

CARACTERISTICAS FENOTIPICAS DE DOS HIBRIDOS CON LINEAS  
ISOGENICAS DE MAIZ, NORMAL Y BRAQUITICO, EN DIFERENTES  
AMBIENTES

Oscar Jurado Z. \*  
Ever Vargas S. \*\*  
Fernando Arboleda R.\*\*

COMPENDIO

Se estudiaron dos híbridos isogénicos de maíz, normal y braquíptico, para tratar de determinar las causas de las diferencias aparentes en el rendimiento de los dos genotipos. La disminución en el área foliar total, sobre todo en las hojas superiores, y la mayor falta de coincidencia entre floración masculina y femenina (por cuanto podría haber menos fertilización), probablemente originaron la disminución en el rendimiento de los maíces convertidos a braquípticos.

ABSTRACT

Two isogenic corn hybrids, normal height and brachytic-2, were used to estimate the immediate causes which are responsible of the apparent differences in yield between both genotypes. The results allowed to conclude that total leaf area and closer matching between male and female flowering date, (probably less fertilization) were the characters that made the tall hybrid to be high yielder than its isogenic brachytic.

\* Estudiante de pre-grado. Universidad Nacional. Palmira.

\*\* Instituto Colombiano Agropecuario. Palmira.

## 1. INTRODUCCION

El gene braquítico - 2 (br-2), que se introdujo en 1966, se incorporó a maíces normales colombianos para aumentar su resistencia al volcamiento (Carmen y Arboleda, 2). En la década del 70 se liberaron paulatinamente, cuatro braquíticos de muy buenas características agronómicas (Vargas, Arboleda y Sarria, 5), pero sus rendimientos siguen siendo inferiores a los de sus versiones normales.

Los materiales braquíticos pueden ser de tan altos rendimientos como los normales, puesto que el gene reduce la longitud de los entrenudos y a pesar de que sus hojas son más anchas son de menor longitud (Anderson y Chaw, 1; Poey, 4). Sin embargo, personas que han trabajado con maíces braquíticos colombianos, han observado que la duración de las hojas en estado verde, después de la floración es mayor, y que el secamiento del área foliar total se lleva a cabo en forma más acelerada y desuniforme que en maíces de estatura normal. La cual podría indicar que la eficiencia del área foliar es diferente en los dos tipos de maíz. Además, se han observado rasgos fenotípicos distintos a los que se deben al gene braquítico.

Los objetivos del presente estudio fueron comparar el área foliar verde no utilizable por la planta después de la maduración fisiológica (formación de capa negra) y la relación entre floración y período vegetativo, y establecer correlaciones fenotípicas entre caracteres de una población de maíz normal y una braquítica.

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El estudio se llevó a cabo en el ICA - Palmira con los híbridos de grano blanco (líneas en sexta generación de retrocruzamiento) DIACOL H. 253 (normal) e ICA H. 257 (braquítico) y 3 niveles de humedad (lámina de agua aprovechable disminuída en 60, 70 y 50 o/o, ambiente 1, 2 y 3 respectivamente). Por cada ambiente y cada material se tomaron cuatro estratos o parcelas de 3 surcos por 12 m, y dentro de éstos, se midieron 30 plantas. Las distancias de siembra fueron de 80 cm entre surcos y de 25 cm entre plantas.

Se midieron los siguientes caracteres: días a floración masculina (50 o/o de sus anteras arrojaron polen) y femenina (estigmas entre 2 y 4 cm), estatura de la planta, altura y posición de la mazorca superior, área foliar total, días desde la siembra hasta la formación de la capa negra (índice de maduración fisiológica), área foliar verde al término de la formación de la capa negra (seis plantas/parcela) y a los 3, 6 y 9 días después, (entre 3 y 6 plantas), rendimiento y algunos de sus componentes.

