

MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE EXPANSION EN MAICES PALOMEROS

Por Raúl Robles S. y Ramón Covarrubias C.

Los resultados obtenidos en dos ciclos de selección recurrente para mejorar la capacidad de expansión de la variedad de maíz palomero Xaltepa I, seleccionando la semilla a través del método de densidad específica, han permitido comprobar que es factible aprovechar la correlación positiva existente entre el volumen de expansión de los granos y la densidad específica de los mismos.

Prácticamente todo el maíz palomero que se consume en México es importado. En lo que respecta a México, se puede decir que no se han llevado a cabo programas de mejoramiento formales en este tipo de maíz y las variedades introducidas por lo general muestran escasa adaptación a nuestras condiciones ecológicas.

Como uno de los primeros intentos para lograr variedades de maíz palomero de buena calidad en México, se proyectó el presente estudio con la idea básica de explorar las posibilidades de la utilización del método de selección recurrente que permitiera aprovechar ventajosamente la correlación positiva entre el volumen de expansión y la densidad específica de las semillas. La aplicación del método se hizo a una variedad sintética introducida "Xaltepa I" que muestra una regular capacidad de expansión de los granos y que se adapta a las condiciones ecológicas de la región de Chapingo, Edo. de México.

Revisión de literatura

El maíz palomero (*Zea mays* L., subespecie *verta*, Bailey), se caracteriza, según Clary (1954), por su endosperma duro y su tendencia a expandirse bajo efectos del calor. Varios investigadores han estudiado este fenómeno de expansión desde el punto de vista físico. Willier y Brunson (1927) opinan que las propiedades de expansión están estrechamente relacionadas con la proporción de almidón córneo. Eldredge y Lyerly (1943) y Brunson y Richardson (1948) indican que la expansión se debe a que la humedad contenida en el grano, al someterse al calentamiento, forma vapor y que al descargarse la presión repentinamente, causa la expansión. La versión más reciente emitida por Eldredge y Thomas (1959) es que la expansión se explica, no sólo por la explosión del grano, sino por millones de pequeñas explosiones que ocurren una en cada grano de almidón que revienta y se expande.

En pruebas de expansión del grano, desde el punto de vista genético, Brunson (1937), trabajando con 1,152 mazorcas de la variedad de maíz palomero Super Gold, encontró una distribución con tendencia a la normal en la que los granos de las mazorcas mejor conformadas dieron alrededor del doble del volumen de expansión. Esto sugiere un tipo de herencia cuantitativa. Grissom (1951) y otros investigadores concuerdan en que hay grandes efectos de aditividad. Este autor encontró 70% de heredabilidad para el carácter de expansión en dos cruzamientos

de maíces palomeros por dentados. Sprague (1955) observa que la variabilidad en expansión entre las mazorcas individuales de una variedad de maíz palomero de polinización abierta, es similar a otros casos bien conocidos de herencia cuantitativa controlada por muchos genes.

En trabajos de investigación con maíces palomeros, varios investigadores han informado que existe correlación entre la capacidad de expansión y diversos caracteres; entre éstos, Willier y Brunson (1927) encontraron una correlación positiva ($r = 0.38$) entre el volumen de expansión y el número de granos en 25 c.c. Lyerly (1942) encontró correlación positiva ($r = 0.26$) entre volumen de expansión y densidad específica. Grissom (1951), al cruzar palomero con dentado y retrocruzando con palomero, obtuvo correlación positiva ($r = 0.171$) entre volumen de expansión y densidad específica. Brunson (1937) consigna que por selección en masa se incrementó la expansión de 19 volúmenes originales a 26 en 6 años, o sea una ganancia de 7 volúmenes. Finalmente, Weaver y Thompson (1957) iniciaron en 1939 un tipo de selección recurrente, principiando con 201 mazorcas de una variedad de maíz palomero denominado "White Hulles". En total fueron 15 generaciones de selección para alta expansión, cambiando de 22.2 volúmenes originales a 35.8 al final del programa en 1953.

