

ESTIMACION DE PARÁMETROS GENÉTICOS EN UNA POBLACIÓN DE MAÍZ TROPICAL*

Arnoldo Oyervides G., Jorge M. Mariaca P.,
Humberto De León C. y Manuel Reyes V.**

RESUMEN

Los objetivos de esta investigación fueron: estimar la heredabilidad, la variabilidad genética y la aptitud combinatoria general de familias de hermanos completos con pedigrée. Se evaluaron 224 familias de hermanos completos en tres localidades del trópico húmedo de México. Las variables fueron floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento. Se detectaron diferencias entre localidades, repeticiones dentro de grupos y localidades, familias dentro de grupos y en la interacción localidades por familias/grupos. Los coeficientes de variación genética, para días a floración masculina y femenina fueron 1,48 y 1,53 por ciento respectivamente, para altura de planta y mazorca de 5,27 y 8,54 por ciento respectivamente, y para número de mazorcas por 100 plantas y rendimiento fueron de 5,97 y 10,38 por ciento respectivamente. Las heredabilidades encontradas fueron: floración masculina 0,734, floración femenina 0,752, altura de planta 0,759, altura de mazorca 0,815, para número de mazorcas por 100 plantas 0,434 y para rendimiento 0,583. Se detectaron familias con buena aptitud combinatoria general.

ABSTRACT

Genetic parameter estimates on a tropical corn population. The purposes for estimating the genetic parameters were two fold: 1: the determination of gene action, 2: to supply the basic information for determining which methodology of genetic improvement is to use. The objectives of this investigation are: to estimate heritability, genetic variability and general combining ability of the full sib families with pedigree. Two hundred and twenty four full sib families were evaluated in three localities of the humid tropics in Mexico. The variables studied were: tasseling and silking height, ear height, number of ears per 100 plants and yield. Significant differences were found at 0.01 probability for the source of variation of localities, replications within groups and localities, families within groups and in the interaction of localities by families/group. The coefficient of variation for days to tasseling and female flowering were 1.48 and 1.53 percent, respectively; for plant height and ear height was 5.27 and 8.54 percent, respectively and for number of ears per 100 plants and yield were 5.97 and 10.38 percent, respectively. The heritability values were: tasseling 0.734, silking 0.752, plant height 0.759, ear height 0.815, number of ears per 100 plants 0.434 and yield 0.583 and lastly, the families showed a good general combining ability.

INTRODUCCION

Dos son los propósitos que se persiguen al estimar los parámetros genéticos (Robinson y Cockerham, 1965): 1) suministrar información sobre la naturaleza de la acción de los genes y 2) suministrar la información básica para la utilización de programas de mejoramiento de una población, o posiblemente, la información para el

desarrollo de nuevos enfoques para el mejoramiento genético de plantas y animales.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes: (1) estimar la heredabilidad en sentido amplio de 6 caracteres del 2º ciclo de selección en la población de maíz tropical V AN-554; (2) determinar si existe suficiente variabilidad en la población para permitir ganancias por selección; y

* Trabajo presentado a la XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA, Managua, Nicaragua, 23-27 de marzo de 1992.

** Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.. México 25315.

(3) estimar la aptitud combinatoria general de las familias de hermanos completos. Se han planteado una serie de aspectos muy importantes para el trabajo de fitomejorador que pueden ser abordados por medio de la estimación de los parámetros genéticos (Dudley y Moll, 1969), entre ellos están:

- 1) Si existe suficiente variación genética en la población para permitir el mejoramiento en los caracteres de importancia.
- 2) Cuan extensamente debe evaluarse el material (en términos de años, localidades, repeticiones) para identificar las progenies superiores en la poblaciones.
- 3) Qué material genético de la población es prometedor como fuente de mejoramiento.
- 4) Qué método de mejoramiento puede resultar más efectivo.
- 5) Si el material final más apropiado será un híbrido, sintético o variedad mejorada.

Entre los parámetros genéticos más importantes se encuentra la heredabilidad; que en sentido amplio (H^2), es la porción de la varianza fenotípica que corresponde a la varianza genética total; en sentido estrecho (h^2), es la porción de la varianza fenotípica que corresponde a la varianza genética aditiva. Una definición un tanto más general de este parámetro es la siguiente: es la fracción del diferencial de selección es practicada en base a una unidad de referencia definida (Hanson, 1963 citado por Lamkey y Hallauer, 1987). El principal uso de heredabilidad en mejoramiento genético es la predicción de ganancia por selección.

