

16643 e
Esp

El énfasis de las investigaciones de la sección de Fisiología ha variado de la obtención de un tipo ideal de planta para condiciones casi ideales hacia la identificación de los caracteres que están asociados con un alto rendimiento de raíces y con una alta calidad de las mismas bajo condiciones de estrés.

En 1980 el trabajo se concentró en un estudio detallado de las reacciones de la planta a la sequía específicamente en cuanto a desarrollo y rendimiento de la planta y en cuanto a calidad de las raíces bajo tales condiciones. Por otra parte se hizo un trabajo para determinar las diferencias básicas entre un clon cuyos rendimientos han sido altos en un amplio rango de condiciones (M Col 1684) y otros clones menos rendidores.

Desarrollo y Rendimiento en Condiciones de Sequía

Para analizar las reacciones de la planta a la sequía se estudiaron el desarrollo y los rendimientos de la variedad de yuca vigorosa M Mex 59 y de la variedad de bajo vigor M Col 22 durante un periodo de sequía artificial se hicieron observaciones durante el periodo de sequía y durante la recuperación posterior.

La sequía artificial se obtuvo cubriendo el suelo con un plástico desde las 15 hasta las 25 semanas después de la siembra. Las parcelas testigo recibieron lluvia natural la cual estuvo bien distribuida y totalizó cerca de 500 mm durante el periodo de las 10 semanas. Debido a un periodo seco natural anterior al periodo de sequía artificial (aproximadamente 120 mm de lluvia durante 11 semanas) las parcelas no estaban a la capacidad de campo antes del periodo de tratamiento.

Las parcelas testigo de M Mex 59 mostraron alto vigor con IAF (Índice del Área Foliar) superior a 3 durante la mayor parte del periodo de desarrollo y por encima de 4

durante considerable parte del tiempo (Fig 1) estos valores del IAF están muy por encima del óptimo de 2.5-3.5 para producción de raíces. Las parcelas testigo de M Col 22 nunca lograron IAF mayores de 3 y fueron subóptimas durante la mayor parte del periodo de crecimiento.

En ambas variedades la sequía redujo notablemente el IAF aunque M Mex 59 mantuvo un IAF casi dos veces mayor que M Col 22 durante el periodo de estrés.

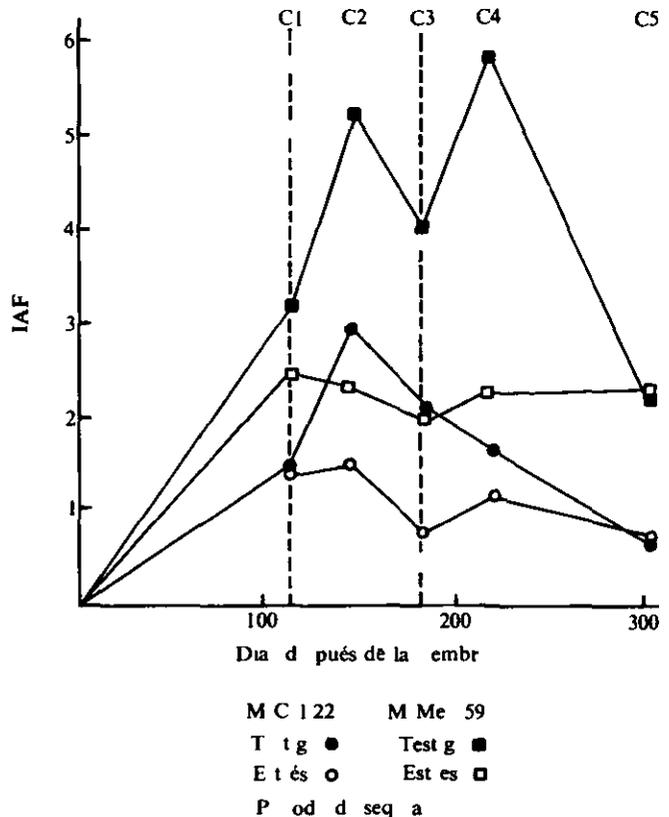


Fig 1 Índice del Área Foliar (IAF) de los últimos días a M Mex 59 y M Col 22 durante un periodo de sequía y posterior a ella. C = h

