

EFECTO DE LA REMOCIÓN DE ESTRUCTURAS REPRODUCTIVAS SOBRE LOS RENDIMIENTOS DEL ALGODONERO (*Gossypium hirsutum* L.) EN EL SUR DEL CESAR

Alfredo Jarma O.¹
Rafael Bolaño A.¹
Angel Mendoza O.¹
Hermes Aramendiz T.²

RESUMEN

El estudio se realizó en 1997 en la zona algodoneira de Aguachica, sur del Cesar, con el propósito de cuantificar el efecto de la remoción secuencial de las estructuras reproductivas de tres genotipos de algodón, sobre los rendimientos totales y zonales de la planta, e identificar la plasticidad de los genotipos, mediante la capacidad de compensar la pérdida de estructuras reproductivas. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, con nueve tratamientos y tres repeticiones, donde la parcela principal fueron los genotipos y la subparcela la frecuencia de remoción semanal de las estructuras reproductivas, una unidad experimental de un surco de 5 metros de largo. Los genotipos incluidos fueron las líneas experimentales Cesar 121, Cesar 123 y la variedad comercial Gossica MC23 como testigo. Las observaciones se hicieron sobre tres plantas tiqueteadas de cada subparcela. Para la zonificación de la producción, se utilizó el modelo sugerido por Jenkins y McCarty (1995), en el cual se definen tres zonas específicas: 1, 2, y 3, que aportan respectivamente 47, 44 y 9 % de los rendimientos finales de la planta. Los resultados indicaron que el comportamiento de los genotipos frente a las diferentes severidades de remoción de sus estructuras reproductivas fue diferencial. Remociones tempranas, es decir, de 1^a, 2^a y 3^a semana de iniciada la fase reproductiva, al parecer no afectan los rendimientos finales, por la capacidad de la planta

de reponer o compensar las pérdidas (plasticidad genotípica). Por el contrario, pérdidas de estructuras durante 6 semanas o más, causaron severas y significativas reducciones en los rendimientos finales de los tres genotipos (95, 87 y 71%, para Gossica MC23, LC121 y LC 123 respectivamente), sugiriendo que las estructuras producidas después de 75 días de emergencia, no contribuyen mucho a la producción final de la planta. Las zonas 1 y 2 fueron las que mayor aporte hicieron a los rendimientos finales, sin afectarse significativamente por las remociones, en tanto que la zona 3 tendió a decrecer en su participación según la severidad de las pérdidas.

Palabras claves: Algodón, mapeo, estructuras reproductivas, rendimiento algodón - semilla, fisiología de cultivos.

SUMMARY

This study was carried out in 1997 at the cotton region of Aguachica (south of Cesar State Colombia). The main purpose of this study was to quantify the sequential removing effect of plant reproductive structures on total cotton yield and its distribution in they different plan zones as also to identify the recuperation capacity of those reproductive structures lost by removing effect. A split plot treatment design in randomized block was used with treatments and three replication, where main plot was the ge-

1. Investigadores Agrícolas Fisiología de Cultivos - CORPOICA. C.I. Motilonia. A. P. 021. Codazzi, Cesar.
2. Profesor Asociado Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Córdoba, Montería, Córdoba.

notype and the subplot was the weekly removing frequency for seven weeks. The plot size was one row five-meter long. The genotypes included were line Cesar 121, (okra leaf type) and line 123 (dwarf cotton plant) and Gossica MC-23 (tall) as a check. The data were taken on three plant per each plot. Plant production for each zone was measured using Jenkins and McCarty model (1995). This model defines three specific zones (1, 2 and 3). Reproductive organ removing treatments showed significant differences among genotypes. Early removing (1, 2 or 3 weeks from square inflation) did not have a significant effect of lint yield, due to plant ability of replacing the reproductive organs lost. However, the reproductive organs lost from six or more weeks caused significant reduction of lint yields in the three genotypes included in the present study. The reduction were 95%, 87% and 71% in Gossica MC-23, Line 121 and Line 123 respectively. The zones 1 and 2 had the highest yield contribution without removing consideration, while in the zone 3 the yield decreased in the same order of the severity lost.

