

## APTITUD COMBINATORIA DE LA VARIEDAD DE MAÍZ D-V-351 (\*)

Por: José Ariel Gutiérrez F. y Daniel Sarria (\*\*)

### I.— INTRODUCCION

Uno de los principales objetivos del Programa de Maíz en Colombia, es el de producir líneas con las cuales se van a formar híbridos de buenas condiciones agronómicas y altos rendimientos. La evaluación final de esas líneas se basa en su comportamiento en combinaciones híbridas, es decir, en base a su aptitud combinatoria.

El tipo de acción génica del material con que cuenta el fitomejorador, es de gran interés porque es un buen índice para determinar el sistema de mejoramiento más adecuado, obteniendo en esta forma, ganancia en tiempo y eficiencia. Mucho del atraso en conseguir mejores rendimientos en maíz en el pasado, se debió a la no utilización de esta técnica, ya que se trataba de mejorar poblaciones por métodos que no eran los apropiados, no consiguiéndose con esto ningún adelanto y sí una gran pérdida en tiempo y dinero.

En el presente trabajo se trata de obtener una estimación cuantitativa de la variancia genética de la variedad de maíz D-V-351, dividida en sus componentes: variancia genética aditiva y no aditiva.

Esta variedad ha sido escogida porque es una de las principales fuentes de germoplasma con que cuenta el Programa de Maíz en Colombia.

### II.— REVISION DE LITERATURA

Según Robinson y Cockerhan (9), los tipos de variancia genética que han recibido atención de los genetistas cuantitativos, son los siguientes:

- 1) Variancia genética aditiva que se origina de los efectos aditivos de los genes en los loci segregantes.

---

(\*) Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

(\*\*) Ingeniero Agrónomo, M. S., Genetista Asociado I. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Palmira Colombia.



- 2) Variancia dominante debida a la interacción alélica de los genes segregantes.
- 3) Variancia epistática resultante de la interacción no alélica de dos o más loci segregantes.

La variancia genética aditiva constituye la aptitud combinatoria general y la dominantes y epistática constituyen la aptitud combinatoria específica.

Desde 1942 los investigadores Sprague y Tatum (12) definieron los términos de aptitud combinatoria general y específica. Dicen que la aptitud combinatoria general es el comportamiento promedio de una línea en sus combinaciones híbridas. La aptitud combinatoria específica representa aquellos casos en que ciertas combinaciones se comportan relativamente mejor o peor de lo que podría esperarse en base al comportamiento promedio de las líneas involucradas.

Utilizaron los datos de ocho experimentos con cruces sencillos en seis de los cuales se habían probado previamente las líneas involucradas y en los dos restantes no se habían hecho ninguna selección. Los resultados los llevaron a concluir que en los experimentos en los cuales las líneas han sido probadas, la aptitud combinatoria específica es más importante, en tanto que si las líneas no han sido probadas, la aptitud combinatoria general es la más importante.

Rojas y Sprague (8) informaron de resultados de un estudio de cruces sencillos, efectuado en dos localidades por tres años; dicho estudio estuvo encaminado a estimar los componentes de variación para aptitud combinatoria general y específica, así como sus interacciones con el medio ambiente. Encontraron que en los experimentos individuales los componentes para aptitud combinatoria específica fueron consistentemente mayores que los correspondientes para aptitud combinatoria general. Estas líneas habían sido seleccionadas. Cuando los componentes se estimaron en base a datos que incluían localidades y años, sus valores fueron aproximadamente iguales. Los componentes para las interacciones de aptitud combinatoria específica con localidades o años fueron mayores que los correspondientes estimados involucrando aptitud combinatoria general. Esto sugirió que la aptitud combinatoria específica incluye no sólo las desviaciones debidas a dominancia y epistasis, sino también efectos genotipo-medio ambiente.

Matzinger, Sprague y Cockerhan (5) trabajaron con diez líneas seleccionadas obtenidas de una variedad sintética por tres años y en tres localidades. Concluyeron que los componentes genéticos de la variancia, con relación al medio ambiente indicaron muy poca variancia de la aptitud combinatoria general y una variancia considerable de la aptitud combinatoria específica. Obtuvieron variancias significativas para las interacciones general x años, general x años x localidades y específica x localidades.

