9	77	51	101	45
8	54	42	24	84	56	100	1	56
9	76	54	98	1	113	63	2	67
10	98	108	3	93	67	66	6	85
11	120	120	96	101	61	39	22	113
12	40	24	46	20	119	83	26	60
13	62	90	86	103	25	109	31	117
14	84	11	93	85	29	87	36	37
15	106	77	110	71	57	20	37	118
16	2	20	43	45	114	69	40	34
17	24	28	76	90	110	72	46	5
18	46	86	4	111	13	35	47	10
19	68	94	53	54	31	91	50	29
20	90	8	102	56	49	44	53	38

Por ejemplo, si se busca un genotipo de altos rendimientos, la línea de prueba 112 es la de mayor valor para este carácter, además se encuentra entre las de mejor comportamiento para las panículas por metro cuadrado. De forma similar aparece la línea número 1, incluida además entre las de mayor masa de 1000 granos. Otras líneas con altos valores de rendimiento que también clasifican entre las mejores en cuanto al número de panículas por metro cuadrado y los granos llenos son las 56, 113 y 118.

En este sentido se plantea que cada variedad tiene valores idóneos para cada uno de sus tres componentes principales (panículas por metro cuadrado, granos llenos y peso de mil granos), que en conjunto determinan su máximo rendimiento potencial. Varios autores plantean que aunque la disminución en algunos de los componentes se compensa en parte con pequeños incrementos de los valores de los restantes, se debe procurar que las

variedades alcancen sus valores óptimos para cada uno de los caracteres componentes del rendimiento a fin de lograr la máxima producción².

La línea 24 pudiera no ser de interés por su ciclo alargado y la altura de la planta aunque es una de las clasificadas como de mejor rendimiento. Las variedades precoces son muy demandadas porque se ahorra agua y además su utilización permite hacer mayor cantidad de siembras en el año. Las condiciones de abonado, temperaturas, fotoperiodo, etc., pueden hacer cambiar el ciclo vegetativo del arroz (5). También se ha constatado que las variedades tradicionales generalmente presentan mayor altura (6). En el caso de la altura, su elección al momento de hacer la selección varietal adquiere importancia desde el punto de vista agronómico por la relación existente entre este carácter y la resistencia al acame.

El investigador puede, de esta forma, ir analizando caso por caso individualmente y realizar una selección de los materiales que le resulten de interés. Otra vía para la selección de las líneas promisorias es la utilización de técnicas estadísticas multivariadas, las cuales ahorran tiempo y permiten un análisis integral de las variables en estudio, logrando un resultado con la mayor confiabilidad posible.

En este caso se emplearon los análisis multivariados de componentes principales y de conglomerados utilizando la matriz de datos ajustados previamente por el DAM.

La Tabla II muestra las correlaciones fenotípicas (correlaciones de Pearson) existentes entre las variables analizadas, los valores superiores a 0,4329 se consideraron como significativos estadísticamente ($p \leq 0,05$).

Longitud de la panícula, granos llenos por panícula, panículas por metro cuadrado y masa de 1000 granos fueron los caracteres componentes que se correlacionaron fuerte y positivamente con el rendimiento.

Con el mismo patrón pero de manera inversa se correlacionó con el número de granos vanos. En otros estudios donde se han analizado correlaciones entre variables se ha constatado que el rendimiento y sus caracteres componentes tienen una estrecha interrelación^{3,4,5} (7).

²Cremé, Yuridaysi; Suárez, D.; Hernández, J. y González, S. Análisis del comportamiento en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) en condiciones de bajas temperaturas. En: Encuentro Internacional del Arroz, Palacio de Convenciones, La Habana. Programas/Resúmenes. 2005. p: 84-85.

³Quintero César, E. Factores limitantes para el crecimiento y productividad del arroz en Entre Ríos, Argentina. [Tesis Doctoral]. Universidade da Coruña. 2009. 167p.

⁴David, Donessa. Caracterización morfoagronómica de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) colectadas en fincas de productores de la provincia de Pinar del Río. [Trabajo de Diploma]. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 2012. 73 p.

⁵Martínez Eixarch, M^a Teresa. Caracterización y optimización del ahijado del arroz en el Delta del Ebro. [Tesis de Doctorado]. Universidad Politécnica de Valencia, 2010. 301 p.