Materiales y métodos

La aplicación del método de mejoramiento en la variedad "Xaltepa I" consistió en seleccionar determinados porcentajes de granos de mayor o menor densidad, aumentar la semilla a través de cruza fraternal y repetir el ciclo.

Para poder aprovechar ventajosamente la correlación positiva entre la densidad específica del grano y su volumen de expansión, en un programa de selección recurrente, era indispensable encontrar un procedimiento que permitiera separar los granos por densidad sin dañar en lo más mínimo el poder germinativo de la semilla. Después de una serie de pruebas se encontró que el cloroformo (d.e. = 1.490) y el acetato de etilo (d.e. = 0.790) mezclados en diferentes proporciones, permitían la separación de los granos por diferencias de densidad específica, y sin dañar prácticamente la germinación.

Para realizar las pruebas de expansión se utilizaron muestras de 100 granos de tamaño uniforme, seleccionadas a través de mallas de los números 14 y 16. De la misma forma, y no obstante se había estandarizado el tamaño de los granos, se midió el volumen de cada muestra en centímetros cúbicos antes y después de la expansión.

Para obtener las selecciones deseadas por diferencias en densidad específica, se usaron dos buretas graduadas de 25 cc las que se acoplaron en frascos de un litro, de tal modo que se pudiera modificar fácilmente la densidad de la mezcla de cloroformo y acetato de etilo. La expansión se llevó a cabo en una olla de tipo comercial, especial para este propósito, exponiéndola a la flama de un quemador de gas y agitando constantemente. Posteriormente, se contó el número de granos que se expandieron, clasificándolos en: bien, regular y mal.

Siguiendo el procedimiento descrito, se hicieron selecciones para los propósitos siguientes:

1. Muestras de 100 granos del 5, 10, 25 y 50% de mayor densidad y otra serie igual para granos de menor densidad. Se incluyó la variedad Xaltepa I original como testigo. Cada muestra se sometió a expansión, con objeto de comprobar la correlación positiva densidad específica-capacidad de expansión.

2. Muestras de 60 granos del 5, 10, 25 y 50% de mayor densidad y otra serie para los granos de menor densidad. Se incluyó la variedad Xaltepa I original como testigo para efectuar el primer ciclo de selección recurrente. Estas selecciones fueron sembradas para aumento de fraternales completando así el primer ciclo de selección. El aumento se llevó a cabo en 1964. Parte de la semilla se utilizó para realizar pruebas de expansión y parte se reservó para efectuar el segundo ciclo de selección.

3. Muestras de 60 granos para selecciones del 5, 10, 25 y 50% de mayor a menor densidad, incluyendo a Xaltepa I original como testigo, para realizar el segundo ciclo de selección recurrente. Estas selecciones por densidad se sacaron de los aumentos del primer ciclo, repitiendo la misma presión de selección dentro de cada una de las selecciones planeadas. Este material fue sembrado en 1965 para su aumento por cruza fraternales. Se hicieron pruebas de expansión después del aumento.

Con el objeto de comparar el primero y segundo ciclos de selección recurrente, eliminando los posibles efectos del medio ambiente, se sembró en el mismo terreno y en la misma fecha, otro lote con semilla del primer ciclo de selección para aumento por cruza fraternales. En esta forma se cosechó simultáneamente semilla del primero y segundo ciclos de selección, desarrollada paralelamente bajo el mismo manejo y bajo las mismas condiciones ambientales. Después del aumento por cruza fraternales se hicieron las pruebas de expansión.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de expansión directa realizadas con las muestras de 100 granos que se utilizaron para comprobar la correlación entre la densidad específica y el volumen de expansión. El cálculo de esta correlación arrojó un valor de $r = 0.87$, altamente significativo. El contenido de humedad de los granos al momento de la expansión fue de alrededor del 8%. En dicho cuadro se observa un aumento progresivo de granos individuales que reventaron bien, así como un incremento progresivo con relación al volumen de expansión, a medida que las muestras corresponden a las selecciones de mayor densidad específica. Con el 5% de menor densidad se obtuvieron 10.5 volúmenes, con el testigo 13.3 volúmenes y con el 5% de mayor densidad 20.6 volúmenes. Con estas selecciones extremas se logró un progreso de 2.8 volúmenes en el sentido negativo y de 7.3 volúmenes en el sentido positivo.