Key words: Cotton, mapping, reproductive structures, yield cotton-seed, crops physiology.

INTRODUCCIÓN

El algodón es por naturaleza una planta dinámica y dotada de gran capacidad para emitir estructuras, su fisiología es compleja, y de algunos procesos es poco lo que se conoce a pesar de ser quizá uno de los cultivos más investigados. La caída de botones y cápsulas ha sido tema de profundo interés para los cultivadores e investigadores del algodón durante muchos años. Son muchos los factores internos y externos que afectan la caída de botones y cápsulas (luz, espacio, insectos, enfermedad, temperatura, agua, nutrientes.), aún más si se considera la interacción entre ellos (Guinn, 1982).

La ubicación de las cápsulas y los botones en la planta, tienen efecto sobre la retención. Esta varía mucho con la posición dentro de la rama fructífera: es alta en la primera posición y disminuye progresivamente en las posiciones

que siguen hacia afuera en las ramas (Mauney y Henneberry, 1979). Las cápsulas parecen ser más susceptibles al derrame durante la semana siguiente a la iniciación de la floración. La estructura ubicada en el nódulo más cercano al tallo principal tiene menos posibilidades de caerse debido posiblemente a que es una semana más vieja que la inmediatamente siguiente.

En Colombia, Altamiranda *et al.* (1991), al estudiar la participación de cada fruto en la producción total de la planta de algodón, encontraron que para los cuatro genotipos evaluados, el 40 % de la producción total y de los ingresos fue aportada por los frutos de la primera posición. Gómez y Polo (1995) reportaron que esta posición aportó el 41 % del peso total cosechado. Jones *et al.* (1996) encontraron que en la primera posición de las ramas reproductivas se produjo entre el 81 y 70 % del total de cápsulas cosechadas.

En un estudio de fructificación de algodón en la región del Sinú medio colombiano, Gómez y Polo (1995) encontraron que para la variedad evaluada Delta Pine 61, el 82% de las motas se encuentran entre la 3ª y 19ª ramas fructíferas, producidas de los 30 a los 75 días después de la emergencia del cultivo. Los autores concluyeron que la capacidad de compensación de las estructuras removidas fue inversamente proporcional a la edad del cultivo.

Jarma (1996), al evaluar cinco genotipos de algodón en dos ambientes de Colombia encontró que los aportes de la zona 1 fueron más importantes en todas las variedades respecto a lo reportado por el modelo norteamericano de Jenkins *et al.* (1990).

Dada la importancia del entorno sobre el desarrollo fisiológico y el potencial productivo de la especie, se implementó la presente investigación con el objetivo de cuantificar los efectos de la remoción secuencial de estructuras reproductivas de tres genotipos de algodón sobre los rendimientos totales y zonales de la planta, e identificar la plasticidad de los mismos mediante su capacidad de compensar la pérdida de estructuras reproductivas.

