

SELECCION TEMPRANA E INDIRECTA DE LA VARIABILIDAD GENETICA INDUCIDA EN CARACTERES DE LA PRODUCCION, MEDIANTE LA APLICACION DE ETILMETANO SULFONATO (EMS) EN TRIGO (*T. vulgare*)¹

Rafael Trujillo Figueroa²

Rama de Genética del Colegio de Postgraduados, Chapingo, México

Sinopsis

Se trató semilla de trigo con etilmetano sulfonato (EMS) con objeto de inducir variabilidad genética (micromutaciones) en caracteres de la producción y conservar la variabilidad por medio de una selección temprana en la M_2 , con base en la varianza medida en un carácter no relacionado. Los resultados más notables se resumen como sigue:

1. En la serie B (3% EMS, 4 horas de tratamiento) se produjeron mayores daños en la M_1 y un porcentaje mayor de mutantes drásticos (8.5%) en la M_2 que en la serie A (1% EMS, 10 horas de tratamiento) donde sólo se produjeron 6.3% de mutantes drásticos en la M_2 .

2. La variabilidad genética inducida se probó en la M_4 en 480 líneas provenientes de familias que no contenían mutantes drásticos. Estas líneas provinieron de 236 familias seleccionadas en la M_2 con base a una alta varianza del carácter "longitud de la espiga" (Grupo I) y a una baja (Grupo II). Las 480 líneas arriba mencionadas se seleccionaron al azar en la M_3 debido a una necesaria reducción del material.

3. En la M_2 se observó una disminución de los valores medios de los componentes de la producción estudiados y por otra parte una elevación simultánea de la variabilidad de estos caracteres. Debido a la selección, los valores medios en la M_4 ya se habían elevado al nivel del material no tratado.

4. En las pruebas de rendimiento de la M_4 las líneas del Grupo I mostraron mayor variabilidad en los componentes de la producción que las del Grupo II y las del control. Cinco líneas del Grupo I y dos del Grupo II tuvieron un rendimiento superior al valor medio del control. Las dos mejores líneas del Grupo I sobrepasaron a la mejor del Grupo II en 17% y 12% respectivamente.

5. La elevación en el rendimiento de la línea 144 se debió a un elevado peso de mil semillas y en la línea 2553 a un elevado número de tallos. No se observó una elevación en el número de espiguillas ya que la selección no se hizo en base a la longitud de la espiga sino en base a su variabilidad.

6. En los mutantes seleccionados, la superioridad en el rendimiento se debió a una elevación en particular de alguno de los componentes de la producción. Por otra parte, las mejores líneas de control fueron al mismo tiempo superiores en las tres componentes de la producción consideradas. Estos resultados muestran el origen mutacional de la variabilidad investigada y los materiales obtenidos pueden usarse como base para un programa de mejoramiento, mediante cruzamiento.

Summary

Wheat seeds were treated with ethylmethane sulfonate to induce genetical variability (micro-mutations) in characters related to the production. Selection of plants was done in the M_2 in order to seek this variability. This selection was made based on a character not related to production. A summary of results is as follows:

¹ Disertación presentada en la Facultad de Agronomía de la Universidad de Göttingen, Alemania Occidental, como requisito parcial para obtener el título de Doctor en Ciencias Agrícolas.

² Profesor investigador de la Rama de Genética, Colegio de Postgraduados, E.N.A., Chapingo, Méx., México.

1. The series B (3% EMS, 4 hours of treatment) damaged M_1 seriously and produced 8.5% of drastic mutants in M_2 . The series A (1% EMS, 10 hours of treatment) damaged M_1 less than the series B did, and produced 6.3% of drastic mutants in M_2 .

2. Four hundred and eighty lines from 236 families without drastic mutants, were tested for genetical variability. Selection of these families was based on high length of tassel variance (Group I) and low length of tassel variance (Group II). The 480 lines were selected as a random sample from M_3 , because of a necessary reduction of material.

3. Diminution of the mean values of the components of production studied and a higher variability of these components were observed at once. Due to the selection, mean values of M_4 were as high as those of the untreated material.

4. In the yield tests of M_4 lines of Group I showed higher variability of the components of production than that showed by lines of Group II and control lines. The yields of five lines of Group I and two ones of Group II were higher than the mean value of the control. The best two lines of the Group I had higher yields than the best line of Group II (17 and 12% respectively).

5. High yield of line 144 was due to the high weight of 1000 kernels. High yield of line 2553 was due to high number of stems. A rise of number of spikelets was not observed, because the selection was based on the variability of the length of the tassel, not on its long length.

6. The rise of yield of mutants was due to a particular rise of one of the components of production, while control lines showed to be better in three of the considered components of the production. This shows the mutational origin of the variability studied, and the material obtained in this study might be used as a basis for a breeding improvement program.

Introducción

El empleo eficaz de la producción de mutaciones en caracteres cuantitativos de los cultivos dependen primordialmente de la utilización de métodos adecuados de selección y de las variaciones deseables inducidas por el tratamiento con agentes mutagénicos. Si bien es cierto que en este punto no existen diferencias entre la cría de plantas ya sea mediante mutaciones o mediante cruzamientos, sí existen diferencias genéticas entre los descendientes de una mutación y los de un cruzamiento. Por lo tanto se requieren otros métodos de selección de las mutaciones producidas.

La selección de mutaciones en caracteres cuantitativos, también llamadas micromutaciones (Baur, 1924) (2), la han realizado la mayoría de los autores (Gregory 1955, Gaul y Mittelstenschaid 1961, Gaul 1966a y b, Gaul *et al* 1966, Scossiroli *et al* 1966 (16) (15) (11) (12) (13) (24) a partir de la tercera generación (M_3) después del tratamiento mutagénico. Sin embargo, Gaul y Mittelstenschaid (1961) (15) pudieron seleccionar micromutaciones en cebada en la segunda generación (M^2).

De esto se formuló la pregunta, si también en el trigo se podría desarrollar un procedimiento semejante. A pesar de que en el trigo, debido a su carácter poliploide, la segregación de mutantes recesivos aparece en generaciones avanzadas (en diploides puede observarse en la segunda generación), se han realizado varios experimentos en este cereal, tendientes a seleccionar en la segunda generación (M_2) (Borojevic 1965, 1966a, entre otros) (4) (5). Para la selección se han probado dos métodos diferentes. En un caso se seleccionó directamente sobre los caracteres deseables, por ejemplo Rawlings, Hanway y Gardner (1958) (23) y Borojevic (1965, 1966a) (4) (5), sobre gran número de semillas; o bien, Gaul y Mittelstenschaid (1961) (15), sobre peso total de semillas. Pero como en el caso de una selección directa y temprana se corre el riesgo de seleccionar en contra de otros caracteres deseables (Brock, 1965) (7), se propuso como segunda posibilidad una selección

temprana pero indirecta con el auxilio de caracteres indicadores (Gaul, 1956) (9). De acuerdo a lo anterior Gaul y Mittelstenschaid (1961) (15) seleccionaron en base a precocidad. Bhatia y Swaminathan (1962) (3), así como Borojevic (1966b) (6) seleccionaron mutantes con aristas, o bien, Li *et al* (1961) (19) seleccionaron variantes bien definidas y las probaron en relación a los caracteres deseados de la producción. Sin embargo, hasta el momento, son poco conocidas las correlaciones existentes entre estos caracteres indicados y los de la producción; por lo tanto, se corre el peligro, también en este segundo caso de selección temprana, de perder las variantes deseables.

Debido a lo anterior, se investigó en este trabajo si era posible realizar una selección sin considerar un carácter en especial, sino sencillamente empleando la variabilidad de los diferentes descendientes de la primera generación (M_1) como criterio de selección. El propósito era seleccionar alta producción de grano de una variedad de trigo de primavera mediante el tratamiento con agentes mutagénicos. Para ello se seleccionaron primeramente, en la generación M_2 , todos aquellos descendientes de plantas individuales que mostraban una alta o una baja variabilidad en un carácter morfológico fácilmente mensurable. La pregunta fue si semejante selección temprana en base a variabilidad podría influir para realizar posteriormente una selección directa en caracteres de la producción en las generaciones M_3 y M_4 .