El análisis de varianza (bloques al azar) no arrojó diferencias estadísticas entre promedios de las cuatro repeticiones o estratos, por lo cual se analizaron en conjunto las observaciones de las 120 plantas muestreadas. Las pruebas estadísticas se llevaron a cabo para cada material, por ambiente y combinando ambientes. Se compararon las medias de ambos materiales, mediante la prueba de "t" de Student, y las correlaciones fenotípicas entre los caracteres estudiados. Además, se efectuaron análisis de regresión lineal del rendimiento sobre los demás caracteres.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1. Area foliar.

A partir de la sexta hoja, numerada a partir de la base, el área foliar total del braquíptico es inferior a la del normal (fig. 1), diferencia que se acentúa en las últimas seis hojas (de la 18 a la 23). Existen diferencias altamente significativas entre ambas poblaciones para la mayor parte de los caracteres relacionados con el área foliar total a favor del maíz normal, excepto en el ancho de la hoja de la mazorca superior (Cuadro 1).

Para los caracteres área foliar total (Ar. fol. tot.), días a maduración fisiológica (Día mad. fisiol.), área foliar verde el día de la formación de la capa negra (maduración fisiológica) ó día a cero (Ar. fol. V. O.) y plantas secas naturalmente antes, durante y después de cumplida la maduración fisiológica (Pl. sec. ant., Pl. sec. día O, Pl. sec. desp.), no se detectaron diferencias estadísticas, excepto para el área foliar total (Cuadro 2).

En los tres ambientes, el número acumulado de plantas secas, antes, durante y después de la aparición de la capa negra, muestra una distribución más o menos normal con una media entre 1 y 2 días después de la formación de la capa negra (fig. 2). Antes del día cero el número fué un poco mayor en el maíz normal después de la aparición de la capa negra parece que continuó la tendencia hacia un secamiento más lento en ICA H. 257. Es probable que en la gráfica se introduzca el sesgo ocasionado por el hecho de que todas las plantas no se secaron naturalmente, puesto que se eliminaron muchas para el muestreo del área foliar verde remanente. No se detectaron diferencias estadísticas entre materiales en el porcentaje del área foliar total por planta, a los 3, 6 y 9 días después de aparecer la maduración fisiológica (Cuadro 3).

La regresión lineal entre el área foliar verde y el tiempo en que se efectuó el recorte, no puso en evidencia significancia estadística para el coeficiente de regresión (b), ni para la correlación (r).

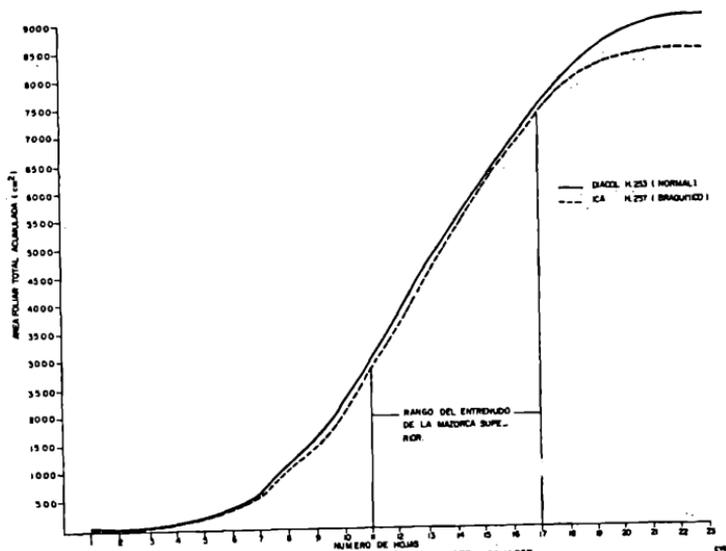


FIG. 1... Promedios acumulativos del área foliar para los híbridos de Maíz DIACOL H. 253 e ICA H. 257.