Sprague (11) indica que los trabajos anteriores se hicieron con líneas previamente seleccionadas para aptitud combinatoria general



y que dicha selección habría reducido la magnitud de este componente de variación. De un estudio en el cual usó líneas  $S_1$  y en base a un año de prueba, dió a conocer que las estimaciones para aptitud combinatoria general y específica fueron aproximadamente iguales y también que los componentes de aptitud combinatoria específica x localidad triplicaron a la correspondiente interacción que involucraba la aptitud combinatoria general.

Sprague y Tatum (12) encontraron que la aptitud combinatoria puede variar con la localidad donde se siembre el ensayo. La interacción línea x localidad fué significativa en un experimento sembrado en dos localidades diferentes, indicando que algunos de los cruces sencillos diferían en su rendimiento.

Al estudiar el rendimiento y otros seis caracteres, Eberhart et al (3) encontraron que la variancia de la dominancia para rendimiento fue mayor que para los otros caracteres. Encontraron además que la epistasis no contribuyó en forma significativa a la variancia genética.

Para Stuber, Moll y Hanson (13) la variancia aditiva y la debida a dominancia fueron similares para el rendimiento en una población híbrida. Para ellos también la epistasis contribuyó muy poco a la variancia genética.

Purdy y Crane (7) realizaron un experimento con diez líneas homocigotas para el gen *ae*. Este es un gen mutante (amilose extender) dado a conocer por Vineyard y Bear, que aumenta el contenido de amilosa de 50 a 60% sin gran pérdida del contenido total de almidón de los granos de maíz. Duclos encontró una reducción del rendimiento asociada con el homocigote recesivo *ae*.

Con las diez líneas se hizo una serie dialélica y se estudiaron tres características: peso, volumen y gravedad específica. Se utilizó el método 4 de Griffing, modelo X y se encontró que para peso y volumen había diferencias significativas tanto para los efectos de aptitud combinatoria general, como para los de actitud combinatoria específica. Para la gravedad específica sólo eran significativos los efectos de aptitud combinatoria general. Los componentes de la variancia indicaron que los efectos aditivos para peso, volumen y gravedad específica son más importantes que los no aditivos.

Arboleda (1) siguiendo el método de Comstock y Robinson obtuvo las variancias genéticas aditiva y no aditiva para las variedades Eto y D-V-351. Concluyó que la variedad D-V-351 tienen una variancia genética aditiva mayor que la no aditiva. Por lo tanto recomienda que en trabajos de mejoramiento con esta variedad se debe utilizar la selección recurrente para aptitud combinatoria general, ya que este sistema utiliza muy bien los efectos aditivos.

Sarría (10) siguiendo el método 4 de Griffing, modelo X encontró que en las catorce variedades empleadas la D-V-351 ocupó el tercer puesto en cuanto a la estimación de sus efectos para aptitud combinatoria general, después de la Nariño 330 y de la Sicarigua.



Sin embargo este resultado no fue consistente pues varió al siguiente semestre al repetir el ensayo. Supone interacciones genotipo-medio ambiente.

Según Comstock et al (2) los métodos de selección tales como la selección recurrente por aptitud combinatoria específica, o la selección de líneas para la formación de híbridas, son los recomendables cuando la aptitud combinatoria es específica.

### III.— MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 36 cruzamientos sencillos en  $F_1$  de la variedad D-V-351. Estos cruzamientos fueron obtenidos al hacer todas las combinaciones posibles entre las nueve líneas parentales no seleccionadas de la variedad. Los cruzamientos posibles se conocen con el nombre de dialélicos.

El experimento se realizó en el CNIA "Palmira", en el primer semestre de 1.968. Los cruzamientos se sembraron en parcelas de dos surcos, de 5 sitios por surco y 4 plantas por sitio, a una distancia de 0.92 mts. en cuadro. Se utilizaron tres testigos pero éstos no fueron incluidos en el análisis de variancia. Se hicieron todos los cuidados culturales necesarios.

En la cosecha se tomó el peso en Kilogramos de la producción total de cada parcela. Se tomaron muestras para la prueba de humedad. Conociendo la humedad se hicieron los cálculos para obtener peso seco al 15% de humedad del grano. Se hizo la corrección para sitios faltantes de acuerdo con la fórmula empleada por el programa para estos casos.