Métodos y materiales

El material empleado para la investigación fue un trigo de primavera, variedad 3880/48, que fue proporcionado por la Productora de Semillas Otto Breustedt, Schladen, a quien mostramos nuestro agradecimiento. Esta variedad nos pareció interesante por sus buenas cualidades de panificación; sin embargo, su rendimiento en varios años de experimentación fue siempre muy bajo. Por ello resultó apropiada para la investigación planeada, ya que a través de un tratamiento con agentes mutagénicos podrían mejorarse los caracteres de la producción.

Las semillas se trataron en solución de etilmetano sulfonato al 1% (serie A) durante 10 horas y al 3% (serie B) durante 4 horas. La temperatura de la solución fue de 20°C. Como control sirvieron semillas no tratadas. Después del tratamiento se lavaron las semillas en agua corriente durante dos horas. Inmediatamente después fueron sembradas las semillas para el desarrollo de la generación M_1 . De cada planta M_1 se cosechó la espiga principal, de la cual se utilizaron 25 granos para el desarrollo de la generación M_2 . Al hacer la siembra se dejó una distancia de 4 cm entre las plantas, y de 20 cm entre los surcos. La descendencia total de plantas de un surco que procedía de una espiga M_1 se designó como familia y cada planta M_2 dio origen a una línea en la siguiente generación. En la tercera generación se sembraron 10 líneas por familia, las cuales procedían de plantas individuales de la M_2 . Las familias se colocaron en la M_3 al azar unas junto a otras.

En la generación M_4 se tenía suficiente semilla de cada línea para conducir pruebas de rendimiento. Para estas pruebas se empleó un diseño experimental de parcelas subdivididas con 3 repeticiones en parcelas de 2 m² (1 m × 2 m) de superficie. En cada parcela se sembraron a mano 200 granos de una línea en 5 sur-

cos, con una distancia de 5 cm en el surco. Se aplicaron 50 kg de N/ha, 100 kg de P_2O_5 /ha y 150 kg de K_2O /ha. Como herbicida se aplicó Aretit (1:100; 4 kg/ha).

Durante el desarrollo de las plantas y en todas las generaciones se tomaron diferentes datos. Después de la cosecha se hicieron medidas en el laboratorio de los caracteres morfológicos y de la producción más importantes. Todos los datos señalados como significativos se refieren a una probabilidad de 0.05.

Resultados

1. La generación M_1

Las plantas de las series A y B fueron diferentes a las del control. Aunque la germinabilidad de las semillas tratadas fue mayor del 90%, el desarrollo de las plantas de la serie B fue más lento y permanecieron más pequeñas que las de la serie A. Este daño se puede apreciar en los datos del cuadro 1, que fueron tomados en las plantas cosechadas. Comparándolas con las del control, las varianzas (S^2) de los caracteres en las series tratadas eran de 5 a 8 veces mayores. Sólo la varianza del número de espigas por planta para el control rebasa las de las series A y B, lo cual se puede deber a una competencia más fuerte entre las plantas individuales del control. Exceptuando las varianzas para el carácter número de espiguillas de la espiga principal, todas las demás varianzas en los otros caracteres son significativamente diferentes, incluyendo los de la serie A con respecto a la serie B. Los valores medios de la longitud del tallo y del número de granos son más bajos en la serie B que en la serie A. Por el contrario, la serie A tuvo valores medios más bajos para los caracteres número de espigas por planta, longitud de la espiga y número de espiguillas por espiga. Por lo tanto, el mayor daño apreciado en la serie B durante el desarrollo de las plantas no se pudo observar en todos los caracteres en las plantas maduras.

CUADRO 1

Valor medio (\bar{X}) y varianzas (S^2) de algunos caracteres en la generación M_1

CARACTER	SERIE A		SERIE B		CONTROL	
	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2
Número de espigas por planta . . .	1.57	1.56	1.79	1.21	4.20	4.90
Longitud del tallo principal (cm.)	75.41	134.33	72.68	153.86	95.79	30.58
Longitud de la espiga principal (cm.)	7.08	3.43	7.55	3.05	10.20	0.64
Número de espiguillas de la espiga principal	15.19	9.28	15.36	9.04	20.13	1.09
Número de granos de la espiga principal	21.57	124.69	19.67	126.63	39.13	42.11

2. La generación M_2

En la generación M_2 aparecieron mutantes drásticos, 6.3% de 1 123 familias en la serie A y 8.5% de 765 familias en la serie B. Los fenotipos encontrados correspondían a los mutantes descritos por Haarring y Zschege (1962) (17). La frecuencia relativa de estos mutantes se cita en el cuadro 2. Aparecieron también 2 mutantes nuevos: una planta con hojas cortas y achatadas y otra con hojas enrolladas y dispuestas verticalmente (Fig. 1).

CUADRO 2
Frecuencia relativa (%) de mutantes drásticos en la Generación M₂

TRATAMIENTO	Espel- toide	Espigas con espiguillas espacladas	Espigas * cabeza ancha	Compac- toide	Enanis- mo	Arista- das	Esfero- colde	Carente de cera	Otros
Serie A	50.70	4.23	1.41	4.23	23.94	7.04	...	5.63	2.82
Serie B	49.23	3.08	24.61	13.84	1.54	4.62	3.08

* Correspondiente al Dickkopf en alemán.

En relación con lo anterior, los mutantes drásticos sirvieron solamente como medida de la efectividad del EMS. Ellos fueron sembrados en la generación M_3 pero solamente para probar su constancia o segregación.

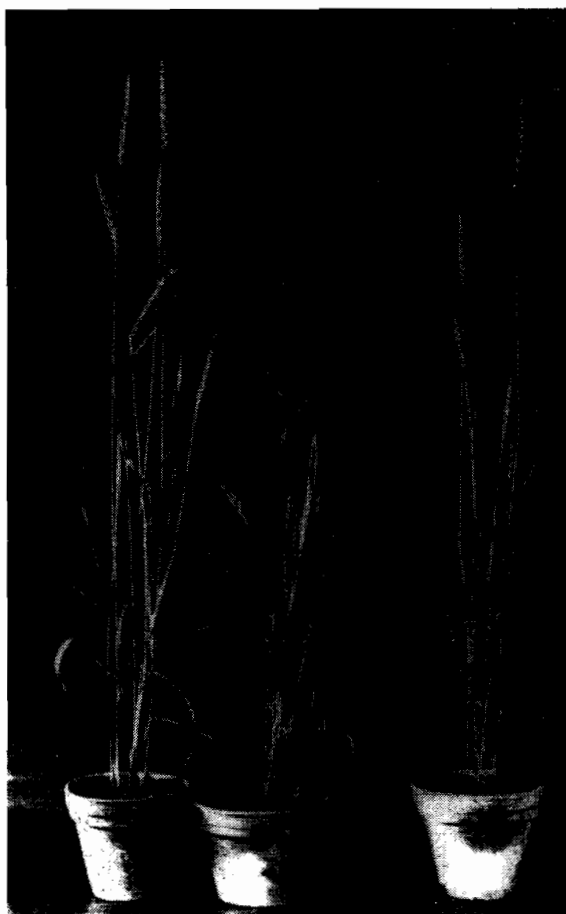


Fig. 1. Mutantes de la generación M_2 después de un tratamiento con EMS. De izquierda a derecha: material original, mutante N° 2108 con hojas cortas y achatadas, mutante N° 2006 con hojas enrolladas.