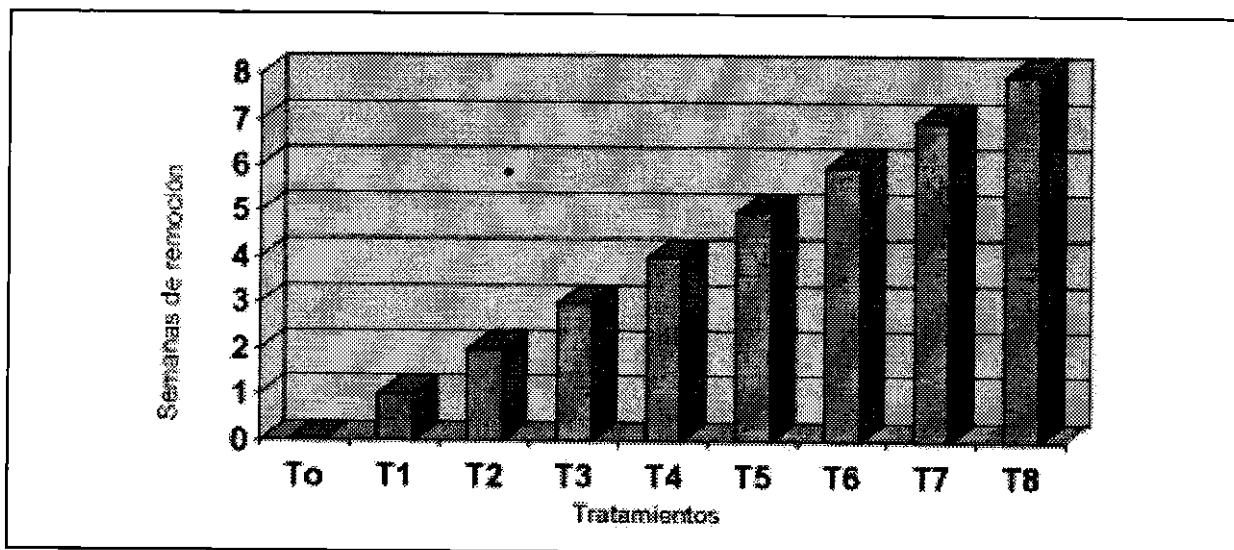


Figura 1. Frecuencia de remoción semanal de estructuras reproductivas en tres genotipos de algodón. Aguachica -Cesar. 1997 B.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante el segundo semestre de 1997 en la zona algodonera de Aguachica - Cesar, ubicada a 127 msnm temperatura y precipitación promedio anual de 30°C y 1400 mm respectivamente, humedad relativa del 75% y suelos de fertilidad media.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar bajo un arreglo de parcelas divididas, con nueve tratamientos y tres repeticiones. Las parcelas principales fueron los genotipos : Línea Cesar 121, Línea Cesar 123, Gossica MC 23 y las subparcelas la frecuencia de remoción de estructuras reproductivas. La unidad experimental fue de un surco de 5 m de largo, con distancia de 0,90 m entre surcos y de 0,30 entre plantas. Los tratamientos correspondieron a las eliminaciones o remociones en cada genotipo de las estructuras reproductivas formadas durante la respectiva semana consecutiva. Así, el tratamiento uno (T1), correspondió a la eliminación de todas las estructuras reproductivas formadas en la primera semana, el dos (T2), a la eliminación de las estructuras formadas en la primera y segunda semana, el tres (T3), a las tres primeras semanas y así sucesivamente hasta llegar a la octava semana de

emisión de estructuras; en el testigo absoluto, no se efectuó remoción como lo muestra la Figura 1.

El manejo agronómico realizado fue el tradicional efectuado por los productores de la región. Así mismo se tuvo especial cuidado en evaluar derrame de estructuras por factores ajenos a los evaluados en el estudio.

Para la zonificación de la producción, se utilizó el modelo sugerido por Jenkins y McCarty (1995) en el cual se definen tres zonas específicas (1, 2 y 3) que aportan respectivamente el 44, 47, y 9% a los rendimientos finales de la planta (Figura 2).

Con el propósito de observar la diferencias estadísticas entre los tratamientos evaluados, se realizó un análisis simple de varianza y una prueba de comparación de medias (DMS) en un nivel del 5% de probabilidad (Steel y Torrie, 1980; y Reyes 1989).