El aumento por medio de cruza fraternales del primer ciclo de selección, al compararlo con el testigo desarrollado bajo las mismas condiciones y con el rango de expansión observado en las pruebas directas, nos da una clara idea de cómo

CUADRO 1

Pruebas de expansión directas en cada una de las selecciones de densidad en la variedad Xaltepa I, antes del aumento por fraternales, 1964

SELECCIONES DE DENSIDAD EN %		- 5	- 10	- 25	- 50	T	+ 50	+25	+ 10	+ 5
Granos indivi- duales	Bien.....	68	68	74	79	82	86	90	94	94
	Regular.....	9	22	16	16	13	10	6	2	3
	Mal.....	23	10	10	5	5	4	4	4	3
TOTAL DE GRANOS...		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Volumen de 100 granos(cc)		18	18	18	18	18	18	17	17	17
Volumen de expansión (cc)		190	200	220	230	240	240	260	340	350
Relación de expansión....		10.5	11.1	12.2	12.8	13.3	13.3	15.3	20.0	20.6

se conserva (heredabilidad) el carácter de expansión. El contenido de humedad en los granos al realizar las pruebas de expansión fue de 11.4%. Los resultados se muestran en el Cuadro 2.

La tendencia que muestran los datos del Cuadro 2 es similar a la de los datos del Cuadro 1. Se observa una mayor expansión en los datos del Cuadro 2; esto se puede atribuir a la diferencia en el contenido de humedad de los granos en el momento de realizar las pruebas de expansión. Lo más importante es comparar la expansión del testigo con las selecciones de mayor a menor densidad, antes y después del aumento por fraternales. Según los datos del Cuadro 2, al comparar el

CUADRO 2

Pruebas de expansión en selecciones por densidad después de un ciclo de selección recurrente, 1964

SELECCIONES DE DENSIDAD EN %		- 5	- 10	- 25	- 50	T	+ 50	+25	+ 10	+ 5
Granos indivi- duales	Bien.....	74	70	71	67	72	75	83	88	95
	Regular.....	19	22	29	30	23	25	17	12	5
	Mal.....	7	8	0	3	5	0	0	0	0
TOTAL DE GRANOS...		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Volumen de 100 granos(cc)		15	15	15	15	15	15	15	15	15
Volumen de expansión (cc)		325	300	360	305	360	400	440	440	460
Relación de expansión....		21.6	20.0	24.0	20.3	24.0	26.6	29.3	29.3	30.6