Los siguientes conceptos fueron definidos por Dudley y Moll (1969): la varianza fenotípica es la varianza total entre fenotipos cuando se desarrollan a través de varios ambientes. La varianza genética total es la parte de la varianza fenotípica que puede ser atribuida a las diferencias genotípicas entre fenotipos, y puede subdividirse aún en varianza genética aditiva, varianza genética de dominancia y varianza genética epistática. La varianza de la interacción genotipo por ambiente es la parte de la varianza genotípica debida a la no coincidencia en el comportamiento de los mismos genotipos en diferentes ambientes.

Otros parámetros útiles, sobre todo en el proceso de desarrollo de híbridos es la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de los genotipos. La ACG es el comportamiento promedio de un genotipo en una serie de cruza; la ACE es la desviación del comportamiento de una combinación híbrida de lo esperado, según las ACG de sus progenitores. Se ha demostrado que la ACG de familias se hereda a las líneas que se derivan de estas familias. Por lo tanto, los híbridos que se generen a partir de líneas derivadas de las familias con mejores efectos de ACG tendrán una alta probabilidad de ser sobresalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético utilizado proviene de una población tropical de maíz en su segundo ciclo de selección denominada VAN 554 A partir de 136 familias provenientes de esta población, se realizaron 240 cruza biparentales entre plantas de diferentes familias de medios hermanos, formandose el mismo número de familias de hermanos completos, las cuales se evaluaron. Las mejores 60 familias seleccionadas en base caracteres agronómicos pasaron a recombinarse por medio de un dialélico parcial, donde los cruzamientos se hicieron entre familias no emparentadas. Las familias participaron en un promedio de ocho cruza. Se formaron de este modo 240 familias de hermanos completos. El mismo esquema se repitió dos veces para avanzar dos ciclos la selección, aunque en éste caso, el ciclo 2 estuvo representado por 224 familias de hermanos completos.

La evaluación se llevó a cabo en tres localidades, dos de las cuales se sitúan en Ursulo Galvan, Veracruz y la otra en Tehuantepec, Oaxaca, en el ciclo de temporal de 19.

Características de las localidades

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Precip. (mm)	Temp. (°C)
Ursulo Galvan	19°22'	96°23'	29	1296	25,2
Tehuantepec	16°20'	95°14'	35	900	28,2

Las parcelas experimentales, en las tres localidades tuvieron las siguientes características:

# surcos	1
Long. surcos	4,2 m
Distancia entre surcos	0,92 m
Distancia entre matas	0,22 m
Matas / surco	21
Plantas / Parcela útil	19
Area de parcela útil	3,86 m ²
Plantas / ha	49,400

Se sembraron dos semillas por golpe y posteriormente se aclaró a una por mata. Las prácticas de campo incluyeron la preparación del terreno, riegos, fertilización, deshierbe, control de plagas y enfermedades.

Para estimación de los parámetros genéticos, se utilizó un diseño de bloques incompletos en tres localidades, dos repeticiones, 16 grupos. Cada grupo contó con 14 familias. Localidades y familias, fueron considerados efectos aleatorios. Los componentes de varianza se calcularon igualando los cuadrados medios a sus esperanzas.

El modelo estadístico para el análisis de varianza combinado se presenta a continuación:

$$Y_{ijkl} = M + \alpha_l + y_k + \alpha_{ylk} + B_{jckl} + \text{Sick} + \text{aólido} + E_{ijkl}$$

La heredabilidad en sentido amplio se estimó como la relación entre σ^2_{ag} y σ^2_{ap} . No se pudo estimar los componentes de la varianza genotípica debido a que bajo el esquema de hermanos completos no es posible lograr esto, siendo necesario recurrir a un diseño genético de Carolina del Norte para estimarlos.

La ACG de las familias progenitoras se tomó como la media del rendimiento de las cruzas en las cuales participó cada familia, y se representa como la desviación de la media general.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de cuadrados medios para el análisis combinado de seis caracteres se presentan en el Cuadro 1. No hubo diferencias significativas entre grupos ni en la interacción localidades por grupo; esto se explica debido a que las familias se asignaron aleatoriamente en cada grupo y los grupos respondieron de manera similar en cada localidad.