Cuadro 1

Área foliar total y algunos caracteres relacionados evaluados en tres ambientes de los híbridos de maíz DIACOL H. 253 e ICA H. 257

Carácter	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Promedio
Ar. fol. tot. (cm <sup>2</sup> )	8948.28* 8618.14**	9179.20 8020.56**	8994.44 8586.85**	9040.64 8409.30**
No. hojas	21.00 20.29**	21.01 19.47**	21.09 20.03**	21.03 19.93**
L. hoj. maz. (cm)	107.25 103.66**	106.49 101.48**	109.78 104.23**	107.84 103.13**
A. hoj. maz. (cm)	10.42 11.76**	10.92 11.62**	10.66 11.90**	10.67 11.76**
Ar. fol. hoj. maz. (cm <sup>2</sup> )	771.27 805.36**	802.10 779.07*	806.09 819.79	793.15 801.41
Rend. (g/pl)	160.83 136.65**	166.16 138.65**	162.20 156.05	162.63 141.12**

\* Línea superior: DIACOL H. 253

Línea inferior: ICA H. 257

\* Significancia estadística al 95 o/o de probabilidad.

\*\* Significancia estadística al 99 o/o de probabilidad.

Cuadro 2

Caracteres relacionados con la maduración fisiológica en tres ambientes de los híbridos de maíz DIACOL H. 255 e ICA H. 257

Carácter	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Promedio
Ar. fol. tot. (cm <sup>2</sup> )	8948.28* 8618.14**	9179.20 8020.56**	8994.44 8586.85**	9040.64 8409.30**
Días mad. fisiol.	127.73 127.04	126.10 127.52*	124.92 124.46	126.24 126.34
Ar. fol. V. O. (o/o)	4.74 6.24	4.47 5.57	6.94 5.21	5.38 5.67
PL secantes (No. o/o)	20 - 16.66** 16 - 13.33	24 - 19.99 11 - 9.16	9 - 7.49 3 - 10.83	33 - 14.72 40 - 11.11
Pl sec. de. O. (No. o/o)	6 - 5.00 5 - 4.16	4 - 3.33 5 - 4.16	4 - 3.33 5 - 4.99	14 - 3.88 16 - 4.44
PL sec. dep. (No. o/o)	94 - 78.33 99 - 82.50	92 - 76.66 104 - 86.66	107 - 89.16 101 - 84.16	293 - 81.38 304 - 84.44
Rend. (g/pl)	160.83 136.65**	166.16 138.65**	162.20 136.05	162.63 141.12**

\* Línea superior: DIACOL H. 253

Línea inferior: ICA H. 257

\*\* Número y porcentaje de plantas medidas

\* Significancia estadística al 95 o/o de probabilidad.

\*\* Significancia estadística al 99 o/o de probabilidad.

Cuadro 3

Área foliar verde presente el día de la maduración fisiológica y tres períodos de a 3 días después de ella en porcentaje del área foliar total, en los híbridos de maíz DIACOL H. 253 e ICA H. 257. Evaluados en tres ambientes.

Día	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Promedio
0	4.74* (26)** 6.24 (93)	4.47 (30) 5.57 (92)	6.94 (34) 5.21 (35)	5.38 (90) 5.67 (100)
3	4.91 (17) 5.26 (19)	5.73 (14) 6.40 (21)	5.22 (24) 5.29 (17)	5.29 (55) 5.65 (57)
6	4.54 (7) 6.56 (16)	6.28 (11) 4.98 (10)	5.55 (14) 5.85 (11)	5.58 (32) 5.92 (37)
9	9.37 (5) 3.88 (6)	1.43 (3) 4.66 (6)	3.06 (2) 3.23 (7)	5.73 (10) 3.89 (19)

\* Línea superior: DIACOL H. 253

Línea inferior: ICA H. 257

\*\* Número de observaciones.

Mientras el coeficiente  $b$  fue positivo en el maíz normal, en el braquítico fué negativo y un poco mayor. El intercepto resultó mayor en el normal (fig. 3). Aparentemente, al finalizar la formación de la capa negra, el maíz normal tendría menor área foliar que el braquítico y a partir de entonces el secamiento continuaría con más lentitud que en éste.

### 3.2. Floración y maduración fisiológica.

En la variable días a floración femenina hubo diferencias altamente significativas a favor del maíz braquítico (Cuadro 4).