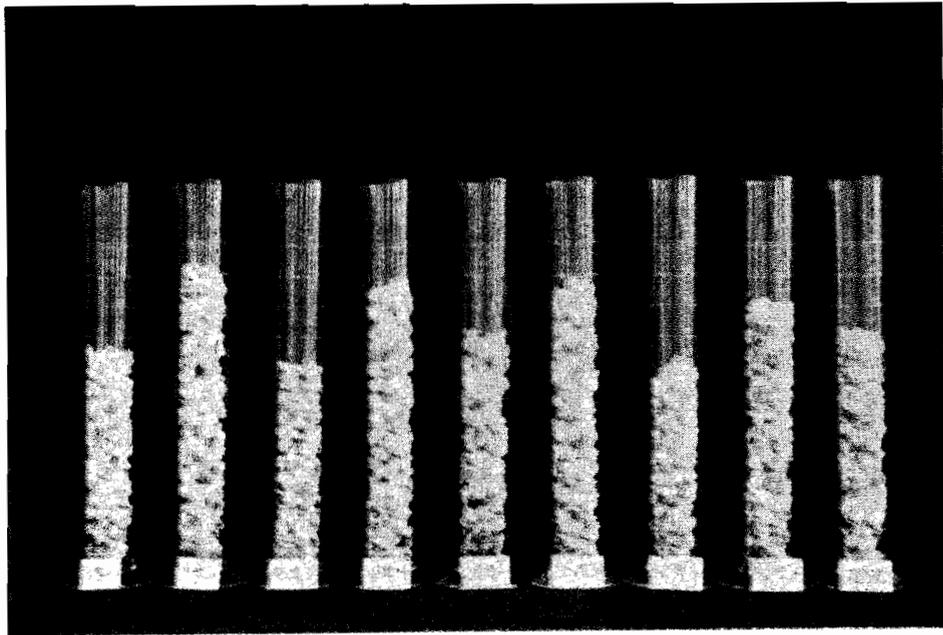


Figura 1. Diferencias en volumen de expansión entre las selecciones de densidad después de un ciclo de selección recurrente

5% de mayor a menor densidad, con el testigo, se lograron avances de 4.0 volúmenes en el sentido negativo y de 6.6 volúmenes en el sentido positivo; muy semejantes a los logrados en la expansión directa, lo cual nos indica una alta heredabilidad del carácter de expansión. El cálculo de la correlación para las selecciones de densidad aumentadas por fraternales y su relación de expansión, resultó con un valor de $r = 0.93$, altamente significativo.

Brunson (1937) cita que en 6 años de selección en masa se obtuvo una ganancia de 7 volúmenes. Aplicando el método cloroformo-acetato de etilo, se logró un progreso de 6.6 volúmenes en un solo ciclo (un año).

En la Figura 1 se observan las diferencias en volúmenes de expansión entre las selecciones de densidad específica, después de un ciclo de selección recurrente. Se utilizaron probetas de 500 cc en las que se colocaron muestras expandidas de 100 granos, de cada una de las selecciones.

En la Figura 2 se muestra la distribución de la expansión de las selecciones de densidad, para las muestras de expansión directa y para el primer ciclo de selección recurrente, incluyendo el testigo. En general, las trayectorias de las dos líneas son ascendentes y más o menos semejantes; esto sugiere buena heredabilidad del carácter de expansión y señala también que, a medida que se aumenta la presión de selección, se obtienen mayores avances. Las líneas no se sobreponen debido a que la condición física de los granos, principalmente por lo que se refiere al contenido de humedad, fue diferente.