Las diferencias altamente significativas entre localidades indican que el ambiente influyó de manera decisiva en el comportamiento general de las familias. El efecto de repeticiones/grupos y localidades fue significativo en todos los caracteres, justificando el diseño utilizado, ya que fue capaz de detectar diferencias en el terreno. Ambos, familias/grupos y la interacción de localidad por familias/grupos, presentaron diferencias altamente significativas en todos los caracteres. En el primer caso este resultado es muy deseable, pues indica que existen familias lo suficientemente diferentes entre sí. Las mejores familias pueden entonces seleccionarse para mejorar la población. En el segundo caso se observa que las familias no se comportaron de manera similar a través de las localidades. Por un lado, esto llevaría a seleccionar las mejores familias en cada ambiente y explotarlas específicamente en el ambiente donde fueron seleccionadas. Finalmente, el coeficiente de variación en todos los caracteres estudiados fue inferior al 16 por ciento, valor muy aceptable, ya que indica que el experimento se condujo en forma adecuada.

El cuadro 2. muestra los valores estimados de algunos parámetros genéticos. El coeficiente de variación genética (CVG) es un indicador del grado de variabilidad debido al genotipo. Días a floración masculina y femenina presentan valores muy bajos (1.48 y 1.53 por ciento, respectivamente): altura de planta y de mazorca, así como número de mazorcas por planta, presentan valores intermedios (5.27, 8.54 y 5.97 por ciento, respectivamente); y rendimiento presenta el valor más alto con 10.38 por ciento. Esto indica que todavía existe un amplio margen para selección en los últimos cuatro caracteres mencionados, sobre todo en rendimiento. No sucede lo mismo para días a floración, sin embargo, podemos esperar respuesta debido al alto grado de heredabilidad encontrado en este carácter.

Se obtuvo la estimación de heredabilidad en sentido amplio (H^2). Para días a floración masculina y femenina, y para altura de planta y de mazorca se encontraron valores superiores a 0.70, indicando que se puede esperar una respuesta efectiva para estos caracteres. Para días a floración, Hallauer y Miranda (1981) indican una heredabilidad en sentido estrecho (h^2) de 0.579 promediando 48 estimaciones; para altura de planta y de mazorca reportan 0.569 y 0.662 promediando 45 y 52 estimaciones, respectivamente.

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de varianza combinado para seis caracteres evaluados en tres localidades.

Fuente de variación	Grados de Lib.	Días a florac.		Altura (cm)		No. de maz/ 100 plantas	Rend.(t/ha) 15,5% hum.
		Masc.	Fem.	planta	mazorca		
Loc	2	3140,4**	1150,0**	4296,0 **	100243,7**	89596,0**	1013,1
Gpo	15	15,83	16,06	1986,92*	1011,31	615,02	3,8
Loc x Gpo	30	7,54*	6,77	412,56	263,68	212,16	2,2
Rep/Gpo,Loc	48	4,13**	3,84**	545,38**	216,21**	291,72**	1,2
Fam/Gpo	208	5,11**	5,45**	856,66**	468,70**	419,16**	3,8
Loc x Fam/Gp	416	1,36**	1,35**	206,25**	86,51**	237,39**	1,5
Error Exp.	624	0,96	1,03	173,38	63,62	153,91	0,8
Coef.de var.		1,84%	1,88%	6,66%	8,54%	13,46%	15,6

* **) significativo al nivel de probabilidad de 0,06 y 0,01 respectivamente.

Cuadro 2. Estimación de algunos parámetros genéticos a partir del análisis de varianza combinado.

	Días a florac.		Altura (cm)		No. de maz/ 100 plantas	Rend.(t/ha) 15,5% hum,
	Masc.	Fem.	planta	mazorca		
Varianza fenotípica	0,851	0,908	142,777	78,117	69,859	0,636
Varianza genética	0,625	0,683	108,402	63,699	30,294	0,371
Coef. Var. genética	1,48%	1,53%	5,27%	8,54%	5,97%	10,38%
Heredabilidad	0,734	0,752	0,759	0,815	0,434	0,583
E.E.* (H ²)	0,032	0,030	0,029	0,022	0,068	0,060
V(g-e)**/Var. genet.	0,320	0,230	0,150	0,180	1,380	1,010
E.E. [Var(g-e)]	0,098	0,087	0,137	0,072	1,021	0,024
Media	53,351	54,074	197,642	93,436	92,153	5,866

* Error estandar.