CUADRO 3

Variabilidad de la generación M_2 en relación a la altura de planta

TRATAMIENTO	Número total de familias	NÚMERO DE FAMILIAS (%) Y ALTURA DE PLANTA			
		Uniformes Normal más pequeñas	Uniformes Normal más pequeñas	Variables Normal más pequeñas	Variables Normal más pequeñas
Serie A	1 123	85.46	0.80	6.23	0.19
Serie B	765	72.67	2.75	15.70	0.38
Control	36	100.00			

Todas aquellas familias que no presentaron ninguna segregación respecto a mutantes drásticos en la M_2 , fueron estudiadas en el campo desde el punto de vista

AGROCIENCIA

de su variabilidad en caracteres cuantitativos, entre ellos la longitud de las plantas. Se designaron como plantas más pequeñas aquellas que en promedio eran 20 cm menores que las del control. Los valores citados en el cuadro 3 muestran el efecto del tratamiento mutagénico principalmente en la serie B.

En la cosecha de la generación M_2 se seleccionaron de las series tratadas todas aquellas familias que no habían segregado mutantes drásticos. En total se seleccionaron 14 650 plantas, de las cuales 10 047 pertenecían a la serie A y 3 985 a la serie B. Para comparación se cosecharon 618 plantas del control. En todas las plantas se determinaron los caracteres morfológicos más importantes. (Cuadro 4.)

CUADRO 4

Valor medio (\bar{X}) y varianzas (S^2) de caracteres morfológicos en la generación M_2

C A R A C T E R	SERIE A		SERIE B		CONTROL	
	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2	\bar{X}	S^2
Número de espigas por planta	4.63	8.23	4.37	4.50	5.15	5.98
Longitud de la espiga principal (cm)	9.53	0.95	9.45	1.36	9.89	0.74
Número de espiguillas de la es- piga principal	17.66	3.32	17.57	2.37	18.83	1.89
Peso le grano por planta (gr)	6.33	12.60	4.90	8.74	7.06	13.03

Se encontró que el valor medio para todos los caracteres considerados en ambas series estaba significativamente por abajo del de la serie A. También las varianzas correspondientes fueron significativamente diferentes. Las varianzas de la serie B, exceptuando la varianza para la longitud de la espiga, estaban más bajas que las de la serie A, en contra de lo que se esperaba al principio. Esto quiere decir que hubo una mayor frecuencia de valores en sentido negativo. Todas estas diferencias indicaban una variabilidad genética inducida también en caracteres cuantitativos.

3. La generación M_3

La pregunta principal en el presente trabajo, era si con la selección de mutantes en caracteres cuantitativos, los cuales sólo pueden compararse en gran número de plantas, era posible reducir el material en la generación M_3 sin perder con ello variantes de interés. Ya que, como se indicó al principio, una selección directa de líneas en esa generación no pareció conveniente, la selección de las familias M_3 se llevó a cabo únicamente tomando en cuenta su variabilidad. Esta variabilidad se determinó en el carácter longitud de la espiga que es fácil de medir, es menos afectado por el medio ambiente que, por ejemplo, la longitud de la planta y pareció bastante indiferente con relación a la finalidad del mejoramiento: "producción". En las dos series tratadas, así como en el control fueron determinadas en cada familia las varianzas fenotípicas de la longitud de la espiga y se compararon con las respectivas varianzas del control. Como se esperaba, la varianza de las dos series ($S^2 = 0.5774$) fue bastante mayor a la del control ($S^2 = 0.07337$). Del mismo modo, fue diferente el valor medio de las varianzas de las series tratadas ($\bar{X} = 0.93$) y el del control ($\bar{X} = 0.64$). Ya que las dos series A y B en estos valores de la longitud de la espiga

no difirieron grandemente, fueron consideradas juntas para hacer la selección y no se volvieron a separar más adelante en el desarrollo de esta investigación.

De la generación M_2 se seleccionaron familias (descendientes de espigas individuales) que tenían cuando menos diez líneas (plantas). Se formaron dos grupos de selección de 100 familias cada uno. El grupo I se caracterizó por un valor medio de las varianzas de la longitud de la espiga que sobrepasó al valor medio de las varianzas del control en más de dos veces la desviación estándar. En el grupo II las varianzas de la longitud de la espiga tenían valores alrededor de los valores medios de las varianzas del control (Fig. 2). Estas 2 000 líneas de los dos grupos fueron

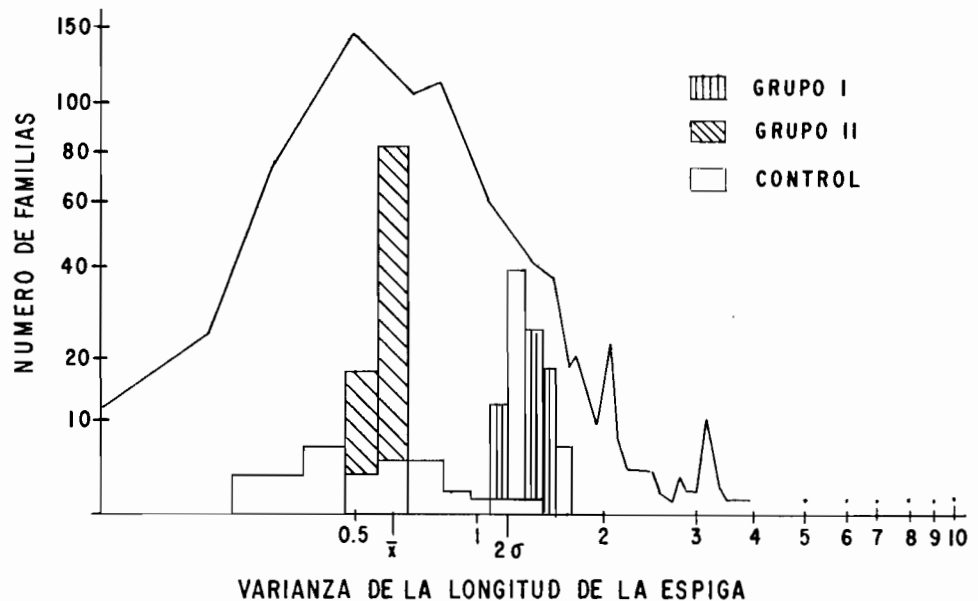


Fig. 2. Varianzas de la longitud de la espiga dentro de las Familias M_2 . La curva muestra la población total de los descendientes del material tratado. Las columnas representan el material seleccionado para la siembra de la generación M_3 .

estudiadas en la generación M_3 durante su desarrollo. En el cuadro 5 se puede apreciar que las líneas del grupo II —de acuerdo a la selección— fueron bastante menos variables que las del grupo I, y más semejantes a la variabilidad del control. Además

CUADRO.5

Clasificación general de las líneas de los grupos de selección I y II en comparación con el control en la generación M_3 . Uniformes: + como el control, ± menos que el control y — muy irregular.

VARIANTES	Total	NUMERO DE LINEAS Con uniformidad		
		+	±	—
Grupo I	1,000	405	404	191
Grupo II	1,000	568	365	67
Control	348	314	34	...

de esto, 7.9% de las líneas del grupo I segregaron mutantes drásticos mientras que del grupo II la segregación sólo fue del 3.8%.

Después de la formación de los dos grupos con diferentes varianzas de la longitud de la espiga, se trató de ver si se había producido y en qué medida una variabilidad en otros caracteres de la generación M_2 . Como se puede apreciar en el cuadro 6

CUADRO 6

Valores medios (\bar{X}) y varianzas (S^2) entre las líneas dentro de las familias seleccionadas en la Generación M_2 . Todas las medidas y varianzas difieren significativamente ($P \geq 0.05$).