Al comparar los materiales respecto al índice de coincidencia entre floración femenina y masculina, establecido mediante diferencia, se encontró menor coincidencia en ICA H. 257 y una correlación negativa y significativa entre el índice y el rendimiento, para ambos materiales.

En general no hubo diferencias significativas entre materiales respecto al término de la formación de la capa negra, la cual ocurrió en promedio a los 126 días después de realizada la siembra.

Las correlaciones entre días a floración y maduración fisiológica fueron positivas y en general altamente significativas, mientras que las correlaciones de la floración con rendimiento resultaron negativas y altamente significativas en el análisis combinado, en ambos híbridos. Pero no ocurrió así en los ambientes tomados individualmente.

En cuanto a rendimiento y días a maduración fisiológica, la correlación fue significativa en DIACOL H. 253, pero para ICA H. 257 no hubo significancia en el análisis combinado.

Se presentaron diferencias altamente significativas, en favor del maíz normal, para los caracteres estatura de planta (Est. pl.), número de entrenudos (No. entr.), altura de mazorca (Alt. maz.), entrenudo de la mazorca superior (Entr. maz.), área foliar total (Ar. fol. tot.) y rendimiento (Rend) (Cuadro 5). En promedio la mazorca superior se encontró en el entrenudo número 15 en DIACOL H. 253 y en el 14 en ICA H. 257.

El rendimiento mostró correlación positiva con todos los caracteres, excepto con altura de mazorca y entrenudo de la mazorca superior, en DIACOL H. 253; mientras que en ICA H. 257 la falta de correlación fue con el entrenudo de la mazorca superior.

### 3.3. Componentes del rendimiento.

En los caracteres peso de mazorca, diámetro de mazorca y granos por

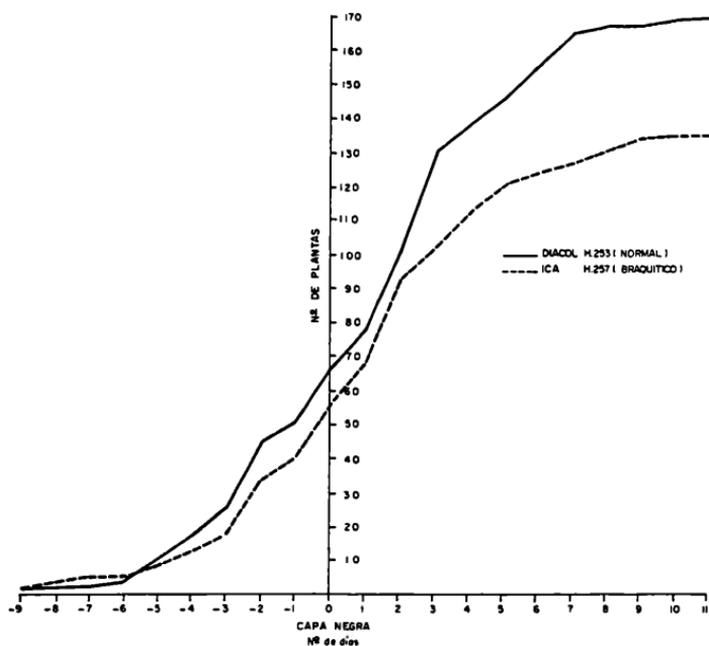


FIG. 2... Número acumulado de plantas secas naturalmente con respecto al tiempo promedio de la formación de la capa negra, para las híbridas de maíz, DIACOL H. 253 e ICA H. 257. cvs

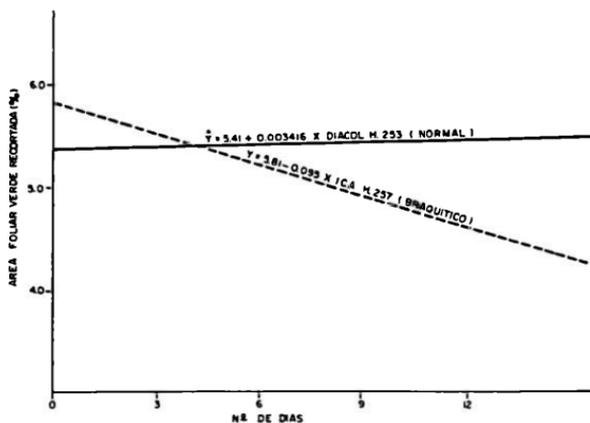


FIG. 3... Regresión lineal del porcentaje de área foliar en días después de la formación de la capa negra, para las híbridas de maíz DIACOL H. 253 e ICA H. 257. cvs