Se usó un diseño en bloques al azar, con los 36 cruzamientos y con 4 repeticiones, para probar la hipótesis nula de que no hay diferencias genóticas entre los 36 cruzamientos.

Para el análisis de aptitud combinatoria, el cual se hizo solo para rendimiento se utilizó el método 4, modelo II, de Griffing. En este método se utilizan solamente los cruzamientos en  $F_1$  sin incluir ni los padres ni los recíprocos. Esto da un total de cruzamientos  $n(n-1)$ . Usando este modelo las conclusiones se aplican a la pobla-

---

2  
ción de donde provienen las líneas y no a estas individualmente, ya que se consideran como una muestra de la población (4).

En el Cuadro I se presenta el esquema del análisis.

Fue necesario calcular 5 parcelas faltantes y por lo tanto se han sustraído 5 grados de libertad al total y al error.



## — CUADRO No. I —

Esquema del análisis de variancia y esperanza de los cuadrados medios, para determinar aptitud combinatoria en los cruzamientos dialélicos

| F.V.    | g.l.               | S.C.  | C.M.  | E.C.M.                       |
|---------|--------------------|---|-------|------------------------------|
| General | $p-1$              | $G = \frac{1}{r(p-2)} \sum r_{1..}^2 - \frac{2(p-1)C}{p-2}$ | $M_g$ | $0^2 + r0_g^2 + r(p-2)0_g^2$ |
| Espec.  | $\frac{p(p-3)}{2}$ | $S = \sum_{ij} \frac{r_{ij}^2}{r} - C-G$                    | $M_s$ | $0^{-2} + r0_s^{-2}$         |
| Error   | $(r-1)(t-1)$       | $E = T-S-G-R$   | $M_e$ | $0^{-2}$                     |

C = Factor de corrección.

## IV — RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos se pueden dividir en dos partes:

## A.— Análisis de variancia para diferencias entre tratamientos.

En el cuadro No. 2 se presenta el análisis de variancia para los 36 cruzamientos dialélicos de la variedad D-V-351.

Se encontró que las diferencias genotípicas entre tratamientos son altamente significativas.

## B.— Análisis global para actitud combinatoria.

El análisis para aptitud combinatoria general y específica se presenta en el Cuadro N° 3, donde se hace la descomposición de la suma de cuadrados de los tratamientos con el objeto de obtener la parte en que contribuyen cada una y probar su significancia.

De acuerdo con las pruebas de hipótesis se encontró que la aptitud combinatoria general no es significativa, en tanto que la aptitud combinatoria específica es altamente significativa.

Es necesario tener en cuenta que de acuerdo con el modelo II del método 4 de Griffing (4) para probar que:

$0 \stackrel{-2}{g} = 0$ , la F calculada se obtuvo como  $F = \frac{M_g}{-M_s}$  con  $(p-1)$  y  $\frac{p(p-3)}{2}$  grados de libertad.

Para probar que:

$$0_s^{-2} = 0 \text{ la } F \text{ calculada se obtuvo como } F = \frac{M_s}{M_e} \text{ con } \frac{p(p-3)}{2} \text{ y}$$

(r-1) (t-1) grados de libertad.

Mg = C.M. para A.C.G.

Ms = C.M. para A.C.E.

Me = C.M. para error.

Las estimaciones de los componentes de variancia para aptitud combinatoria general y específica se obtuvieron en la siguiente forma:

$$0_g^{-2} = \frac{1}{r(p-2)} (Mg - Ms)$$

$$0_s^{-2} = \frac{Ms - Me}{r}$$

de donde tenemos que:

$$0_g^{-2} = \frac{1}{7 \times 4} (0.88 - 0.91) = \frac{-0.00428}{4} = -0.00107 = 0$$

$$0_s^{-2} = \frac{0.91 - 0.38}{4} = \frac{0.53}{4} = 0.13$$

Si suponemos que los componentes epistáticos son iguales a cero, entonces los componentes de variancia para aditividad y dominancia, se estiman en la siguiente forma:

$$0_a^{-2} = 2 \quad 0_g^{-2} \text{ y } 0_d^{-2} = 0 \quad 0_s^{-2}$$

Por tanto:

$$0_a^{-2} = 2 (-0.00428) = -0.00856$$

$$0_d^{-2} = 0.13$$



## CUADRO No. II —

Análisis de variancia de los 36 cruzamientos en  $F_1$  con base en líneas de la variedad D-V- 351. Primer semestre de 1968

| F. de V.              | g.l. | S.C.  | C.M. | Fc     |
|-----------------------|------|-------|------|--------|
| Replicaciones         | 3    | 1.50  | 0.50 |        |
| Cruzamientos en $F_1$ | 35   | 31.60 | 0.98 | 2.57** |
| Error                 | 100  | 38.10 | 0.38 |        |
| Total                 | 138  | 71.20 | 0.51 |        |

\*\* Altamente significativo.

C.V. = 15.32%

## — CUADRO No. III —

Análisis de variancia de aptitud combinatoria general y específica para la variedad D-V-351.

| F. de V.   | g.l. | S.C. | C.M. | Fc     |
|------------|------|------|------|--------|
| General    | 8    | 7.1  | 0.88 | 0.97   |
| Específica | 27   | 24.5 | 0.91 | 2.39** |
| Error      | 100  | 38.1 | 0.38 |        |

\*\* Altamente significativo.

C.V. = 15.32%

Este resultado difiere de los obtenidos por Sarria (10) para la misma variedad en el CNIA Palmira. El obtuvo en el segundo semestre de 1964 que la aptitud combinatoria general fue mayor que la específica. Sin embargo este alcanzó un valor considerable. En el primer semestre de 1965 obtuvo lo contrario pero la aptitud combinatoria general también tuvo un valor alto.

También es diferente de los resultados obtenidos por Arboleda (1) en el CNIA Tulio Ospina en el primer semestre de 1958. Este encontró que era más importante la variancia genética aditiva para esta misma variedad.

Si tomamos en consideración los resultados de Eberhart et al (3) y de Stuber, Moll y Hanson (13) quienes encontraron que los efectos epistáticos no contribuyen en nada a la variancia genética, tenemos entonces que esta variedad sólo induce en su progenie genes dominantes para el rendimiento.



Ordóñez (6) informa que la selección recurrente por aptitud combinatoria general, no ha sido efectiva en el CNIA "Palmira", para aumentar los rendimientos en la variedad Eto Blanco. Al final del tercer ciclo de selección se obtuvo una reducción del rendimiento de 0.8% con relación a la variedad parental original.

El hecho de que tres de las líneas del H-253 sean procedentes de la variedad Eto Blanco es muy indicativo de la aptitud combinatoria específica de esta variedad.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo no pueden darse como definitivos y uniformes ya que según lo obtenido por varios investigadores, entre ellos Sarria (10) en Palmira, la aptitud combinatoria puede variar de un semestre a otro.

#### V.— CONCLUSIONES

Al hacer la prueba de hipótesis, entre los 36 cruzamientos en  $F_1$ , se encontró que hay diferencias genotípicas altamente significativas entre dichos tratamientos.

En el análisis global de aptitud combinatoria se encontró que la aptitud combinatoria general no es significativa, mientras que la específica es altamente significativa.

Si suponemos que los efectos epistáticos son nulos, entonces el rendimiento de esta variedad está determinado por genes dominantes.

Para mejorar esta variedad se recomienda utilizar métodos tales como la selección recurrente por aptitud combinatoria específica o la selección de líneas para la formación de híbridos.

#### VI.— RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el de obtener una estimación cuantitativa de la variancia genética de la variedad de maíz D-V-351 dividida en sus componentes: variancia genética aditiva y no aditiva.

Se utilizaron 36 cruzamientos sencillos en  $F_1$  de la variedad, obtenidos al hacer todas las combinaciones posibles entre nueve líneas parentales. El experimento se sembró en el CNIA Palmira, en el primer semestre de 1968.

Para probar las diferencias genotípicas entre los tratamientos se usó un diseño en Bloques al azar, con los 36 cruzamientos y con cuatro repeticiones.

El análisis de aptitud combinatoria se hizo sólo para rendimiento. Se utilizó el método 4, modelo II de Griffing del sistema de dialélicos.

Las diferencias genotípicas entre los tratamientos fueron altamente significativas.