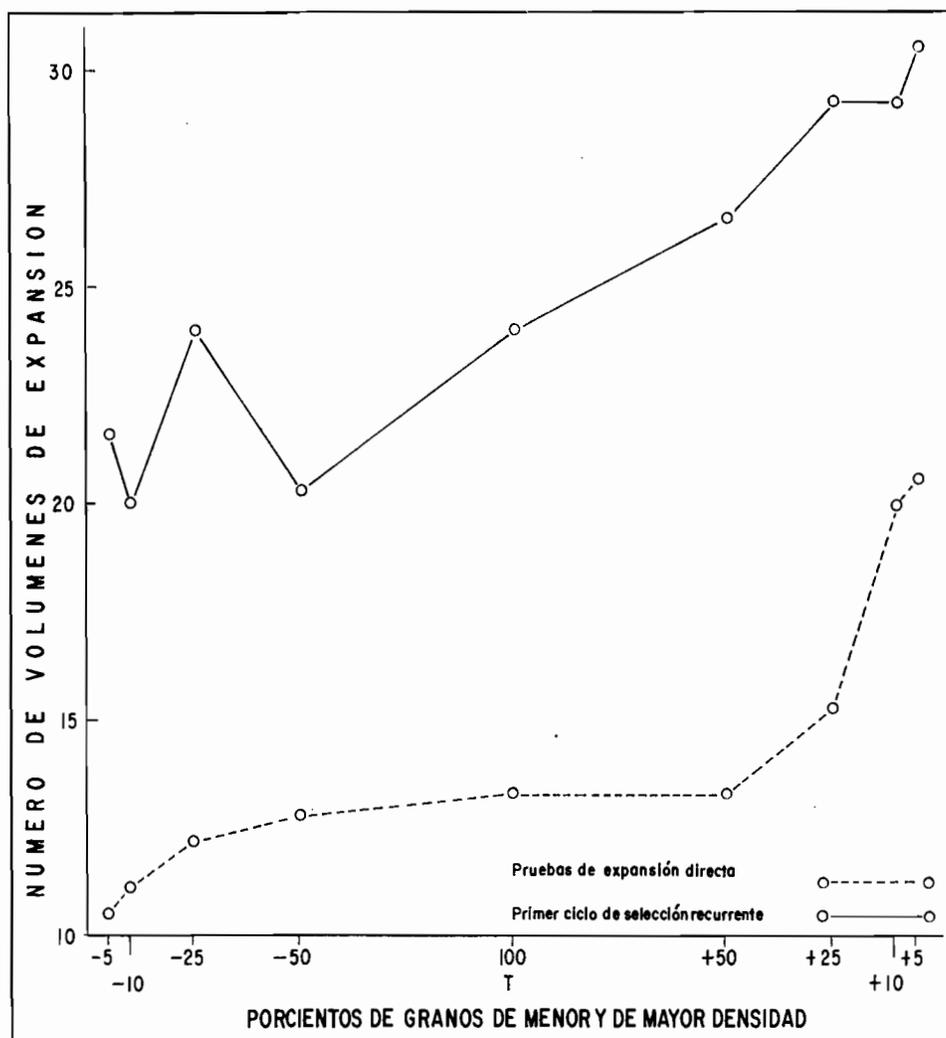


Figura 2. Gráfica mostrando las pruebas de expansión directa en las selecciones por densidad, así como las del primer ciclo de selección recurrente. La trayectoria de las dos líneas es ascendente, pero no se sobreponen debido a que ambas pruebas se hicieron con diferente contenido de humedad en los granos, 1964

Los resultados hasta aquí expuestos se basan solamente en una medición de la expansión en cada una de las selecciones de densidad. En el Cuadro 3 se muestran los resultados de expansión del segundo ciclo de selección recurrente. Los datos son promedios de 7 repeticiones. Las pruebas de expansión se realizaron con un contenido de humedad de 12.99%.

Los resultados del segundo aumento por cruza fraternales del primer ciclo de selección se presentan en el Cuadro 4. Los datos también son promedio de 7 repeticiones. Las pruebas de expansión se hicieron con humedad y promedio en los granos de 13.17%.

CUADRO 3

Pruebas de expansión en selecciones de densidad después de dos ciclos de selección recurrente, 1965

SELECCIONES DE DENSIDAD EN %		- 5	- 10	- 25	- 50	T	+ 50	+25	+ 10	+ 5
Granos indivi- duales	Bien.....	51.0	62.14	79.57	80.43	84.14	85.43	85.57	89.29	87.86
	Regular.....	33.71	28.71	17.00	17.57	13.71	12.57	12.14	9.86	10.00
	Mal.....	15.29	9.14	3.43	2.00	2.14	2.00	2.29	0.86	2.14
TOTAL DE GRANOS...		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Volumen de 100 granos(cc)		16.00	15.86	16.29	16.14	16.57	15.58	15.00	16.29	15.14
Volumen de expansión (cc)		205.7	255.0	337.1	360.7	386.4	389.3	394.3	480.0	442.9
Relación de expansión....		12.85	16.07	20.70	22.34	23.31	25.05	26.29	29.50	29.22

Los resultados de las pruebas de expansión del segundo ciclo de selección recurrente, expuestos en el Cuadro 3, al compararlos con los del segundo aumento por cruza fraternales del primer ciclo de selección presentados en el Cuadro 4, muestran en ambos casos un aumento progresivo desde las selecciones del 5% de menor densidad, hasta las selecciones del 5% de mayor densidad. En el segundo ciclo de selección recurrente, las diferencias en volúmenes de expansión son un poco más acentuadas entre las selecciones de menor a mayor densidad específica. Comparando las selecciones del 5% de menor densidad de ambos ciclos, existe una diferencia de 7.78 volúmenes, quedando abajo el segundo ciclo. Comparando las selecciones del