CARACTER	Grupo seleccionado	\bar{X}	S^2
Número de espigas por planta	I	4.37	5.16
	II	4.61	4.44
Número de espiguillas de la espiga principal	I	17.47	3.46
	II	17.62	1.98
Peso del grano por planta	I	5.57	11.90
	II	6.09	11.02

esto se presentó cuando menos en los tres caracteres más importantes del rendimiento. En el grupo I el valor medio fue menor, mientras que la varianza fue mayor que en el grupo II. El que la selección del material para la M_3 no se haya hecho considerando alguno de estos componentes de la producción, sino sencillamente la varianza de la longitud de la espiga, fue correcto, y esto se puede observar más adelante en los resultados de las pruebas de rendimiento (ver Fig. 3).

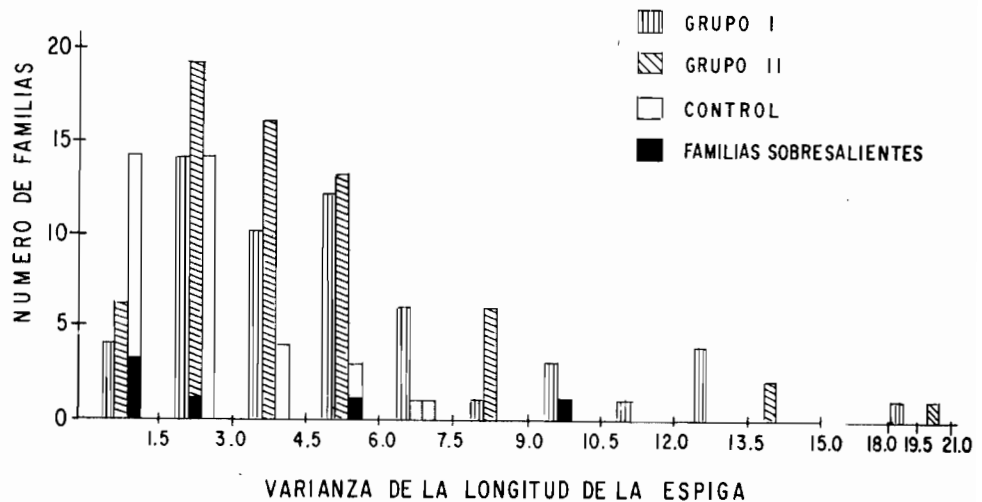


Fig. 3. Varianzas de la longitud de la espiga dentro de las Familias M_3 . Las áreas negras de las columnas representan la proporción del material de las familias de las cuales hubo líneas en la generación M_4 con mejor rendimiento.

El objeto principal de la generación M_3 fue el de aumentar suficiente semilla de las líneas seleccionadas para poder llevar a cabo en la Generación M_4 los ensayos

CUADRO 7
 Varianzas de la longitud de la espiga en las generaciones M_2 - M_3 de las familias que fueron seleccionadas para los ensayos de rendimiento de la M_4 .

SUB-GRUPO	GRUPO I			GRUPO II			CONTROL		
	Fami- lia	Varianza de la longitud de la espiga en	M_2	Fami- lia	Varianza de la longitud de la espiga en	M_2	Fami- lia	Varianza de la longitud de la espiga en	M_2
1	777	1.36	2.80	301	0.60	1.85	1979	0.68	1.75
	49	1.20	2.73	908	0.60	0.50	1975	0.54	0.90
	139	1.30	2.35	501	0.60	1.71	1981	0.50	0.69
	299	1.24	1.35	71	0.62	2.15	1974	0.56	1.11
	887	1.22	2.45	618	0.66	0.62	1977	0.36	1.24
	575	1.18	2.41	229	0.66	2.13	1972	0.40	0.81
	815	1.22	0.86	664	0.60	1.91	2002	0.60	2.07
	605	1.18	2.27	983	0.62	2.01	1988	0.48	1.21
							1975	0.74	2.57
							2007	0.68	2.54
2	1476	1.30	10.38	135	0.68	3.04			
	1543	1.30	6.09	1055	0.68	5.35			
	412	1.22	6.07	732	0.70	4.73	1999	1.06	4.56
	1922	1.64	6.17	332	0.68	4.69	1983	0.96	5.11
	292	1.40	5.00	724	0.68	7.55	1984	1.12	3.97
	339	1.42	3.46	451	0.69	5.59	1986	0.60	3.48
	345	1.36	5.82	31	0.72	5.20	1991	0.76	6.16
	198	1.56	3.78	1051	0.70	9.18	1987	0.62	5.22

necesarios en las componentes de la producción de mayor interés. Pero como en la M_4 no todo el material descendiente de la M_3 podía ser probado en cuanto a su rendimiento, debido a limitaciones de carácter técnico, fue necesario hacer después de la cosecha de la M_3 una nueva reducción del material. Primeramente de las 200 familias seleccionadas se desecharon 75, 44 del Grupo I y 31 del Grupo II, las cuales habían segregado mutantes drásticos. Además se desecharon 36 familias cuyas 10 líneas no tuvieron el mínimo de 800 semillas necesarias para los ensayos de rendimiento de la M_4 . Pero tampoco todas las 89 familias restantes pudieron ser probadas en cuanto a su rendimiento. Para poder reducir estas 89 familias a un número que se pudiera manejar se hizo primero una prueba de los grupos seleccionados en la M_2 , encontrándose que las varianzas de la longitud de la espiga de las líneas del Grupo I ($S^2 = 4.73$, G.L. = 369) y de las líneas del Grupo II ($S^2 = 4.40$, G.L. = 585) no se diferenciaban significativamente, pero sí, ambas de las del control ($S^2 = 2.27$, G.L. = 310). Esto significó que la división en dos grupos de selección en relación a las varianzas de la longitud de la espiga no condujo a los mismos resultados en la M_3 . Por ello no se hizo una nueva selección en base a la varianza de la longitud de la espiga, sino sencillamente se tomó una prueba representativa al azar. En total se seleccionaron 16 familias de cada grupo (cuadro 7). Las 16 familias seleccionadas se dividieron en dos subgrupos, el subgrupo 1 constaba de 8 familias cuyas varianzas de la longitud de la espiga en la M_3 eran 3 veces inferiores al valor de las varianzas de las mismas familias en la M_2 y el subgrupo 2 constaba de 8 familias cuyas varianzas eran 3 veces superiores a las varianzas de las mismas familias en la M_2 . En el control se encontraron para el subgrupo 2 sólo 6 familias, así es que para el subgrupo 1 tuvieron que seleccionarse 10 familias.

4. La Generación M_4

El ensayo de rendimiento en la generación M_4 tuvo por finalidad probar el éxito de la selección temprana en base a la varianza de la longitud de la espiga respecto a la variabilidad inducida en los componentes de la población.

Comparando primeramente en la M_4 las varianzas de la longitud de la espiga de las líneas dentro de las familias, se pueden observar diferencias significativas entre los Grupos I y II, así como entre los grupos y el control. Estas diferencias corresponden a las observadas en la M_2 (cuadro 8).

El éxito del tratamiento mutagénico se manifiesta en las varianzas de los componentes de la producción: número de tallos con espigas/m², peso de mil semillas, número de espiguillas y la producción total, los cuales fueron determinados en las líneas dentro de las familias (cuadro 8, C). En todos los casos las varianzas de los Grupos I y II fueron mayores a las del control. Entre los Grupos I y II se observa solamente una diferencia significativa en el carácter número de espiguillas. En los otros caracteres no hubo diferencias significativas entre estos grupos a pesar de que el Grupo I, excepto para el carácter producción total, presentó mayores varianzas.

Las 16 familias M_3 seleccionadas en cada grupo (I, II, Control) se dividieron en dos subgrupos con diferentes varianzas de la longitud de la espiga (ver cuadro 7). El análisis de varianza de estos subgrupos (cuadro 9) muestra en los tres casos que

CUADRO 8

Varianzas (S²) de los caracteres: producción total (dz/ha),¹ número de tallos/m.², peso de 1 000 semillas (g), número de espiguillas y longitud de la espiga (cm.) de los grupos seleccionados I, II y Control en la generación M₄.