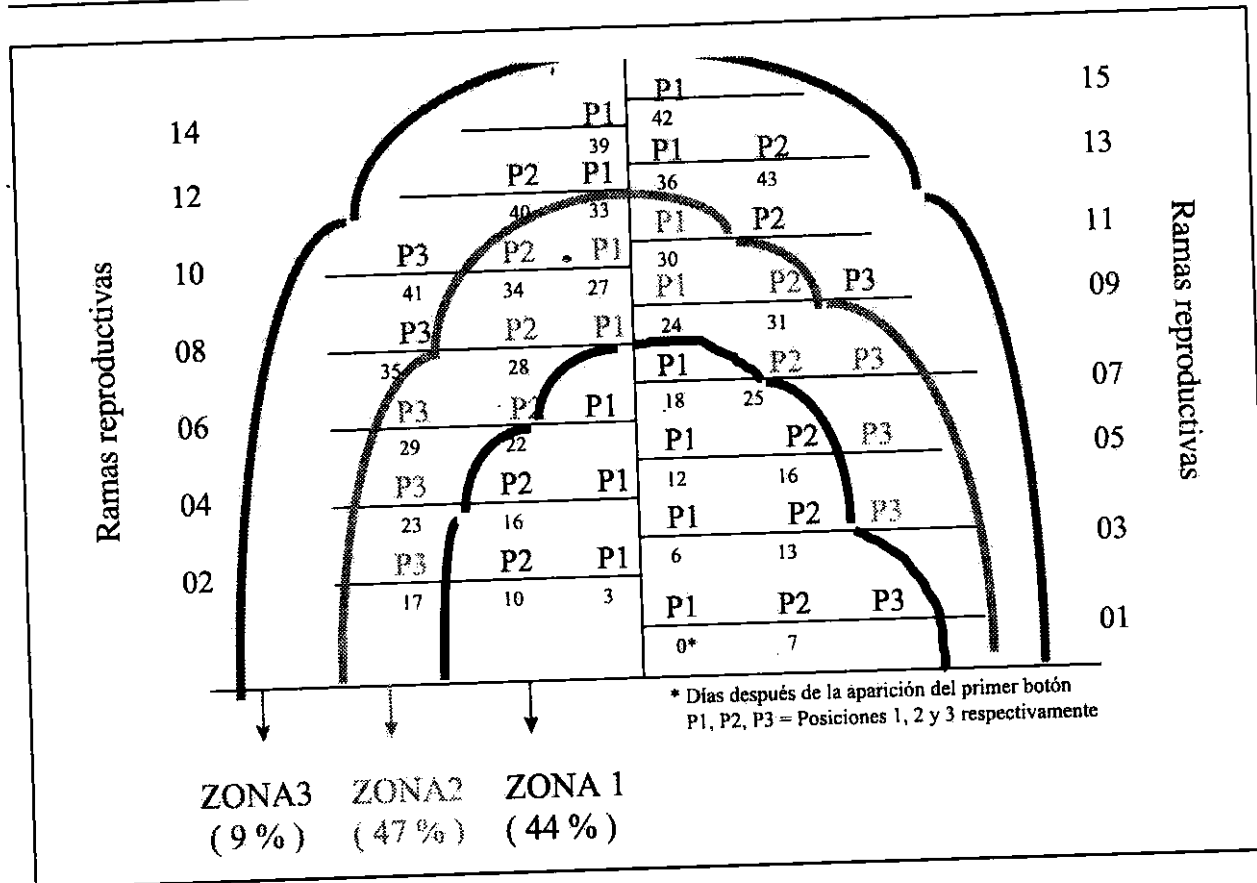


Figura 2. Zonas de rendimiento del algodón por posición (Jenkins et al. - 1990)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Etapas de diferenciación de la fructificación de la planta

El estudio de la fructificación de los genotipos mostró que las dos primeras ramas vegetativas aparecen a los 10-15 días después de emergida la planta y la primera rama fructífera a los 25 días. El primer botón se diferenció en el terminal a los 30 días, su paso a flor demoró 19 ± 1 día, la flor duró un día y su paso a cápsula abierta demoró 47 ± 2 días después de la floración. Resultados similares fueron observados por Gómez y Polo (1995).