** Varianza de la interacción genotipo x ambiente.

Número de mazorcas por planta y rendimiento presentaron los valores más bajos de H², 0.434 y 0.583; para estos mismos caracteres Hallauer y Miranda (1981) reportan un h² de 0.187 y 0.390 promediando 99 y 39 estimaciones, respectivamente. Los valores encontrados son significativamente mayores que los reportados; esto puede deberse en gran medida a que la heredabilidad está sobrestimada al estar en sentido amplio. En un estudio de selección recurrente para altura de planta en maíz tropical, realizado por Johnson *et al.* (1986), encontraron en este carácter una H² de 0.84; mientras que Lamkey y Hallauer (1987), promediando las estimaciones obtenidas de nueve evaluaciones en 23 ambientes con un total de 900 progenies por em método de hermanos completos, encontraron una H² de 0.603 y un CVG de 10.9 porciento para el carácter rendimiento. Los valores anteriores se asemejan mucho a los valores encontrados en este estudio. El error estándar de H² es bastante bajo en todos los caracteres, por lo que podemos confiar en estos valores.

El cociente ag₀₂/ag₂ indica la incidencia de la interacción genotipo por ambiente con respecto a las ag₂

total. Se puede ver que tanto en días a floración masculina y femenina como en altura de planta y de mazorca, el efecto de la interacción genotipo por ambiente en relación al efecto genético es muy bajo, mientras que número de mazorcas por planta y rendimiento este efecto es alto, indicando que tal vez sea necesario estratificar ambientes para la selección, sobre todo para rendimiento. Por su parte, Hallauer y Miranda (1981) mencionan que rendimiento es el resultado de la expresión total del genotipo desde que la semilla se siembra hasta la cosecha, por lo tanto, el rendimiento es la expresión combinada del genotipo y el ambiente a lo largo de todo el período de crecimiento y desarrollo y por lo mismo es afectado mucho por el ambiente. Aunque el período en que el ambiente influye sobre el número de mazorcas por planta es más corto (seis semanas antes de floración hasta floración), el efecto del ambiente es determinante en este carácter, pues si las condiciones ambientales y el genotipo favorecen más de una mazorca en el período anterior a floración, las plantas produzcan más de una mazorca. Aunque número de mazorcas presentó valores altos para este cociente, el error estándar de ag₂/ag₂ es bastante alto, por lo que este valor debe tomarse con reserva.

Los valores obtenidos concuerdan con el encontrado para H2, pues es de esperarse que los caracteres que tienen alta H2 son menos influenciados por el ambiente y viceversa. En un estudio realizado en 10 poblaciones de maíz tropical a través de varios ciclos, Crossa y Gardner (1989) encontraron para este cociente un valor promedio de 1.92 en rendimiento, concluyendo que para la selección de este carácter se debe estratificar o caracterizar cada ambiente.

Debido a que la proporción de la age_2 en relación a ag_2 es, en este caso, de 1:1 para rendimiento, es razonable pensar que para maximizar la ganancia por selección sea necesario seleccionar para materiales en un rango muy amplio de ambientes, caracterizar estos ambientes de acuerdo a sus factores físicos, tales como altitud, latitud, tipo de suelo, clima, etc., como lo proponen Crossa y Gardner (1989).

En el cuadro 3, se presentan las mejores y peores familias en cuanto a su ACG. De León (1986) comparó la ACG de líneas derivadas de familias de hermanos completos con buenos y malos efectos de ACG. Los mejores híbridos formados a partir de estas líneas tuvieron como ancestros a las familias con mejores efectos de ACG y viceversa. De este modo se probó que las líneas heredan la ACG de las familias. Así, las 15 familias con mejores efectos de ACG se usarán para derivar líneas y formar híbridos con mayores

probabilidades de ser superiores. Esto resulta muy útil, pues se obtienen buenos híbridos en un tiempo relativamente corto. Por otro lado, el pedigrí de las familias evitó que a lo largo del mejoramiento de éstas, se acumularan efectos de endogamia, lo cual provoca que las líneas formadas a partir de estas familias sean genéticamente divergentes y por lo tanto los efectos de heterosis en los híbridos serán más importantes; al mismo tiempo, la variabilidad de la población no se reduce.

CONCLUSIONES

- 1) Existe suficiente variabilidad genética en las familias la cual puede ser explotada por medio de selección.
- 2) Las estimaciones de heredabilidad se sobrestimaron, sin embargo coinciden con los valores señalados por la literatura e indican que puede esperarse respuesta a la selección en los 'seis caracteres bajo estudio.
- 3) El efecto ambiental juega un papel importante sobre todo en la expresión de los caracteres número de mazorcas y rendimiento, por lo que puede recomendarse se realice selección para cada localidad en particular.
- 4) Se pudo identificar las familias con mejores efectos de ACG las cuales serán fuente para derivar líneas con alta probabilidad de generar híbridos superiores.