Componentes de la variación	G. L.	Producción Total	Número de tallos/m. ²	Peso de 1 000 semillas	Número de espiguillas	Longitud de la espiga
T o t a l	1 439					
T o t a l			Unidades principales (a)			
Repeticiones	8	1 661.72	249 222.08*	322.63*	403.99	29.90**
Grupos I, II y Control	2	963.81	34 472.76	950.96**	5.81	4.98
Error (a)	4	425.33	20 777.15	25.23	26.61	1.17
T o t a l	135		Subunidades (b)			
Entre familias						
dentro de grupos	45	250.01**	25 034.44**	87.72**	4.93**	1.52**
Dentro del Grupo I	15	334.01**	38 812.66**	106.40**	2.88**	2.34**
Dentro del Grupo II	15	191.31**	31 213.37**	91.10**	10.60**	1.67**
Dentro del Control	15	224.72**	5 077.29	65.66**	1.42	0.56
Error (b)	90	79.73	11 598.07	18.01	0.99	0.27
T o t a l	1 296		Sub-subunidades (c)			
Entre líneas						
dentro de familias	432	22.45**	3 695.17**	10.26**	0.47**	0.30**
Dentro de familias del grupo I	144	25.23**	4 969.78**	13.61**	0.71**	0.50**
Dentro de familias del grupo II	144	28.12**	4 540.27**	11.41**	0.47**	0.33**
Dentro de familias del Control	144	14.00**	1 575.47	6.04**	0.24**	0.06**
Error (c)	864	10.77	2 206.13	6.00	0.12	0.05

* P = 0.05.
** P = 0.01.

¹ dz = unidad alemána que equivale a 100 kg.

las varianzas de la longitud de la espiga en la M_4 siempre fueron mayores en el segundo subgrupo que en el primero. Para todos los caracteres de la producción considerados, los subgrupos del control tuvieron en su mayoría varianzas significativamente menores a las de los otros subgrupos. Dentro de los Grupos I y II las varianzas de las componentes de la producción no estuvieron correlacionadas con las respectivas varianzas de los subgrupos. De lo anterior se deduce que de haberse hecho en la M_3 una nueva selección en base a la varianza de la longitud de la espiga, no se hubiera tenido ningún éxito. Nuestra selección de una prueba representativa al azar se mostró como más adecuada.

CUADRO 9

Análisis de varianza de los subgrupos (1 y 2) de los grupos seleccionados I y II y del control (C) en la generación M_4 (grados de libertad para cada subgrupo = 72)

Carácter	Grupo	Sub-grupo	\bar{X}	$S \bar{x}$	S^2	Prueba de F de las varianzas				
Longitud de la espiga	I	1	10.51 ± 0.07	0.41	I ₁	+	II ₁	C ₁	C ₂	
		2	10.37 ± 0.09	0.58			I ₂	+	+	+
	II	1	10.36 ± 0.04	0.15	II ₂	+	+	+	+	
		2	10.24 ± 0.08	0.51						
	C	1	10.30 ± 0.02	0.05	C ₂					
		2	10.18 ± 0.03	0.09						
Producción total	I	1	17.06 ± 0.63	32.61	I ₁	+	I ₂	C ₁	C ₂	
		2	16.06 ± 0.47	17.86						
	II	1	17.76 ± 0.57	26.45	II ₁	+	+	+	+	
		2	13.99 ± 0.61	29.80						II ₂
	C	1	20.05 ± 0.39	12.69						
		2	17.15 ± 0.43	15.31						
Número de tallos/m ²	I	1	347.72 ± 9.07	6591.17	I ₁	+	I ₂	II ₁	C ₁	C ₂
		2	334.03 ± 6.46	3348.39						
	II	1	378.02 ± 5.97	2858.28	II ₁				+	+
		2	330.90 ± 8.81	6222.26						
	C	1	358.28 ± 4.09	1339.59						
		2	354.63 ± 4.75	1811.33						
Peso de 1,000 semillas	I	1	28.59 ± 0.42	14.45	I ₁	+	II ₁	C ₁	C ₂	
		2	29.92 ± 0.39	12.21						I ₂
	II	1	30.34 ± 0.32	8.42	II ₁			+		
		2	29.68 ± 0.41	14.40						II ₂
	C	1	32.64 ± 0.25	5.00						
		2	33.33 ± 0.29	7.07						

(Continuación cuadro 9)

Carácter	Grupo	Sub-grupo	\bar{X}	$S\bar{x}$	S^2	Prueba de F de las varianzas			
						II_1	C_1	C_2	
Número de espiguillas	I	1	18.13 ± 0.09		0.65	I_1	+	+	+
		2	17.94 ± 0.10		0.76	I_2	+	+	+
	II	1	18.32 ± 0.07		0.36	II_1		+	
		2	17.95 ± 0.08		0.59	II_2	+	+	+
	C	1	18.38 ± 0.05		0.18				
		2	18.13 ± 0.06		0.30				

En el cuadro 10 se pueden observar los valores medios de la producción total y de sus componentes en los tres grupos de comparación. Comparativamente a los valores de la M_1 y M_2 se observa una clara elevación de estos valores en los grupos seleccionados I y II (comparar cuadros 1 y 4). Pero también en la M_4 permanecen todos los valores medios abajo de los del control, aunque las diferencias no son significativas. En todos los grupos se encontraron líneas con una producción superior a la de control (1 800 kg/ha). En el grupo I fueron cinco; en el grupo II, dos, y en el control diez. El cuadro 11 muestra una elevación en la producción de las dos mejores líneas del grupo I de 47 y 42%, la mejor del grupo II de 30%, y para la mejor línea del control de 35%. Las cuatro mejores líneas del grupo I sobrepasan a la mejor del control, la primera en 12% y las siguientes en alrededor de 7%.

CUADRO 10

Valores medios de la longitud de la espiga y de los componentes de la producción en la generación M_4

Variantes	Producción dz/Ha.	Número de tallos/m. ²	Peso de 1 000 semillas g.	Número de espiguillas	Longitud de la espiga (cm.)
Grupo I	16.56	340.88	29.22	18.03	10.44*
Grupo II	15.88	354.46	30.01	18.14	10.30
Control	18.60	356.46	31.98*	18.25	10.24
DMS 5% =	3.69	25.82	0.89	0.30	0.19

Si se investiga para cada grupo de qué subgrupos procedieron las mejores líneas (figura 3), no se encuentra ninguna dependencia. Así la mejor línea del grupo I procedió de una familia del subgrupo 2. De las dos mejores líneas del grupo II una procedió del subgrupo 1 y la otra del subgrupo 2. En el caso del control procedieron por cierto las mejores líneas de cuatro familias, de las cuales 3 pertenecen al subgrupo 1. Este resultado subraya la suposición escrita anteriormente, de que una nueva selección en la M_3 , en base a la varianza de la longitud de la espiga, hubiera sido desventajosa, puesto que en este caso no se hubieran tomado en cuenta las familias con grandes varianzas del grupo II y del control, de las cuales procedieron en la M_4 líneas con un rendimiento positivo.

Las mejores 15 líneas en producción total se presentan en el cuadro 11; también se presenta el carácter longitud de espiga y los 3 caracteres principales que contribuyeron a esa producción: número de tallos/m², peso de mil semillas y número de espiguillas. De ello se desprende que la superioridad de las líneas se originó de diferentes maneras. La mejor línea en producción, Nr. 144, alcanzó su alta producción debido a una elevación drástica del peso de 1000 semillas, la segunda, Nr. 2553, mediante una elevación del número de tallos por m². En ninguna línea del grupo I se observó una elevación del número de espiguillas, a pesar de que la selección, de la que salió este grupo, se hizo en base a la varianza de la longitud de la espiga. Mientras que en el control la superioridad de algunas líneas se debió a una elevación más o menos pareja en las diferentes componentes de la producción, en los dos grupos tratados la elevación del rendimiento de algunas líneas se debió a la mejora de dichos factores, pero en forma individual. Esta desviación de los componentes de la producción no solamente demostró la naturaleza mutativa de los cambios inducidos, sino que abrió al mismo tiempo nuevas posibilidades para un programa de cruzamiento.