Tabla II. Matriz de correlaciones fenotípicas

	C	AP	LP	Pm ²	GII	Gv	Mg
AP	0,890						
LP	-0,204	-0,387					
Pm ²	0,063	0,097	-0,264				
GII	-0,267	-0,249	0,506	-0,806			
Gv	0,109	0,142	-0,401	0,308	-0,737		
Mg	-0,351	-0,302	0,602	-0,423	0,586	-0,529	
R	-0,098	-0,251	0,438	0,571	0,906	-0,625	0,905

Correlaciones significativas a partir de 0,4329 para $p \leq 0,05$

Relaciones significativas y directas estuvieron dadas, además, entre longitud de la panícula y los granos llenos y entre estos dos con la masa de 1000 granos. Igualmente, pero de manera inversa fue la interrelación entre los granos llenos con las panículas por metro cuadrado y los granos vanos por panícula, además, entre este y la masa de 1000 granos. En cuanto a la masa de 1000 granos se plantea que es una característica genética, estable en buenas condiciones de cultivo y depende fundamentalmente de la variedad, pero un incremento en el rendimiento se puede lograr seleccionando materiales de mayor masa en el grano.

En investigaciones desarrolladas en Argentina se afirma que la masa de 1000 granos es propia de la variedad, aunque destacan cierta variabilidad intracultivar y que aumenta el rendimiento³.

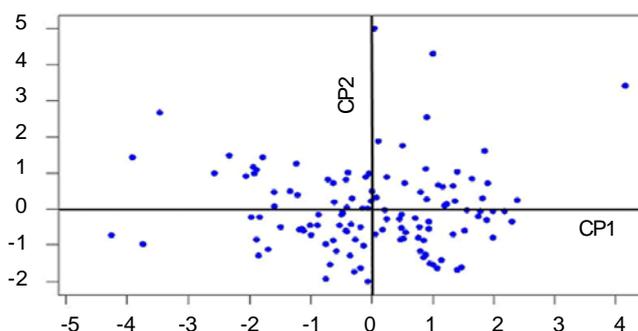
Otra correlación directa y significativa fue la establecida entre la altura de la planta y el ciclo del cultivo.

Del análisis de componentes principales, los valores propios, porcentaje de contribución y acumulado de los componentes, las correlaciones de estos con las variables originales y la proporción de la varianza de estas últimas aparecen en la Tabla III.

El porcentaje de contribución de las componentes asciende a valores superiores al 70 % en la tercera componente, nótese que las dos primeras solo explican un 58,4 % de la variabilidad total por lo que no se recomienda realizar ningún tipo de agrupación.

Además, se aprecia una gran dispersión en la ubicación de los genotipos en la Figura 2, que pudiera

estar dada por la diversidad de estos materiales, obtenidos por métodos convencionales de mejoramiento cuyos progenitores difieren entre sí.

**Figura 2. Distribución de los genotipos para las dos primeras componentes**

Es importante, en trabajos de esta naturaleza, determinar el grado de discriminación de las variables en estudio con el objetivo de identificar tanto las de mayor como las de menor variación dentro del germoplasma, lo que es posible cuantificando la proporción de la varianza explicada por cada variable original sobre los componentes seleccionados, las variables que explican una mayor proporción de varianza son las más discriminatorias y por tanto su importancia es mayor. En este caso, las variables rendimiento y panículas por metro cuadrado fueron las más discriminatorias y granos vanos y llenos por panícula fueron las que menos discriminaron a las líneas evaluadas.

Tabla III. Valores propios, porcentaje de contribución y acumulado de las componentes, las correlaciones y proporción de la varianza explicada de cada variable original sobre las componentes seleccionadas

	CP1	CP2	CP3	Proporción de la varianza
Valores propios	1,9837	1,3787	1,2131	
Contribución (%)	32,6	25,8	14,1	
Acumulado (%)	32,6	58,4	72,5	
Rendimiento	0,751	-0,151	0,232	0,6406
Panículas por m ²	0,716	0,047	0,155	0,5389
Altura de la planta	-0,002	0,729	0,004	0,5315
50 % de floración	0,168	0,691	-0,062	0,5095
Longitud de la panícula	0,470	-0,161	-0,443	0,4431
Masa de 1000 granos	0,286	-0,580	0,057	0,4214
Granos llenos por panícula	0,348	0,508	-0,090	0,3873
Granos vanos por panícula	0,481	0,239	0,039	0,2900

Por no aportar la suficiente información los Componentes Principales para la clasificación de los genotipos, se utilizó un Análisis de Conglomerados, atendiendo al criterio de incluir dentro de una misma clase aquellos que tengan características similares y de esta forma aprovechar el hecho de trabajar con los mejores grupos por variables logrando una selección más eficiente.

El dendrograma correspondiente al Análisis de Conglomerados puede observarse en la Figura 3. A través del mismo se pudieron formar 10 clases y las medias por variables y los genotipos efectivos correspondientes a cada clase aparecen en la Tabla IV.