Análisis del rendimiento de algodón semilla

Los cuadrados medios del análisis de varianza para la variable rendimiento de algodón

semilla (kg/ha), mostraron diferencias altamente significativas para los genotipos y tratamientos. No se detectó significancia estadística ($P=0,05$) para la interacción genotipo x tratamiento indicando que la tendencia de las variedades frente a la severidad de remoción fue similar (Cuadro 1).

La prueba de comparación de medias entre tratamientos (Cuadro 2), señaló, que las remociones tempranas de las estructuras reproductivas, es decir a la 1ª, 2ª y 3ª semana de iniciada dicha fase, parece estimular los rendimientos finales de algodón semilla/ha o sugiere que la planta mantiene la capacidad de reponer y/o compensar la caída de las estructuras en tanto que en las pérdidas sucedidas a partir de sexta semana no posee esta habilidad probablemente por el poco tiempo que tiene para llenar eficientemente los vertederos restantes. Así mismo se observó que la máxima producción de

Cuadro 1. Cuadrados medio del análisis de varianza para rendimiento de tres genotipos de algodón. Aguachica - Cesar. 1997 B.

Fuente de Variación	Cuadrado medio
Bloque	3951322 NS
Genotipos	18771211 **
Error (a)	894338
Tratamientos de remoción	6184 5705 **
Genotipo x tratamiento	4117542 NS
Error (b)	3125855
C.V. (a) = 14%	
C.V. (b) = 26%	

** : Altamente significativa (P= 0, 01)
 C.V. : Coeficiente de variación

estructuras se originó entre la tercera y quinta semana de iniciada la fase reproductiva, estando su punto máximo alrededor de los 60 días.

cuperar las estructuras pérdidas a pesar de tener altas remociones y estar en avanzada edad fenológica.

Estos resultados son similares a los reportados por Gómez y Polo (1995), quienes encontraron que la planta de algodón puede perder el 100% de los botones y cápsulas formadas hasta los 60 días sin afectar la producción final, indicando además que la planta tiene una gran capacidad de recuperar las estructuras perdidas, siendo esta capacidad inversamente proporcional a la edad de la planta. Igualmente Carrillo *et.al.* (1977), confirmaron, el gran potencial que tiene la planta de algodón, para re-

Los análisis de los porcentajes de rendimiento de los genotipos en estudio indicaron que las remociones tempranas produjeron rendimientos superiores al testigo en un 21% en la Línea Cesar 123, en un 20% en la Línea Cesar 121, y un 17% en Gossica MC 23, lo cual denota la plasticidad de los mismos y refuerza la hipótesis que remociones tempranas de estructuras reproductivas, al parecer estimulan los rendimientos o mantienen la capacidad de compensar las pérdidas (Cuadro 3), aunque es

Cuadro 2. Rendimientos de algodón semilla (kg/ha) de tres genotipos sometidos a diferente épocas de remoción de estructuras reproductivas. Aguachica Cesar 1997B.

Genotipos	Tratamientos									
	To	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	X
LC 121	1814	1963	2185	1703	1629	2185	1370	888	230	1746 b
LC 123	2592	3148	2592	2074	2444	1630	1814	518	497	2164 a
GMC 23	2444	2555	2851	2814	2852	2630	1703	592	115	2319 a
X	2283 a	2555 a	2542 a	2197 a	2308 a	2148 ab	1629 b	666 cd	280 d	

Promedios con la misma letra son iguales estadísticamente (P< 0,05)

importante aclarar que estas diferencias no alcanzan la significancia estadística ($\alpha = 0,05$). Lo anterior coincide con lo encontrado por Gómez y Polo (1985)