CUADRO 11

Componentes de la varianza y longitud de la espiga de las mejores 15 líneas de los grupos I, II y control en la generación M₄, relativo al valor medio (\bar{X}) del control

DESCRIPCIÓN	Producción	Número de	Peso de	Número	Longitud
Familia	Línea	dz/ha	1000	de espiguillas	de la espiga
			semillas		
GRUPO I					
345	144	147**	110	123**	98
345	2553	142*	122*	98	101
345	141	136*	122*	106	102
345	2552	135*	115	105	101
345	142	131*	118	102	102
345	2555	122	112	108	98
345	143	121	111	101	98
345	145	121	94	103	99
605	2510	119	105	98	98
345	2551	119	101	102	98
605	418	118	110	98	99
575	318	117	97	98	101
345	2554	117	90	101	99
815	2477	117	102	92	101
815	2479	116	111	94	99
GRUPO II					
71	3202	130*	116	102	99
1051	3279	128*	109	110	99
908	3207	128	118	108	105
664	3131	127	115	100	107
71	3204	123	116	108	101
983	2945	120	90	104	104
908	594	120	110	99	103
1051	3280	119	108	106	102
618	3033	118	117	94	102
732	2771	118	89	104	100
664	3133	113	115	102	102
501	2940	113	89	91	100
983	2944	113	86	91	104
229	2906	113	107	100	102
1051	729	112	106	110	101

(Continuación cuadro 11)

DESCRIPCIÓN		Producción dz/ha	Número de tallos/m ²	Peso de 1 000 semillas	Número de espi- gullas	Longitud de la espiga
Familia	Línea					
CONTROL						
1977	600	135*	106	108	103	102
1981	49	131*	199	101	103	101
1981	2658	130*	99	105	102	99
1987	2499	130*	103	102	96	98
1977	3047	130*	101	104	100	99
1981	48	129*	102	108	102	100
1977	598	129*	102	109	100	100
1981	50	129*	113	101	102	101
1972	1000	129*	103	94	100	100
1981	2697	129*	104	105	102	99
1987	248	127	91	102	101	99
1972	997	127	112	97	100	98
1974	1099	124	108	104	102	103
1977	3049	124	110	102	105**	102
1987	249	123	108	105	99	102
X Control:		18.60dz/ha	356.46/m ²	31.98 g	18.25	10.24 cm
DMS*t 0.05		5.23	75.19	3.92	0.5488	0.3528
DMS**t 0.05		6.88	98.81	5.15	0.7196	0.4636

Finalmente se muestran algunas observaciones sobre las 15 mejores líneas. El cuadro 12 muestra el tiempo hasta la floración, y el de la floración a la madurez. Las líneas del grupo I y II florecieron en promedio 1 a 5 días más tarde que los del control. Por otra parte las líneas del grupo I, respecto a las del control, requirieron 1.5 días más de la floración a la madurez. Es por lo tanto de pensarse que el mayor rendimiento de las líneas del grupo I se pudo deber a esa prolongación de su periodo vegetativo.

CUADRO 12

Relación entre el tiempo hasta la floración y de la floración hasta la maduración en las 15 líneas mejores de los grupos I, II y del control

Familia	DESCRIPCIÓN Línea	Tiempo hasta la floración (días)	Tiempo de floración a maduración (días)
GRUPO I			
345	144	66.00	60.00
345	2 553	66.67	60.67
345	141	66.67	58.67
345	2 552	66.67	60.00
345	142	67.33	59.33
345	2 555	67.33	59.33
345	143	66.63	60.00
345	145	67.33	59.33
605	2 510	67.33	60.67
345	2 551	68.67	58.67
605	418	67.33	60.00
575	318	66.67	58.67
345	2 554	66.67	59.33
815	2 477	67.33	60.00
815	2 479	68.00	60.00

AGROCIENCIA

(Continuación cuadro 12)

DESCRIPCION		Tiempo hasta la floración (días)	Tiempo de floración a maduración (días)
Familia	Línea		
GRUPO II			
71	3 202	66.67	58.67
1 051	3 279	67.33	58.67
908	3 207	65.33	59.33
664	3 131	70.67	55.33
71	3 204	66.00	60.33
983	2 945	68.67	60.67
908	594	66.67	58.00
1 051	3 280	67.33	56.00
618	3 033	65.33	58.00
732	2 771	66.00	62.00
664	3 133	70.00	54.00
501	2 940	66.67	58.67
983	2 944	68.60	59.33
229	2 906	67.33	58.67
1 051	729	67.33	57.33
CONTROL			
1 977	600	64.67	58.00
1 981	49	64.67	58.67
1 981	2 698	65.33	58.67
1 987	2 499	66.67	57.33
1 977	3 047	66.00	56.56
1 981	48	65.33	59.33
1 977	598	64.67	57.33
1 981	50	65.33	58.67
1 972	1 000	66.67	57.33
1 981	2 697	66.00	58.67
1 987	248	66.00	58.67
1 972	997	66.00	59.33
1 974	1 099	66.00	58.00
1 977	3 049	66.00	57.33
1 987	249	66.67	58.00
Control : \bar{X} =		67.11	59.60
Grupo II: \bar{X} =		67.33	58.30
Grupo I: \bar{X} =		65.70	58.10

Discusión

Debido al origen anfidiplóide del trigo, muchos de sus genes se encuentran en más de una doble dosis. Por ello, después de un tratamiento mutagénico, las mutaciones producidas permanecen mucho tiempo enmascaradas por los alelos dominantes duplicados. Teóricamente, una mutación recesiva, en seis loci homólogos, se espera cuando más temprano en la generación M_4 .

Conforme a esto todas las investigaciones comparativas de la frecuencia de mutaciones en trigos diploides, tetraploides y hexaploides, que, han demostrado que el promedio de, por ejemplo, mutaciones clorofilicas baja al aumentar el grado de ploidía (Stadler, 1929; Fröier, 1946; Smith, 1950; Natarajan, Sikka y Swaminathan 1958; Mac Key, 1958; Kao y Caldecott, 1966) (28) (8) (27) (21) (20) (18). Mac Key (1958) (20) encontró en sus investigaciones con radiaciones, rayos Röntgen y neutrones, 295 mutaciones clorofilicas en trigos diploides, 191 en tetraploides y 11 en hexaploides. El caso contrario se observó, con respecto al número de muta-

ciones drásticas, debidas a aberraciones cromosómicas. Mac Key (1958) (20) reporta para los diploides 11 mutantes semejantes, 20 para los tetraploides y 716 para los hexaploides. Este resultado se aclara fácilmente como consecuencia del mayor número de cromosomas, donde la posibilidad de los "encuentros" y las posibilidades de sobrevivencia de formas aberrantes se eleva.

La frecuencia de las mutaciones drásticas en nuestro experimento correspondió a la solución aplicada de EMS, sin embargo, no es posible hacer una declaración sobre qué cantidad de substancia fue activa en las semillas tratadas. La cantidad de mutaciones drásticas en la serie B fue de 8.5% y en la serie A de 6.3%. Muchos de estos mutantes drásticos tienen su origen en perturbaciones cromosómicas. Aquellas que se deben a la pérdida de cromosomas completos presentan fenotipos que también se encuentran entre los 21 diferentes nulisómicos del trigo (véase Sears, 1953) (26). Con semejantes deleciones es prácticamente imposible realizar un programa progresivo de mejoramiento con mutaciones. Sin embargo, es imaginable que en trigos hexaploides una dosis de cuatro o seis para muchos genes puede ya haber rebasado la función óptima, así es que una inactivación de alelos individuales pudiera ser ventajosa. Por otra parte, las mutaciones en trigo no solamente son producidas por deleciones. Rao y Sears (1964) (22) pudieron probar en trigo, que un tratamiento con EMS puede originar nuevos genes.