La tabla proporciona otra herramienta para la selección de las líneas de prueba, en dependencia de las características e intereses que se tengan. Siguiendo la misma idea que en el ajuste efectuado por el DAM para la selección de genotipos de altos rendimientos se observa, de forma general, que las clases I, IV, V y VII, que incluyen a 24 líneas de prueba, son las de valores más elevados para este carácter. Asimismo, estas 24 líneas tienen características destacadas en las variables componentes del rendimiento como son masa de 1000 granos (clases I, IV y VII), granos llenos por panícula

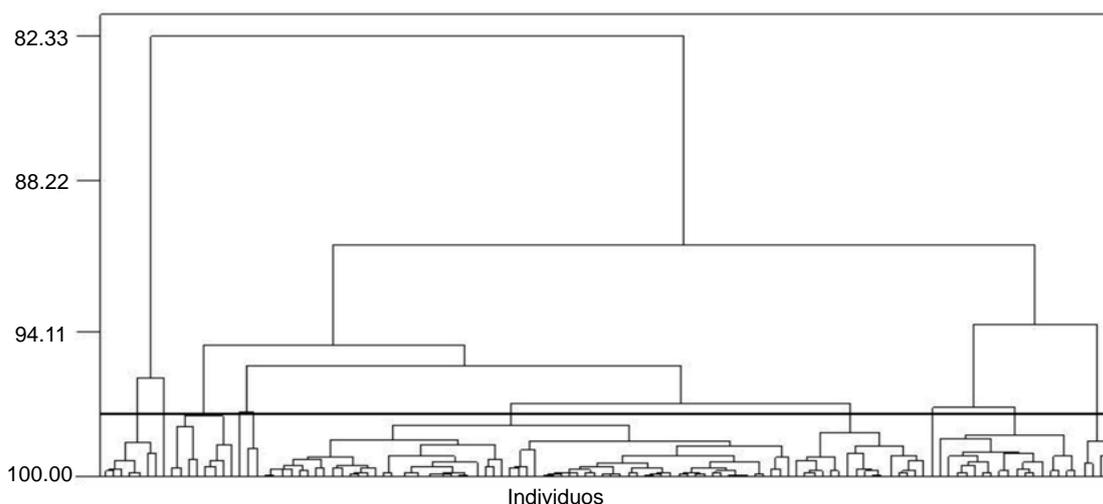


Figura 3. Dendrograma obtenido según el análisis de conglomerados

Tabla IV. Distribución de genotipos en efectivos y medias por clases, según el análisis de conglomerados

Clases	C	AP	LP	Pm ²	GII	Gv	Mg	R	Efectivos
I	131,12	109,35	23,49	423,59	102,77	35,76	29,25	5,10	1
II	108,41	98,26	24,02	316,43	93,27	32,06	28,35	4,22	16
III	111,92	96,24	22,99	368,56	94,20	31,52	28,58	4,53	63
IV	101,69	99,81	23,10	404,32	97,98	32,47	28,56	5,15	17
V	135,00	90,00	22,14	284,00	105,80	30,10	28,00	5,50	4
VI	124,00	117,80	25,60	343,75	117,80	43,42	21,00	3,00	1
VII	97,43	90,14	23,06	470,35	95,98	34,18	28,57	5,31	2
VIII	119,50	93,00	24,45	365,76	148,25	40,90	25,00	4,05	1
IX	104,00	88,27	23,70	249,00	99,97	29,46	29,50	3,62	7
X	107,00	98,00	21,70	525,00	94,40	29,30	29,00	4,50	8
Líneas									
I	5								
II	2, 7, 13, 35, 36, 50, 69, 70, 75, 82, 95, 99, 102, 104, 109, 120								
III	3, 11, 12, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 63, 65, 66, 68, 72, 73, 77, 78, 80, 81, 83, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 94, 96, 97, 100, 107, 108, 110, 111, 114, 115, 116, 119								
IV	10, 15, 24, 26, 29, 45, 56, 60, 64, 67, 76, 79, 85, 101, 105, 117, 118								
V	1, 37, 112, 113								
VI	8								
VII	6, 14								
VIII	106								
IX	16, 17, 55, 71, 74, 93, 103								
X	4, 9, 43, 51, 62, 84, 98								

(clases I y V) y panículas por metro cuadrado (clases I, IV y VII). Los valores de rendimiento en estas líneas se asemejan a los obtenidos en ciclos más recientes en Venezuela, el cual es considerado alto si se compara con los valores promedio de otros países de Latinoamérica como Panamá y Bolivia (8, 9).