Zonificación de la producción

Al analizar los aportes de cada zona a los rendimientos finales de algodón semilla, se observa que los genotipos presentan en general un comportamiento diferente al modelo propuesto por Jenkins y McCarty (1995), en el tratamiento donde no se removieron estructuras. Lo más relevante es el comportamiento de la zona tres (Z3), que para las condiciones donde se efectuó la investigación aportó un 28%, en tanto que el modelo Norteamericano sugiere que esta zona aporta solo el 9% (Cuadro 4). Lo anterior sugiere que los genotipos nacionales tienden a enviar mayor cantidad de asimilados a la zona 3, respecto a los extranjeros. Resultados

diferentes encontró Jarma (1996) quien reportó que la zona 3 presentó un comportamiento similar al propuesto por Jenkins y McCarty, pero que la zona 1 y 2 si mostraron un comportamiento diferencial.

En los tratamientos donde se efectuaron las mayores frecuencias de remoción, las ramas fructíferas secundarias o vegetativas muestran mayores promedios de aporte a los rendimientos, como una respuesta de la planta al redistribuir los fotosintatos, sobre todo cuando hay pérdida del órgano demandante (vertedero). Lo anterior puede ser una respuesta fisiológica ante un desbalance en la relación fuente vertedero. En ese sentido se observó que los tratamientos con mayores frecuencia de remoción T₈, T₇, T₆ y T₅ contribuyeron con un 40, 36 30 y 28 % respectivamente a los rendimientos finales. La Figura 3, muestra la tendencia creciente de aportes a los rendimientos finales por plan-

Cuadro 3. Porcentaje de rendimiento respecto al testigo de tres genotipos de algodón sometidos a diferentes severidades de remoción de estructuras reproductivas. Aguachica 1997 B.

Genotipos	Tratamientos								
	T1	T2	T3	To	T4	T5	T6	T7	T8
LC 121	8	20	- 6	0	- 10	20	- 24	- 51	87
LC 123	21	0	20	0	- 6	- 37	- 30	- 80	-81
G MC 23	4	17	15	0	17	8	- 30	- 76	-95
X	11	12	10	0	0	- 3	- 28	- 69	-88

Cuadro 4. Contribución promedia porcentual por zona a los rendimientos finales de tres genotipos de Algodón en los tratamientos sin remoción de estructuras. Aguachica 1997B

Zonas	Gossica MC 23	Línea Cesar 121	Línea Cesar 123	X	Jenkins & McCarty
1	44	31	28	34	44
2	24	31	23	26	47
3	32	35	16	28	9
* R.V.	3	33	12	-	

* Ramas vegetativas o fructíferas secundarias

ta de las ramas vegetativas a medida que la severidad de la remoción es mayor, lo que al parecer se hace a expensas de los fotoasimilados de las zonas 1, 2 y 3.

Para la variedad Gossica MC-23, las pérdidas tempranas de estructuras reproductivas, no afectaron significativamente los aportes de las zonas uno y dos, hasta la cuarta semana consecutiva de remoción. No obstante la zona tres resultó afectada drásticamente. Asimismo fue evidente que las pérdidas severas ocurridas a más de cuatro semanas consecutivas de remoción, afectan drásticamente a las zonas uno y dos, aunque las ramas fructíferas secundarias al parecer resultan beneficiadas. Esto sugiere que Gossica MC-23 es el genotipo más afectado por las eliminaciones severas de las estructuras reproductivas respecto a las líneas experimentales, obteniéndose en el tratamiento ocho (T_8) los más bajos promedios de rendimiento.