Estos autores utilizaron en sus experimentos con EMS líneas monosómicas del trigo de verano (Chinese Spring). Su creencia de que mutaciones de tipo recesivo podrían presentarse en los cromosomas monosómicos en la M_1 no fue atinada, debido a la duplicación de los genes en otros cromosomas. Así el gen recesivo V (*Neatbys virescens*) en el cromosoma 3B no se reconoce en estado homocigótico, ya que el gene dominante V se encuentra duplicado en los cromosomas homeólogos 3A y 3D. Rao y Sears (1964) (22) encontraron en diferentes trigos monosómicos, después de un tratamiento con EMS, fenotipos con sectores que se atribuyeron en las generaciones posteriores a mutaciones producidas. Estos mutantes mostraron en su mayoría fenotipos que no son conocidos entre los monosómicos y tetrasómicos del trigo, es decir que no se debieron a una pérdida de cromosomas; por otra parte, estos fenotipos no se han encontrado después de un tratamiento con rayos Röntgen. Más bien se trata aquí de cambios de loci individuales a una función que es librada de la duplicación de sus alelos duplicados en los cromosomas homeólogos. Esta posibilidad de que un incontable número de alelos muten a "nuevos genes" y aumenten en esta forma el contenido hereditario, parece ser especialmente interesante para emprender programas de mejoramiento mediante mutaciones en trigos hexaploides.

En el presente trabajo el interés principal fue la variabilidad genética inducida en caracteres de la producción mediante el tratamiento con EMS. Primeramente fue notorio que en el material tratado las varianzas de los caracteres fueran en la mayoría de los casos mayores, mientras que los valores medios fueron menores que los del control. (Véase a Scossiroli, 1965; Borojevic, 1965; 1966a; Brock, 1965; Gaul, 1966a) (24) (4) (5) (7) (11). Semejante disminución de los valores medios bajo un aumento de las varianzas, se debe con seguridad a una mayor frecuencia de las "micromutaciones" en sentido negativo. Así describen Rawlings, Hanway y

Gardner (1958) (23), que la variabilidad de la producción en soya fue negativa después de un tratamiento mutagénico. También Gaul (1966a) (11) encontró micromutaciones en la M_3 y M_4 , principalmente en sentido negativo. Sin embargo, estas variantes indeseables pueden ser eliminadas en las generaciones posteriores y en esta forma se aumenta el valor medio. En nuestro experimento los caracteres de la producción alcanzaron en la M_4 el valor medio del control. Esta selección se debió a que muchas familias se habían eliminado por no haber tenido suficiente semilla para la siembra de la M_4 .

Borojevic (1965) (4) mostró que en la M_5 la mayoría de las líneas tenían un valor medio tan grande como el del control. La misma autora (1966a) (5) encontró en la M_7 que los valores medios para los caracteres altura de planta y número de granos para algunas líneas eran cuando menos tan grandes como los del control, mientras que el valor medio para el carácter número de tallos fue mucho muy bajo. Scossiroli (1965) (24) señaló el motivo de la elevación de los valores medios en los caracteres de la producción, del material tratado a través de las generaciones, como una consecuencia de la eliminación de factores letales mediante la autofecundación.

La mayor variabilidad del material tratado, en la M_2 , en comparación con el control, fue la primera indicación de que a través del tratamiento mutagénico se habían producido cambios en el material genético; sin embargo, la variabilidad genética en esta M_2 , no fue posible separarla de la debida al efecto del medio ambiente. Es cierto que algunos autores han tratado de separar esta variabilidad en la M_2 mediante la determinación de la variabilidad fenotípica dentro de una misma planta. En el tabaco Wittmer (1961) (29) utilizó el carácter longitud de la flor como medida de la variación debida al medio ambiente, pero este método conduce sólo a valores aproximados y además no es aplicable a cada especie vegetal ni al caso particular del trigo.

Para tener éxito en la utilización de la variabilidad inducida es necesario saber cuándo y en qué forma debe hacerse la selección de los caracteres deseables. En la generación M_2 la población es tan grande que se requiere de una primera reducción del material, pero se debe tomar en cuenta que todos aquellos caracteres poligénicos que no se pueden manifestar en esta generación, también estén contenidos en la población (Brock, 1965) (7). Debido a estas dificultades la selección generalmente se ha hecho o bien al azar o bien seleccionando aquellas plantas aparentemente normales, y la selección directa, es decir, sobre un carácter específico de la producción, se lleva a cabo cuando más temprano en la generación M_3 (Gaul y Mittelstenschid (1960) (14). Así seleccionaron Gregory (1955) (16) en la M_3 en base a producción de grano en cacahuate; Gaul y Mittelstenschid (1961) (15) en cebada, y Bhatia y Swaminathan (1962) (3) en base al número de tallos en la M_4 . En cebada condujo Gaul (1966a) (11) en la M_4 y M_5 una selección a diferentes presiones de selección en base a rendimiento en grano. En todos los casos se reportaron resultados positivos.

La selección en generaciones posteriores es más eficaz ya que la homocigosis de las variantes inducidas es mayor y consecuentemente se tiene una amplitud mayor de variación. Por ello la selección en la M_3 siempre fue de mayor éxito que

en la M_2 (Gaul, 1958; Abrams y Frey, 1964; Scossiroli y colaboradores 1966) (10) (1) (24). También en nuestro material fue mayor la variabilidad de la longitud de la espiga en la M_3 que en la M_2 (véanse Figs. 1 y 2). Del mismo modo mostró Borojevic (1966a) (5) en trigo, que la variabilidad genética inducida aumentó progresivamente de la M_2 a la M_7 .

En la literatura se encuentran varios ejemplos de selección en la M_2 . Gaul y Mittelstenscheid (1961) (15) seleccionaron en cebada en base al tamaño del grano o sea, el peso de mil semillas; Rawlings, Hanway y Gardner (1958) (23) en soya, en base al número de granos. Borojevic (1965, 1966a) (4) (5), quien seleccionó en trigo en base a alto número de granos de la espiga principal, reporta que más tarde el número de tallos fue insatisfecho. Aquí se comprueba el temor de Brock (1965) (7) de que bajo semejante selección temprana no pueden tomarse en cuenta todos los factores de la producción. Debido a ello se propuso una selección temprana para rendimiento considerando *caracteres indicadores* que tuvieran en lo posible poca influencia en los caracteres de interés. Gaul y Mittelstenscheid (1961) (15) seleccionaron en cebada en la M_2 y M_3 mutantes precoces; Li y colaboradores (1961) (19) eligieron en arroz en la M_2 mutantes erectoides o bien precoces con panojas grandes y un gran número de tallos; Bhatia y Swaminathan (1962) (3) y Borojevic (1966b) (6) seleccionaron en trigo en la M_2 y M_3 mutantes aristados.

En la investigación presente se probó un tercer método, a saber, una selección en la M_2 en base a la varianza fenotípica dentro de la familia. Para la estimación de esta varianza se eligió aquí un carácter —la longitud de la espiga del tallo principal— que en relación a la producción fue bastante indiferente. Se encontró que con la variabilidad de la longitud de la espiga, también variaban los caracteres de la producción. El grupo I con varianzas mayores en la longitud de la espiga, tenía también significativamente mayores varianzas en los caracteres de la producción, comparativamente al grupo II cuyas varianzas de la longitud de la espiga eran parecidas a las del control. Este hecho mostró que con la selección de las varianzas de la longitud de la espiga, también se seleccionó gran variabilidad en los caracteres de la producción. También en la M_3 la variabilidad de los caracteres de la producción, número de espigas y peso de grano, fue significativamente mayor en el grupo I que en el grupo II. A pesar de que los grupos seleccionados I y II en la M_3 no se diferenciaban significativamente en sus varianzas de la longitud de la espiga, permanecieron en la M_4 altas varianzas en los caracteres de la producción aun después de haber reducido el material tomando una muestra representativa al azar.