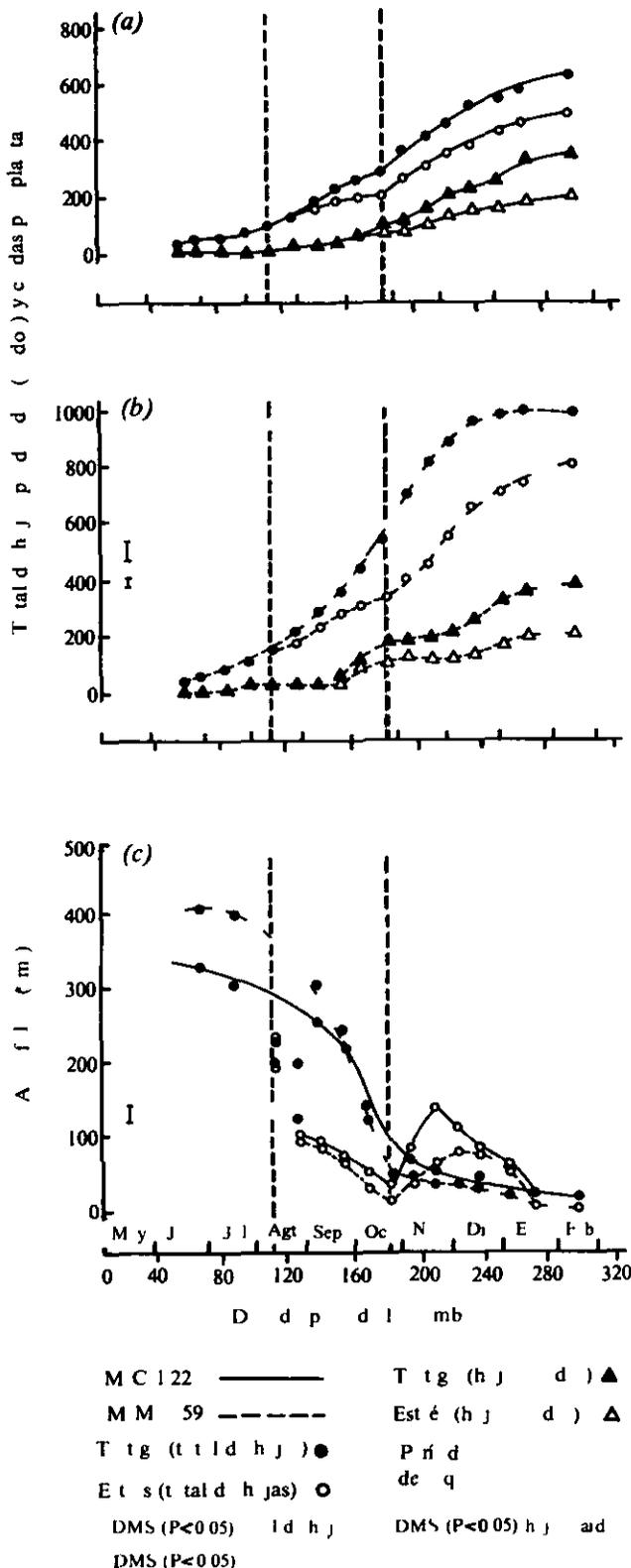


Fig 2 Pr d o y d d h jas po pl nt n M C l 22 () y n M M x 59 (b), f lia () mb ult du nt y d p d n p d d qu

Los cambios en los IAF durante un periodo dado están determinados por el IAF inicial el numero y área de las hojas formadas y el area de las hojas caídas la caída de las hojas se senala frecuentemente como causa de la reducción en el IAF durante los periodos de sequía En este experimento el total de hojas caídas durante el periodo de sequía se redujo en las plantas tratadas de ambas variedades (Fig 2 a y b) La edad en promedio de las hojas caídas de M Col 22 fue similar en las plantas tratadas y en las testigo mientras que en M Mex 59 la vida de las hojas fue ligeramente mas larga en las parcelas tratadas debido a que el tratamiento redujo la sombra sobre las hojas más bajas al reducir el área foliar

La reducción en el area foliar durante la sequía (Fig 2 c) es el resultado de la disminución en el tamaño de las hojas y de la disminución en la producción de hojas nuevas La investigación con plantas en materos sugiere que la expansión foliar y por consiguiente el tamaño de las hojas es extremadamente susceptible a la sequía la disminución en el numero de hojas nuevas por su parte se debió tanto a la reducción de las ramificaciones como a la disminución en la formación de hojas por ápice (Fig 3)