Cuadro 4

Caracteres relacionados con precocidad en tres ambientes de los híbridos de maíz  
DIACOL H. 253 e ICA H. 257

Carácter	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Promedio
Días fl. fem.	68.77* 70.22**	66.81 70.60**	65.52 65.71	67.03 68.85**
Días fl. masc.	66.76 67.08**	66.02 68.19**	64.39 63.91*	65.72 66.39**
Días fl. fem.	0.97	0.98	0.98	0.98
Días fl. masc.	0.95	0.96	0.97	0.96
Días fl. fem. -Días fl. masc. (IC)	2.08 3.15**	0.85 2.42**	1.13 1.77*	1.35 2.44**
Días mad. fisiol.	127.73 127.04	126.10 127.52*	124.42 124.46	126.24 126.34
Rend.	160.83 136.65**	166.16 138.65**	162.20 156.05	162.63 141.12**
Correlaciones (Rend. e IC)	-0.23* -0.22*	-0.22** -0.44**	-0.23** 0.067	-0.22** -0.23**

\* Línea superior: DIACOL H. 253  
Línea inferior: ICA H. 257

\* Significancia estadística al 95 o/o de probabilidad.  
\*\* Significancia estadística al 99 o/o de probabilidad.

Cuadro 5

Caracteres relacionados con estatura de planta en tres ambientes de los híbridos de maíz  
DIACOL H. 253 e ICA H. 257.

Carácter	Ambiente 1	Ambiente 2	Ambiente 3	Promedio
Est. pl.	3.21* 2.22**	3.09 2.14**	3.30 2.28**	3.20 2.21**
No. entr.	21.00 20.29**	21.01 19.47**	21.09 20.03**	21.03 19.93**
Alt. maz.	1.58 0.79**	1.41 0.71**	1.59 0.79**	1.53 0.76**
Entr. maz.	14.35 14.20	14.46 13.64**	14.49 13.85**	14.43 13.90**
Ar. fol. tot.	8948.28 8618.14**	9179.20 8020.56**	8994.44 8586.85**	9040.64 8404.30**
Rend.	160.83 136.65**	166.16 138.65**	162.20 156.05	162.63 141.12**

\* Línea superior: DIACOL H. 253  
Línea inferior: ICA H. 257

\* Significancia estadística al 95 o/o de probabilidad.  
\*\* Significancia estadística al 99 o/o de probabilidad.

hileras se presentaron diferencias altamente significativas, a favor del DIA-COL H. 253.

Según el análisis combinado, donde se mantiene la tendencia general de los tres ambientes, todos los componentes se correlacionaron positiva y altamente con el rendimiento; sobresaliendo peso y diámetro de mazorca, mientras que hileras por mazorca fue la más baja, en ambas poblaciones.

### 3.4. Análisis de regresión.

En ambas poblaciones, el entrenado de la mazorca superior fue el único carácter cuyo coeficiente de regresión no mostró significancia estadística. Floración femenina y masculina presentaron coeficientes de regresión negativos y significativos para la mayoría de los casos. En cuanto a maduración fisiológica no hubo significancia para ICA H. 257, al realizar el análisis conjunto. El coeficiente de regresión del área foliar total fue el más bajo de todos, pero positivo y significativo en la mayoría de los casos.

## 4. DISCUSION

A pesar de que el comportamiento de los caracteres, en general, fue similar en los tres ambientes, algunos tuvieron una mayor expresión en uno de los tres ambientes. Al parecer los maíces braquíticos responden a niveles óptimos de riego un poco mejor que los maíces normales, sobre todo en semestres con tendencias a la sequía, como aquel en el cual se realizó el ensayo.