Cuadro 3. Concentración de las mejores y peores familias en cuanto a ACG.

Mejores efectos de ACG				Peores efectos de ACG					
Fam.	Genealogía	Rend. Prom.	Frec. Particip.	Fam.	Genealogía	Rend. Prom.	Frec. Particip.		
1	(108-2x105-1)x(116-9x118-1)	6,719	8	0,853	39	(23-1x22-1)x(45-5x44-8)	5,629	8	-0,237
21	(88-3x 85-2)x(108-9x110-1)	6,645	8	0,779	38	(1-8x14-12)x(58-4x60-10)	5,612	10	-0,254
44	(117-9x118-3)x(70-1x68-15)	6,552	6	0,686	16	(123-1x124-1)x(61-11x58-22)	5,597	9	-0,269
47	(100-1x95-13)x(127-1x128-1)	6,527	7	0,661	3	(101-2x105-1)x(84-17x83-8)	5,569	8	-0,297
28	(48-15x41-3)x(41-12x34-2)	6,413	9	0,547	30	(119-7x118-1)x(1-8 x14-12)	5,535	3	-0,331
46	(69-18x68-15)x(27-9 x28-1)	6,393	9	0,527	43	(110-8x105-6)x(89-17x84-3)	5,499	8	-0,367
23	(1-8 x14-12)x(50-13x44-9)	6,308	9	0,442	2	(52-7x49-11)x(127-5x125-1)	5,471	9	-0,395
13	(117-9x118-3)x(50-13x44,9)	6,284	6	0,418	40	(111-7x115-1)x(110-8x105-6)	5,461	9	-0,405
12	(49-13x47-17)x(50-13x44,9)	6,264	8	0,398	4	(116-9x118-1)x(26-4x23-9)	5,446	9	-0,420
54	(117-9x118-3)x(45-5 x44,8)	6,243	6	0,377	32	(49-13x47-17)x(58-1x60-10)	5,439	9	-0,427
50	(116-9x118-1)x(114-9x112-7)	6,185	7	0,319	18	(29-22x38-9)x(73-9x70-17)	5,419	6	-0,447
33	(36-13x41-17)x(83-24x82-3)	6,160	8	0,294	42	(117-9x118-3)x(100-1x95-13)	5,361	9	-0,505
22	(69-2 x62-6)x(19-20x133-2)	6,144	7	0,278	24	(106-4x101-9)x(37-1x 4-10)	5,285	9	-0,581
48	(26-4 x23-9)x(52-10x53-11)	6,140	9	0,274	34	(2-4x 7-11)x(39-14x30-1)	5,160	7	-0,706
36	(101-2x105-1)x(52-10x53-11)	6,100	9	0,234	41	(4-2x 7-11)x(44-13x42-2)	4,928	10	-0,938

LITERATURA CITADA

- CROSSA, J. and C.O. GARDNER 1989. Predicted and realized grain yield responses to full-sib family selection in CIMMYT maize (*Zea mays* L.) populations. *Theor. Appl. Genet.* 77:33-38.
- DUDLEY, J.N. and RH. MOLL. 1969. Interpretation and use of estimates of heritability and genetic variance in plant breeding. *Crop Sci.* 9:257-262.
- HALLAUER, AR and J.B. MIRANDA FO. 1981. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa State University Press, Ames.
- JOHNSON, E.C., K.S. FISCHER, G.O. EDMEADES and AF. PALMER 1986. Recurrent selection for reduced plant height in lowland tropical maize. *Crop Sci.* 26: 253-260.
- LAMKEY, K.R and A.R. HALLAUER 1987. Heritability estimated from recurrent selection experiments in maize. *Maydica* 32:61-78.
- LEON C., H. DE. 1987. Selección recurrente en familias de hermanos completos con pedigrí en maíz (*Zea mays* L.). Tesis maestría. UAAAN. Saltillo, México. 60 p.
- ROBINSON, H.F. Y C.C. COCKERHAM. 1965. Estimación y significado de los parámetros genéticos. Trad. por M. Gutiérrez Gutiérrez. *Fitotecnia Latinoamericana.* 2(1): 23-38.