La reducción en el IAF y el cierre de los estomas durante el periodo de sequía causó una marcada disminución en la tasa de crecimiento del cultivo (Cuadro 1) Sin embargo el porcentaje del incremento total de la biomasa en las raíces fue mayor en las parcelas sometidas a sequía 32 y 53% en M Mex 59 y de 70 a 87% en M Col 22 sin y con estres respectivamente Como resultado directo de ese hecho el rendimiento de las raíces de M Mex 59 no se redujo significativamente durante el periodo de sequía (Fig 4) y en ambas variedades se redujo proporcionalmente menos que el peso total de la planta En consecuencia durante el periodo de sequía el cultivo tiende a mantener el crecimiento de raíces a expensas del crecimiento de la parte superior utilizando la reducida producción de materia seca de una manera sumamente eficiente

La notable disminución en el IAF durante el periodo de sequía es un mecanismo para reducir la transpiración Sin embargo la pérdida de agua también se controló por el cierre de estomas las hojas de las plantas de las parcelas tratadas tuvieron consistentemente mas baja conductividad de la hoja (una medida de apertura de los estomas) que las plantas usadas como testigos

La conductividad de la hoja del M Mex 59 fue algo menor que la de M Col 22 no obstante los calculos indicaron que la transpiración total fue similar debido al mayor IAF de M Mex 59

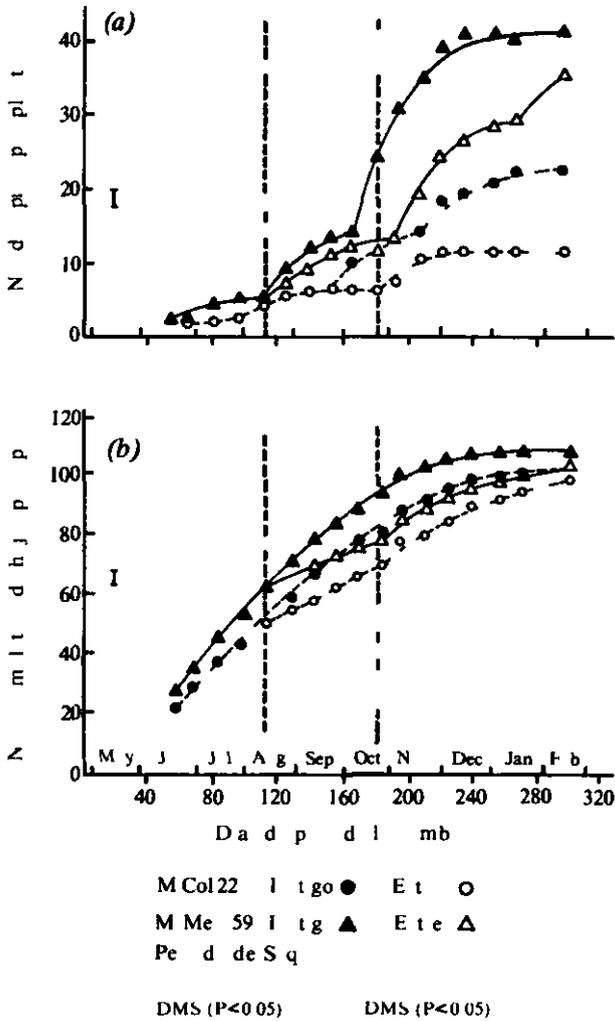


Fig 3 N m o d p p p l t (a) u m o m l t d h j p p (b) d l t d y u d t u n p n o d d q u

Cuad 1 T ad r e m t d l t d d l t d y a M C o l 2 2 y M M e 5 9 d r a t y d p e d e u p d d q u a

P d	D	P med da d dia n l (días)	P med da d (MJ/m)	P m d d l t a d c m t o (kg/h p d)			
				M C o l 2 2		M M 5 9	
				I t g	E t	I t g	E t
S	C1	109	17.3	27	27	39	30
C1	C2	39	18.2	103	62	96	47
C2	C3	33	19.3	112	14	74	51
C3	C4	38	19.7	113	40	130	31
C4	C5	87	20.3	17	35	61	115