Las líneas 6 y 14 de la clase VII presentan un buen rendimiento y además son las de menor ciclo. La precocidad como objetivo de mejoramiento es adecuada para escapar de las causas de estrés ambiental, como la sequía o la temperatura baja durante la fase reproductiva. Además, un período vegetativo corto permite hacer un uso más eficiente del agua de riego.

Ahora bien, combinar en una variedad el carácter de precocidad con niveles óptimos de macollamiento, de vigor y de capacidad de rendimiento es todavía un desafío fascinante para los fitomejoradores (10).

En la Tabla V se muestran las 20 líneas que fueron seleccionadas por el DAM y las 24 incluidas en las cuatro clases del análisis de conglomerados con valores de rendimiento más elevados. Las líneas 34 y 38 en el DAM no aparecen entre las seleccionadas por el análisis de conglomerados y las líneas 15, 64, 76, 79, 101 y 105 se encuentran entre las clases del conglomerado que no fueron seleccionadas por el ajuste de fila columna en el DAM, por lo que se recomienda incluir las 26 líneas en la selección final para de esta forma no perder ninguno de los materiales promisorios estudiados.

Tabla V. Líneas de prueba seleccionadas por el DAM y el Análisis de Conglomerados para el carácter rendimiento

Diseño aumentado modificado	1, 5, 6, 10, 14, 24, 26, 29, 34, 37, 38, 45, 56, 60, 67, 85, 112, 113, 117, 118
Análisis de Conglomerados	1, 5, 6, 10, 14, 15, 24, 26, 29, 37, 45, 56, 60, 64, 67, 76, 79, 85, 101, 105, 112, 113, 117, 118

De esta forma, el empleo del DAM que permite comparar un número considerable de líneas de prueba, superando las limitaciones de un experimento no replicado, lo que presupone un beneficio económico por la reducción de área, el ahorro de material experimental y control de la heterogeneidad ambiental en combinación con las Técnicas Estadísticas Multivariadas proporcionan una metodología de trabajo mucho más eficiente en la selección de líneas promisorias en el programa de mejoramiento genético del arroz.

REFERENCIAS

1. Morejón, R. y Caballero, A. Estudio simulado de tres métodos de ajuste en un diseño aumentado modificado. *Cultivos Tropicales*, 1998, vol. 19, no. 2, p. 59-63.
2. Varela, M. /et al./ Uso del diseño aumentado modificado en la selección de líneas no replicadas de papa. *Cultivos Tropicales*, 1994, vol. 15, no. 1, p. 94-96.
3. Hernández, A.; Aascanio, M. O.; Marisol Morales y León, A. La historia de la clasificación de los suelos en Cuba. La Habana, Cuba, 2006, 98 p.
4. MINAGRI. Instructivo Técnico del Arroz. Instituto de Investigaciones del Arroz. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 2008, 113 p.
5. Franquet Bennis, J. M. y Borrás-Pamies, C. Economía del arroz: variedades y mejora [en línea] Universidad de Málaga. Biblioteca Virtual de Derecho, Economía y Ciencias Sociales, 2006. ISBN-10:84-689-7762-4. [Consultado: 4 de mayo de 2010] Disponible en: <<http://www.eumed.net/libros/2006a/fbbp/index.htm>>.
6. Caicedo, Y. J. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz comparadas con dos variedades comerciales y una nativa. Universidad del Pacífico, Buena Aventura, Colombia. 2008. 48 p.
7. Morejón, R.; Hernández, J. J. y Díaz Solís, Sandra. Comportamiento de tres variedades comerciales de arroz en áreas del complejo agroindustrial arrocero «Los Palacios». *Cultivos Tropicales*, 2012, vol. 33, no. 1, p. 46-49.
8. Acevedo, Marco A. /et al./ Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 2011, vol. 61, no. 1, p. 15-26. ISSN 0002-192X.
9. Acevedo, Marco A. /et al./ Estabilidad fenotípica de arroz de riego en Venezuela utilizando los modelos LINBINNS y AMMI. *Agronomía Tropical*, 2010, vol. 60, no. 2, p. 131-138. ISSN 0002-192X.
10. Atencio, V. J.; Berrío, L. E.; Borrero, J. y Carabalí, S. J. Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I. Publicación CIAT No. 370. ISBN 978-958-694-103-7. Imágenes Gráficas S.A., Cali, Colombia. 2010. 487 p.

Recibido: 8 de agosto de 2012

Aceptado: 25 de diciembre de 2012

¿Cómo citar?

Morejón, Rogelio y Díaz, Sandra H. Combinación de las técnicas estadísticas multivariadas y el diseño aumentado modificado (DAM) en la selección de líneas de prueba en el programa de mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 2013, vol. 34, no. 3, p. 65-70.