Los maíces braquíticos son más bajos, de hojas más anchas, de color verde más oscuro y de mayor longevidad. (Anderson y Chaw, 1; Kempton, 3). Pero existen otras diferencias que pueden ser de importancia, como la modificación en la posición de la mazorca superior, disminución en el número de hojas y en el área foliar total, cambios en la precocidad de la floración masculina y femenina.

Como es improbable que un solo gen, de herencia medeliana simple, sea el responsable de la expresión fenotípica de tantos caracteres, se supone que dichos cambios se deban a genes ligados al braquítico. Podría pensarse, además, que en el proceso de conversión, no se recuperó todo el núcleo de la línea recurrente, tal como se espera en la teoría del retrocruzamiento.

La reducción de la estatura de la planta y de la posición relativa de la mazorca superior en un entrenado parece afectar el área foliar total y el rendimiento. Como las diferencias son más que todo en las últimas hojas ellas podrían ser las responsables de las diferencias en rendimiento.

Para terminar de formar la capa negra los dos materiales gastan 126 días desde la siembra, dato que se debe considerar con reserva como índice de maduración fisiológica, ya que en el experimento no se registró el momento de iniciación de la formación de la capa negra. Además, el ciclo total de los maíces utilizados es de unos 145 días y resultaría improbable que a los 126 días apenas hayan llegado a maduración fisiológica.

Los análisis dejan entrever que antes de la formación de la capa negra el secamiento es un poco más rápido en maíz normal que en braquíptico, invirtiéndose el orden en los días sucesivos, concordando con apreciaciones empíricas que se tienen al respecto.

En maíces normales hay mayor probabilidad de que se presente la floración femenina al mismo tiempo que la masculina, resultado que conduce a señalar a la menor eficiencia durante la polinización, como una de las causas de los menores rendimientos de los maíces braquípticos.

Los coeficientes de regresión negativos del rendimiento con respecto a días a floración y algunas correlaciones entre éstos caracteres, muestran que las plantas más precoces rindieron más. Aunque en general ocurre lo contrario, parece que en las condiciones del ensayo es posible lograr un poco de precocidad sin deterioro del rendimiento.

La correlación positiva alta entre floración y maduración fisiológica evidencia la confiabilidad de estimar la precocidad total (a la maduración fisiológica) de un maíz con base en la precocidad durante la floración.

## 5. CONCLUSIONES

- 5.1. Las plantas de maíz braquíptico (ICA H. 257) rindieron menos que las de su homólogo normal (DIACOL H. 253).
- 5.2. Se encontraron diferencias entre la magnitud del área foliar a favor del maíz normal y hubo evidencias de que las diferencias se deben especialmente a las hojas superiores.
- 5.3. No se detectaron evidencias estadísticas de que alguno de los dos maíces tuviera una área foliar más eficiente.
- 5.4. Se encontraron diferencias significativas en la coincidencia de floración masculina y femenina, siendo menor en ICA H. 257.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, J. C. and CHAW, D. N. Phenotype and grain yield associated with brachytic - 2 gene in single cross hybrids of dent corn. *Crop Sci.* 3: 111- 113. 1963.
2. CARMEN C., O. y ARBOLEDA R. F. Modificaciones fenotípicas por efecto de selección masal estratificada en dos poblaciones braquíticas de maíz (*Zea maíz L.*) *Acta Agronómica (Colombia)* 32 (1/4): 5 - 20. 1982.
3. KEMPTON, D. H. Inheritance of dwarfing in maíz. *J. Agric. Res.* 25 : 297 - 321. 1923.
4. POEY, D. F. Otra jornada en la revolución verde : maíces enanos en México. *Agricultura de las Américas.* No. 3 :20-25. 1973.
5. VARGAS S., J. E.; ARBOLEDA R., F. y SARRIA, D. ICA H. 210 e ICA H. 256. Híbridos de maíz resistentes al vuelco. *Palmira, ICA,* 1973. (Hoja divulgativa No. 04).