S m b C h

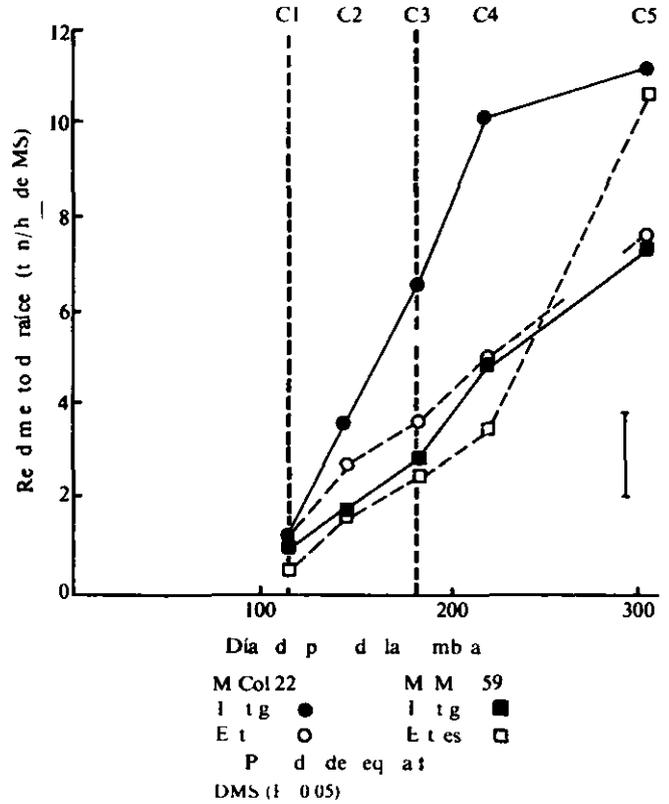


Fig 4 R n d m t i t d i t (MS) d d l t d y d u n t u p d d q v d p u d l C = s e c h a

El control de los estomas fue tal que el potencial hídrico de las hojas permaneció a niveles similares tanto en las parcelas tratadas como en las usadas como testigo. Los potenciales hídricos mínimos de las hojas fueron aproximadamente 1.5 MPa⁻¹ en las dos variedades.

El potencial hídrico del suelo medido a una profundidad máxima de 2 m en ambas variedades se redujo a cerca de 1.5 MPa un nivel similar al de las hojas. Las reducciones de agua en el suelo similares para ambas variedades indican de nuevo similares tasas de transpiración para las mismas aun con grandes diferencias en el IAF.

Para la segunda cosecha a mediados del período de sequía las plantas de M Mex 59 tratadas tenían una cantidad de raíces significativamente mayor a una profundidad mayor que en las parcelas usadas como testigo.

MP m gap se l 10 pasc l P l d / m

Para la cuarta cosecha se encontraron raíces a una profundidad de 2.6 m la mayor profundidad muestreada aunque el sistema de raíces de la yuca estaba bastante profundo también estaba relativamente esparcido en comparación con muchos otros cultivos. Este sistema más bien esparcido de las raíces puede ser un mecanismo para disminuir el uso del agua bajo condiciones de sequía y permitir más bien bajos niveles de transpiración y que el crecimiento continúe.

En resumen, estos datos sugieren que durante un período de sequía la planta de yuca puede extraer agua del suelo a profundidades de por lo menos 2 m hasta potenciales hídricos del suelo de 1.5 MPa.

El sistema de raíces esparcidas, el área foliar reducida y el cierre parcial de estomas conducen a un lento pero prolongado consumo de agua durante el período de sequía permitiendo un crecimiento total continuo pero bastante lento. Simultáneamente la proporción de crecimiento total utilizada en la expansión de las raíces aumenta bajo condiciones de sequía permitiendo a la planta minimizar la reducción en el crecimiento de raíces. Este efecto fue particularmente notable en la variedad más vigorosa M Mex 59.

Desarrollo y Rendimiento en Período de Recuperación

Después del período de sequía apareció una afluencia de vegetación nueva. Los ensayos en materas muestran que las hojas que superan el período de sequía incrementan rápidamente sus tasas fotosintéticas al regarlas de nuevo (Fig. 5) así tan pronto como disponen de agua suministran a las plantas un balance positivo de carbón.