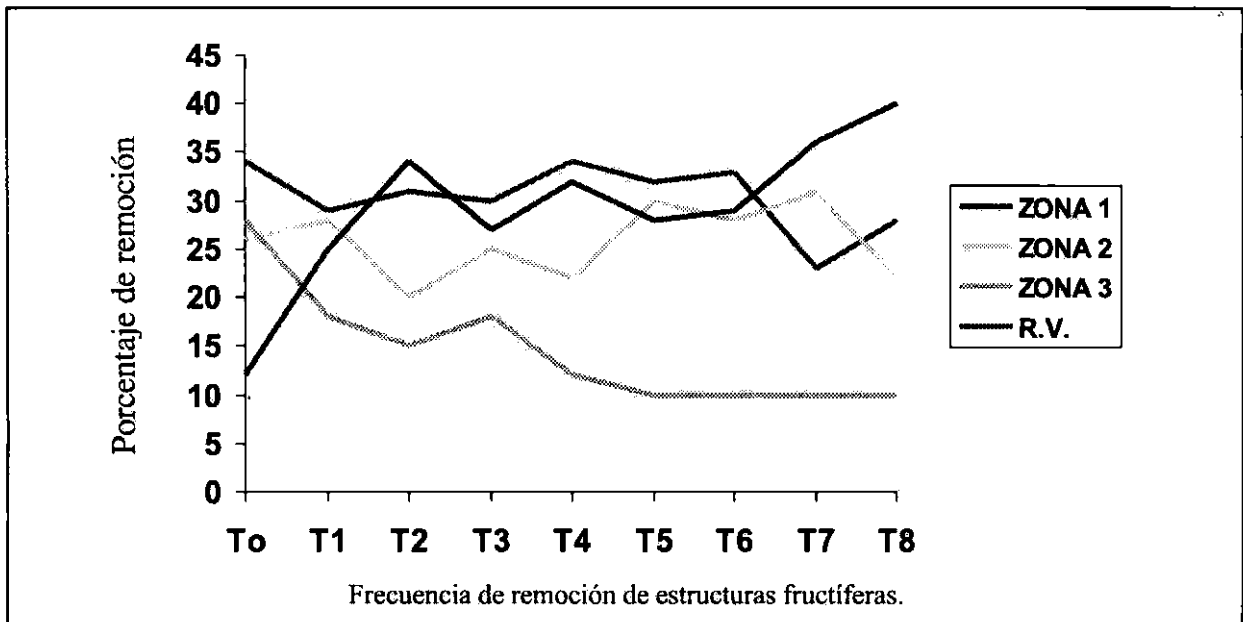
La línea Cesar 121, presentó una respuesta de redistribución diferente a Gossica MC-23, ya que al parecer remociones medianamente severas tienden a ubicar los fotosintatos hacia

las zonas 2 y 3, en tanto que la zona 1, tiende a decrecer en aportes. Las ramas fructíferas secundarias aportaron gran porcentaje de la cosecha en aquellas parcelas cuyas plantas fueron sometidas a remociones consecutivas de 8 semanas. En el testigo, la distribución de la producción fue similar para las zonas 1, 2 y 3, sugiriendo ser un genotipo de mayor periodo de crecimiento respecto a los otros dos recursos genéticos.

Por otra parte en la línea Cesar 123, las remociones tempranas mantienen la tendencia de producción zonal, con comportamiento similar al testigo. Sin embargo, al producirse pérdidas severas de estructuras reproductivas, este genotipo al parecer envía más fotosintatos a las zonas 1 y 2, mientras que las ramas fructíferas secundarias resultan seriamente afectadas.

Lo anterior indica que el comportamiento de los genotipos en estudio fue diferencial en la redistribución de los fotosintatos, aunque las tendencias generales resulten similares, en cuanto a rendimientos finales se refiere. Paralelamente en el estudio se observó que a menor frecuencia de remoción se evidenciaba en las

Figura 3. Contribución porcentual por zona a los rendimientos finales de los genotipos de algodón en estudio. Aguachica 1997 B.



plantas una presencia mayor del disturbio del anaranjamiento del algodonero o síndrome de deficiencia del potasio, en tanto que en los tratamientos con mayor frecuencia de remoción (T_6 a T_8), la incidencia del disturbio fue menor.