De acuerdo con el método de Griffing, se encontró que la aptitud combinatoria general no es significativa, en tanto que la aptitud combinatoria específica resultó altamente significativa.

Este resultado difiere de los obtenidos por Sarria en Palmira y por Arboleda en Medellín, quienes trabajaron con la misma variedad, pero se ajusta a las conclusiones dadas por Ordóñez en Palmira, quien dice que en este medio no se obtuvo ningún progreso utilizando la selección recurrente por aptitud combinatoria general.

Estos resultados no pueden darse como definitivos ya que se ha demostrado que la aptitud combinatoria puede variar con el medio ambiente.

## VII.— SUMMARY

The objective in the present work is to obtain a quantitative estimation of the genetic variance in the variety of maize D-V-351, divided in its components: additive and non-additive genetic variance.

It were utilized 36 simple crosses in  $F_1$  of the variety, that were obtained, making all the possible combinations among nine parental lines. The experiment was planted in the CNIAP Palmira in the first semester of 1968.

To prove the genotypic differences among treatments, it was used a random blocks design, with the 36 crosses and 4 repetitions.

The analysis of combining ability was made only for the yield. It was used the method 4, model II by Griffing of the diallel system.

The genotypic differences among treatments were highly significant.

According to the analysis of Griffing, it was found that general combining ability is not significant, and specific combining ability was highly significant. This is 121 times greater than the general.

This result differs of the effects obtained by Sarria in Palmira and Arboleda in Medellín, who worked with the same variety, but it is in agreement with the conclusions given by Ordóñez in Palmira, who says that in this environment, no one progress was obtained using the recurrent selection for general combining ability.

This results are not definitive, because the combining ability can vary with the environment.

To improve this variety is recommended to utilize the recurrent selection for specific combining ability, or the selection of lines for making hybrids.



## VIII.— BIBLIOGRAFIA

1. ARBOLEDA, F.— Estimación de la variancia genética, grado de dominancia y hereditabilidad en maíz. Tesis Ingeniero Agrónomo. Medellín. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional. 1960. 28 p. (Mimeografiada).
2. COMSTOCK, R. E., ROBINSON, H. F. and HARVEY, P. H.— A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Agronomy Journal*. 41 (7): 360-367. 1949.
3. EBERHART, S. A. et al.— Epistatic and other genetics variance in two varieties of Maize. *Crop Science*. 6 (3): 275-280. 1966.
4. GRIFFING, B.— Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Science*. 9 (4): 463-493. 1956.
5. MATZINGER, D. F., SPRAGUE, G. F. and COCKERHAM, C. C.— Diallel crosses of Maize in experiments repeated over locations and years. *Agronomy Journal*. 51 (5): 346-350. 1959.
6. ORDÓÑEZ, C.— Selecciones recurrentes en Eto y Eto Blanco. En *Memorias Congreso de Ingenieros Agrónomos*, 40. Barranquilla. Colombia. Nov. 21-24. 1967. Bogotá. ACIA. pp. 48-49.
7. PURDY, J. L. and CRANE, P. L.— Combining ability for degree of fill in ae endosperm of Maize. *Crop Science*. 5 (3): 255-257. 1965.
8. ROJAS, B. A. and SPRAGUE, G. F.— A comparison of variance components in com yield trials. III General and specific combining ability and their interactions with locations and years. *Agronomy Journal*. 44 (7): 462-466. 1952.
9. ROBINSON, H. F. y COCKERHAM, C. C.— Estimación y significado de los parámetros genéticos. *Fitotecnia Latinoamericana*. 2 (1-2): 23-38. 1965.
10. SARRIA, D.— Heterosis, acción génica y correlaciones de catorce variedades de maíz en Colombia. Tesis M. C. Chapingo. Escuela Superior de Agricultura. 1966. 61 p. (Mimeografiada).
11. SPRAGUE, G. F.— *Corn and Corn improvement*. N. Y. Academic Press. 1955. 226 p.
12. ————— and TATUM, L. A.— General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal American Society Agronomy*. 34 (10): 923-932. 1942.
13. STUBER, C. W., MOLL, R. H. and HANSOM, W. D.— Genetic variances and interrelationships of six traits in a hybrid populations of *Zea mays*. *Crop Science*. 6 (5): 455-457. 1966.