Aparentemente las reservas de las raíces también son usadas para el rebrote de las partes superiores como se indica más adelante. Durante la recuperación los índices de área foliar para ambas variedades aumentaron y para la cosecha final 10 meses después de la siembra fueron similares tanto en las plantas usadas como testigos como en las tratadas (Fig. 1).

La recuperación del área foliar después de la sequía se relaciona con la tasa de formación foliar por ápice y por ramificación. La tasa de formación foliar por planta fue similar en las plantas en recuperación y en las usadas como testigos (Fig. 2) sin embargo en nudos situados a igual nivel las hojas de las plantas en recuperación fueron mucho más grandes que aquellas de los testigos. El tamaño grande de las hojas durante la recuperación inicial permitió a las plantas aumentar rápidamente el IAF.

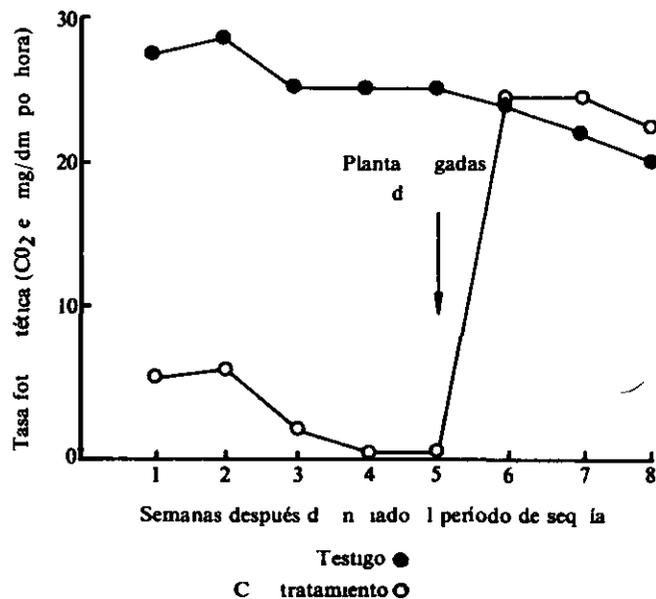


Figura 5. Tasa fotosintética (mg de CO₂/dm²/h) de hojas homologas de plantas de yuca M Col 1684 sembradas en materas durante un período de sequía y después de él.

El total de nudos producidos en las plantas tratadas siempre fue menor que el de las plantas no tratadas por consiguiente los aumentos de peso en los tallos de las primeras fueron menores durante el período de recuperación. El IAF en M Mex 59 fue suficiente para lograr una tasa de crecimiento diaria razonable de 89.5 kg/ha en las plantas en recuperación comparado con 82.0 kg/ha de las testigos, esto unido a la disminución en el crecimiento del tallo resultó en un rendimiento final de 10.7 ton de raíces secas/ha en las plantas tratadas mayor que el de las testigos que fue de 7.6 ton/ha.

El IAF de las plantas de M Col 22 previamente tratadas fue tan bajo que su crecimiento diario se redujo notablemente ya que sólo alcanzó 36.5 kg/ha en comparación con el de las testigos que alcanzó 46.2 kg/ha. La tasa de crecimiento de la raíz fue más baja durante la recuperación produciendo rendimientos de 7.3 ton/ha en las parcelas tratadas comparados con 11.2 ton/ha en las testigos.

Estos resultados sugieren que cuando la sequía ocurre en la mitad del período de crecimiento puede ser preferible una variedad de yuca vigorosa a una de tipo menos vigoroso aunque esta pueda producir más en condiciones favorables de suministro de agua.

Calidad de las Raíces en Condiciones de Sequía y de Recuperación

La calidad de las raíces de la yuca está estrechamente relacionada con el contenido de materia seca y de almidón

En el experimento descrito anteriormente el contenido de materia seca de las plantas usadas como testigos aumentó uniformemente con la edad del cultivo hasta la cosecha final 10 meses después de la siembra. En M Col 22 la materia seca de las raíces aumentó notablemente durante la primera parte del periodo de sequía (Fig 6) pero disminuyó notablemente durante la recuperación y se mantuvo en un límite menor hasta la cosecha final.