CUADRO 4

Pruebas de expansión en selecciones de densidad después de un ciclo de selección recurrente y un aumento por fraternales, 1965

SELECCIONES DE DENSIDAD EN %		- 5	- 10	- 25	- 50	T	+ 50	+25	+ 10	+ 5
Granos indivi- duales	Bien.....	73.71	75.00	73.86	76.57	77.57	78.71	81.43	82.57	83.57
	Regular.....	23.57	17.86	21.71	23.00	17.29	16.29	17.29	18.29	14.86
	Mal.....	2.71	7.14	4.43	2.29	5.14	2.14	1.29	3.43	1.57
TOTAL DE GRANOS...		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Volumen de 100 granos(cc)		16.00	16.14	16.00	16.43	16.29	15.14	14.43	15.00	15.86
Volumen de expansión (cc)		331.4	350.0	354.3	367.9	359.3	380.0	375.7	377.1	427.1
Relación de expansión....		20.72	21.70	22.14	22.39	22.05	24.64	26.03	25.14	26.94

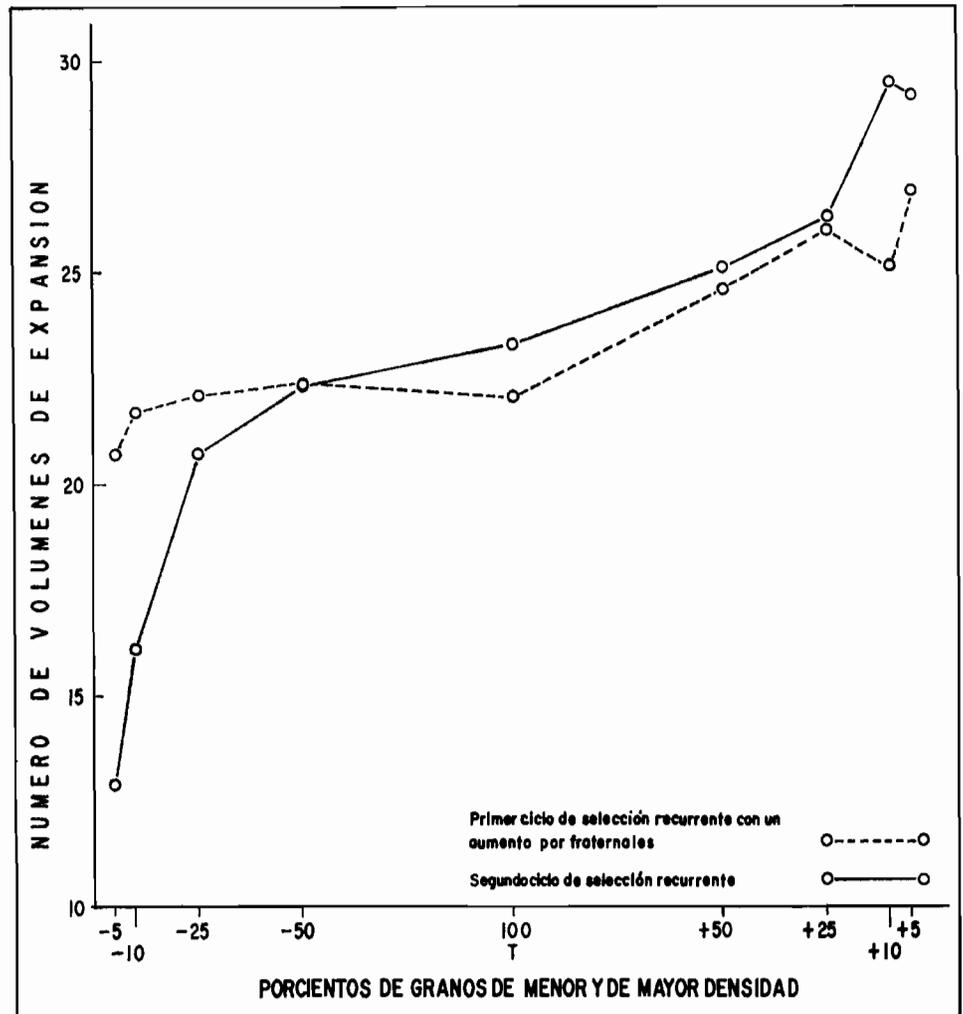


Figura 3. Gráfica mostrando las pruebas de expansión en selecciones por densidad del primer ciclo de selección recurrente con un aumento por fraternales, y en las del segundo ciclo de selección recurrente, 1965