El mayor rendimiento observado en las líneas provenientes del material tratado, se debió por una parte a un alto peso de mil semillas (línea Nr 144) y por otra parte a un alto número de tallos (línea Nr 2 553) (véase el cuadro 11).

En ningún caso se observó una elevación del número de espiguillas por espiga, a pesar de que la selección se llevó a cabo en la M_2 en base al carácter longitud de la espiga. Este resultado demuestra ampliamente que nuestra selección, como se intentó, no se hizo en base a longitud de la espiga como tal, sino simplemente en base a la varianza de la misma. De ninguna manera se quiere hacer a un lado el hecho de que también en el material no tratado, debido a la selección hecha, se observó una mejoría en la producción de algunas líneas. El motivo de este mejo-

ramiento se puede observar en el cuadro 11 y se debió a una participación en la producción de todos los componentes de la producción. El hecho de que en las líneas tratadas el mejor rendimiento de ellas se haya debido a la mayor contribución de alguno de los componentes de la producción, es una muestra palpable de su origen mutativo. Esta mayor contribución individual de alguno de los caracteres de la producción abre nuevas posibilidades para un programa de cruzamiento. En esta forma es posible que la cruce de la línea Nr 2 553 con gran número de tallos con la línea Nr 144 con gran peso de 1 000 semillas pueda elevar aún más la producción.

Bibliografía

1. ABRAMS, R., y J. K. FREY. *Variation in quantitative characters of oats (Avena sativa L.) after various mutagen treatments*. Crop. Sci. (4): 163-168. 1964.
2. BAUR, E. *Untersuchungen über das Wesen, die Entstehung und die Vererbung von Rassenunterschieden bei Antirrhinum majus*. Bibl. Genet. (4): 1-170. 1924.
3. BHATIA, C. R. y M. S. SWAMINATHAN. *Induced polygenic variability in bread wheat and its bearing on selection procedures*. Z. Pflanzenzüchtg. (48): 317-326. 1962.
4. BOROJEVIC, K. *The effect of irradiation and selection after irradiation on the number of kernels per spike in wheat*. En: The use of induced mutations in plant breeding. Rep. FAO/IAEA Techn. Meet., Rome, 505-513. Pergamon Press, Oxford. 1965.
5. ———. *Studies on radiation-induced mutations in quantitative characters of wheat (Triticum vulgare)*. Mutations in plant breeding. Rep. FAO/IAEA, Vienna, 15-38. 1966a.
6. ———. *Study of quantitative characters of bearded mutation in wheat induced by irradiation*. En: Induzierte Mutationen und ihre Nutzung. Erwin-Baur-Gedächtnis-Vorlesung IV, Gatersleben, 199-205. Akademie-Verlag, Berlin. 1966b.
7. BROCK, D. R. *Induced mutations affecting quantitative characters*. En: The use of induced mutations in plant breeding. Rep. FAO/IAEA Techn. Meet., Rome, 451-464. Pergamon Press, Oxford, 1965.
8. FRÖIER, K. *Genetical studies on the chlorophyll apparatus in oats and wheat*. Hereditas (32): 297-406. 1946.
9. GAUL, H. *Stand der Mutationsforschung und ihre Bedeutung für die praktische Pflanzenzüchtung*. Arb. DLG (44): 54-71. 1956.
10. ———. *Present aspects of induced mutations in plant breeding*. Euphytica (7): 275-289. 1958.
11. ———. *Züchterische Bedeutung von Kleinmutationen*. I. Durch Röntgenstrahlen induzierte Variabilität von Kornertrag, Korngröße und Vegetationslänge bei der Gerste Haisa II. Z. Pflanzenzüchtg. (55): 1-20. 1966a.
12. ———. *Studies on Populations of micro-mutants in barley and wheat without and with selection*. En: Induzierte Mutationen und ihre Nutzung. Erwin-Baur-Gedächtnis-Vorlesung IV, Gatersleben, 269-281. Akademie-Verlag. 1966b.
13. ———, K. BENDER, E. ULONSKA, y M. SATO. *EMS induced genetic variability in barley. The problem of EMS-induced sterility and a method to increase the efficiency of EMS treatment*. En: Mutations in plant breeding. Rep. FAO/IAEA, Vienna, 63-84. 1966.
14. ——— y L. MITTELSTENSCHIED. *Hinweise zur Herstellung von Mutationen durch ionisierende Strahlen in der Pflanzenzüchtung*. Z. Pflanzenzüchtg. (43): 404-422. 1960.
15. ——— y ———. *Untersuchungen zur Selektion von Kleinmutationen bei Gerste*. Z. Pflanzenzüchtg. (45): 300-314. 1961.
16. GREGORY, W. C. *X-ray breeding of peanuts (Arachis hypogaea L.)*. Agron. J. (47): 396-399. 1955.

17. HAARRING, R. y C. ZSCHEGE. *Mutationsauslösung durch Chemikalien bei Weizen*. II. Die induzierten Mutanen des "Koga II". *Z. Pflanzenzüchtg.* (48): 55-72. 1962.
18. KAO, FA-TEN y S. R. CALDECOTT. *Genetic effects of recurrent irradiation in diploid and polyploid Triticum species*. *Genetics* (54): 845-858. 1966.
19. LI, W. H., C. H. HU, W. T. CHANG y T. S. WENG. *The utilization of x-radiation for rice improvement*. En: *Effects of ionizing radiations on seeds*. Rep. FAO/IAEA, Vienna, 485-493. 1961.
20. MAC KEY, J. *Mutagenic response in Triticum at different levels of ploidy*. Proc. 1st Intern. Wheat Genet. Symp., Winnipeg, 88-111. 1958.
21. NATARAJAN, A. T., S. M. SIKKA y M. S. SWAMINATHAN. *Polyploidy, radiosensitivity and mutation frequency in wheats*. En: *Isotopes in agriculture*. Proc. 2nd U. N. intern. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy, Geneva, 321-331. 1958.
22. RAO, S. H. K. y E. R. SEARS. *Chemical mutagenesis in Triticum aestivum*. *Mut. Res.* (1): 387-399. 1964.
23. RAWLINGS, S. O., D. G. HANWAY y C. O. GARDNER. *Variation in quantitative characters of soybeans after seed irradiation*. *Agron. J.* (50): 524-528. 1958.
24. SCOSSIROLI, R. E. *Value of induced mutations for quantitative characters in plant breeding*. En: *The use of induced mutations in plant breeding*. Rep. FAO/IAEA Techn. Meet., Rome, 443-450. Pergamon Press, Oxford. 1965.
25. ———, D. L. PALENZONA y S. SCOSSIROLI-PELLEGRINI. *Studies on the induction of new genetic variability for quantitative traits by seed irradiation and on its use for wheat improvement*. En: *Mutations in plant breeding*. Rep. FAO/IAEA. 197-229. Vienna. 1966.
26. SEARS, E. R. *Nullisomic analysis of common wheat*. *Amer. Naturalist* (87): 245-252. 1953.
27. SMITH, L. *Effects of atomic bomb radiations and X-rays on seeds of barley, wheat and oats*. *J. Heredity* (41): 125-130. 1950.
28. STADLER, L. J. *Chromosome number and the mutation rate in Avena and Triticum*. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.* (15): 876-881. 1929.
29. WITTMER, G. *Nuovi dati sulla mutabilita polygenica indotta nel tabacco*. *Tabacco* (65): 701. 1961.