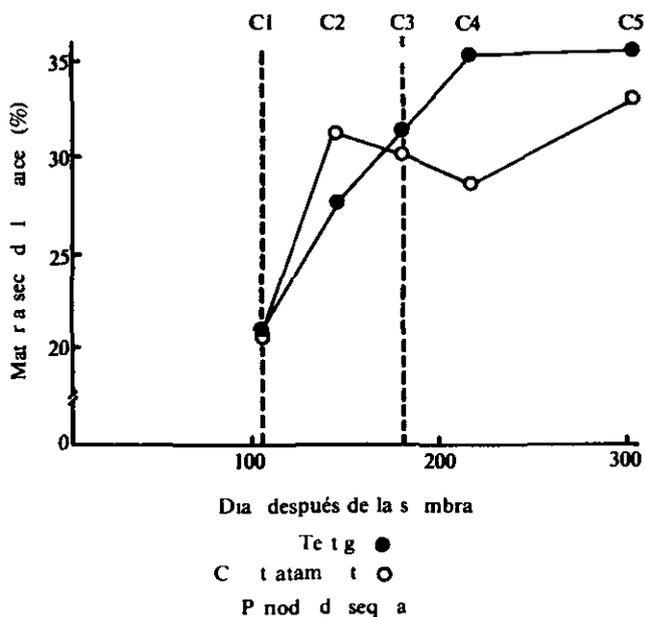


Figura 6 Cambio en el contenido de materia seca (%MS) de raíces del cultivo de yuca M Col 22 durante un periodo de sequía y después de él. Cosecha

La disminución de la materia seca en la fase de recuperación es compatible con la hipótesis de que la planta usa las reservas de sus raíces para producir la rápida afluencia de follaje durante ese periodo.

El contenido de almidón aumentó ligeramente al final del periodo de sequía (20.1 versus 18.3%) No obstante al final de la primera fase de recuperación el contenido de almidón había ascendido a sólo 20.3% comparado con 26.3% de los testigos y esta diferencia todavía existía a nivel reducido al final de la cosecha. El contenido de almidón (calidad de la raíz) fue por lo tanto más afectado por la sequía en la fase de recuperación y nunca se recuperó completamente.

Análisis del Rendimiento en Función del Desarrollo y Morfología de la Planta

Durante los últimos años el clon de M Col 1684 ha sido consistentemente una de las variedades de más alto rendimiento en el amplio rango de condiciones existentes en las áreas de las pruebas regionales. En CIAT Palmira se comparó el crecimiento y desarrollo de M Col 1684 con M Ven 77, M Ptr 26 y M Col 22 para determinar si existían diferencias básicas entre M Col 1684 y los otros clones.

En la cosecha final un año después de la siembra los rendimientos de raíces secas variaron de 10.4 ton/ha en M Ven 77 a 14.4 ton/ha en M Col 1684. La biomasa total (incluyendo las hojas caídas) varió poco (26.1 a 27.4 ton/ha de materia seca) de aquí que las diferencias en materia seca se debieron principalmente a diferencias en el índice de cosecha, este varió de 0.40 en M Ven 77 a 0.53 en M Col 1684.

En todas las variedades el patrón de desarrollo del área foliar fue similar aunque M Col 22 se desarrolló más lentamente, mantuvo el IAF más alto durante las fases de crecimiento posteriores.

De los cuatro clones examinados M Col 1684 tuvo ramificaciones mucho más abundantes. Mientras que el número de ramas de las otras variedades aumentó por fases, el número de ápices activos de M Col 1684 fluctuó ampliamente, estas fluctuaciones no se deben a una gran variabilidad en los resultados sino más bien a la alta tasa de mortalidad de ápices en ciertas épocas.

La mortalidad del ápice bajo condiciones de sequía puede permitir que M Col 1684 ajuste rápidamente su área foliar a las condiciones de sequía y esta muerte descendente puede reducir la cantidad de materia seca que se requiere para el crecimiento de nudos durante la fase de recuperación.

Aunque la ramificación inicial fue mucho mayor en M Col 1684, su IAF no tendió a ser mayor que los de las otras líneas debido al tamaño menor del área foliar máxima a un gran descenso inicial en el tamaño foliar con la edad de las plantas y a una tasa relativamente baja de formación foliar por ápice.

Otras características tales como tasa fotosintética, eficiencia individual de las hojas en el uso del agua, número de raíces, inclinación de hojas y la relación entre la tasa de crecimiento del cultivo y el IAF no mostraron mayores diferencias que pudieran estar asociadas con rendimientos de M Col 1684.