5% de mayor densidad, hay una diferencia de 2.28 volúmenes en favor del segundo ciclo. En ambos cuadros se observa también una relación definida de granos que expandieron bien, siguiendo la misma tendencia de aumentar su número a medida que la presión de la selección fue mayor respecto a densidad. El rango es más amplio para el segundo ciclo de selección.

La Figura 3 muestra la distribución de la expansión en las selecciones de densidad del primer ciclo de selección recurrente con un aumento por fraternales, así como de las selecciones del segundo ciclo. En forma objetiva, la gráfica sugiere la conclusión de que, aplicando las presiones de selección proyectadas, se logra en

un sentido disminuir y en otro aumentar los volúmenes de expansión en cada ciclo. El mejor avance en el sentido positivo, se ha logrado en el primer ciclo de selección; en cambio, en el sentido negativo, se obtuvo en el segundo.

Conclusiones

Del presente trabajo se pueden derivar las siguientes conclusiones sobresalientes:

1. Se comprobó la correlación positiva existente entre la densidad específica y la capacidad de expansión en granos de maíz palomero; su cálculo arrojó un valor de $r = 0.87$, altamente significativo.
2. Los resultados obtenidos en dos ciclos de selección recurrente para mejorar la capacidad de expansión de los granos en la variedad Xaltepa I, seleccionando por densidad específica, sugieren que es factible aprovechar la correlación positiva entre volumen de expansión de los granos y la densidad específica de éstos.
3. El medio utilizado para lograr las selecciones por densidad consistió en mezclas de cloroformo y acetato de etilo. Estas sustancias se mezclan de inmediato y no perjudican la germinación de la semilla.

Resumen

Se considera muy importante el mejoramiento genético de los maíces palomeros en México, ya que actualmente existe un buen consumo de ellos, el cual representa un renglón de importación casi total.

El objetivo principal del presente trabajo fue el de probar un método de selección recurrente, haciendo selecciones por densidad de los granos; para esto se utilizó un medio líquido consistente en mezclas de cloroformo y acetato de etilo con el objeto de aprovechar la correlación existente entre la densidad específica de los granos y la capacidad de expansión en los maíces palomeros. Los resultados de la investigación fueron positivos.

Referencias citadas

- BRUNSON, A. M. (1937.) *Popcorn breeding*. Yearbook of Agriculture. pp. 395-404.
- CLARY, G. A. (1954.) *A study of the inheritance of expansion in popcorn*. Ph. D. Thesis. Purdue University.
- ELDREDGE, J. C., y P. J. LYETLY. (1943.) *Popcorn in Iowa*. Agric. Exp. Sta. Bulletin. p. 54.
- GRISSOM, D. B. (1951.) *Heridability and association of characters affecting popping volume in dent-popcorn crosses*. Master's thesis. Iowa State College.
- LYERLY, P. J. (1942.) *Some genetic and morphologic characters affecting the popping expansion of popcorn*. Journ. Amer. Soc. Agron. 34:986-999.
- SPRAGUE, G. F. (1955.) *Corn and corn improvement*. Academic Press Inc. New York. pp. 423-439.
- WEAVER, B. L., y A. E. THOMPSON. (1957.) *Selection for improved popping expansion*. Agric. Exp. Sta. University of Illinois. Bulletin 616.
- WILLIER, J. G., y A. M. BRUNSON. (1927.) *Factors affecting the popping quality of popcorn*. Journ. Agric. Res. 35:615-624.