Este comportamiento puede explicarse porque posiblemente al iniciarse en la planta el crecimiento de las estructuras fructíferas, el potasio se acumuló en los carpelos de los botones florales y al necesitarlo para formar la fibra, se originó una emigración del mismo desde las hojas hacia los botones, flores, y cápsulas. Dentro de ese desarrollo fenológico probablemente ocurrió, que cada vez que se eliminaron las estructuras reproductivas, la respuesta de la planta fue enviar el potasio asimilado hacia las hojas, ante la ausencia de cápsulas proceso que se repitió secuencialmente durante todo el ciclo del cultivo, originándose una acumulación progresiva de dicho elemento y manteniéndose en consecuencia un adecuado nivel de potasio en esos puntos de intensa actividad fisiológica. El comportamiento observado es explicado por la ecuación de regresión : $Y = 3,20 - 0,18 X$; donde Y es la incidencia porcentual del problema y X la intensidad de remoción. El coeficiente de determinación ($R^2 = 0,87$), le da mayor peso al modelo estimado, soportando la hipótesis que lo observado obedeció a los tratamientos y no al azar.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el estudio se puede concluir que :

El comportamiento de los genotipos de algodón (Líneas Cesar 121, 123 y Gossica MC 23), frente a las diferentes severidades de remoción de sus estructuras reproductivas fue diferencial.

Remociones tardías inducen a la planta a redistribuir fotoasimilados principalmente a las ramas vegetativas.

Remociones tempranas, a la 1ª, 2ª y 3ª semana de iniciada la fase reproductiva, no afectan los rendimientos finales, por la capacidad de la planta de reponer o compensar las pérdi-

das (plasticidad genotípica), al redistribuir sus asimilados.

Las zonas 1 y 2 son las que mayor aporte hacen a los rendimientos finales, sin afectarse significativamente por las remociones tempranas, en tanto que la zona 3, decrece en su participación según la severidad de las pérdidas.

Existe una alta correlación positiva entre el porcentaje de anaranjamiento y la severidad de la remoción.

El crecimiento vegetativo es supremamente alto en los genotipos de algodón donde se suceden pérdidas severas de estructuras reproductivas, lo que posiblemente puede predisponer el cultivo a ataques de comedores de follaje.

LITERATURA CITADA

- ALTAMIRANDA, E., R. JIMÉNEZ, Y J. CADENA. 1991 Estudio de la participación de cada fruto en la producción total de la planta de algodón (*Gossypium hirsutum*). Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agrícolas. Montería. 85 p.
- CARRILLO, V. E. ; M., A. CUAJAR; R. CHÁVEZ, 1977. Daños simulados en porcentajes de belloteros especialmente *Anthonomus grandis* Boheman, a diferentes edades en el algodonero. Revista Colombiana de Entomología. Bogotá (Colombia). Vol.3. No. 3. p.65 - 70.
- GÓMEZ, L. U. ; y M. A., POLO, 1995. Fructificación del cultivo del algodón en el Sinú Medio y el control de plagas. Revista Colombiana de Entomología. (Colombia). Vol. 21. No.4, p.183-189.
- GUINN, G. 1982. Fruit age and changes in abscisic acid contains, ethylene production, and abscission rate of cotton fruit. Plant Physiol. 69 : 349 - 362.
- . 1982. Causes of square and boll shedding in cotton. USDA - ARS Tech. Bulletin No. 1672. USDA-ARS. Washington, D.C.

- JARMA, O. A. 1996. Efectos del genotipo, riego y fertilización sobre la fisiología de la reproducción del algodónero. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia. 160 p. Santafé de Bogotá.
- JONES, M. A., R. WELLS, AND D.S. GUTHRIE. 1996. Cotton response to seasonal patterns of flower removal: I Yield and fiber quality. *Crop Sci.* 36: 349-638.
- JENKINS, J. N., J. C. MCCARTY, JR., AND W. L. PARROTT. 1990 a. Effectiveness of fruiting sites abscission rate of cotton fruit. *Plant Physiol.* 69 : 349 - 362. in *Cotton : Yield.* *Crop Sci.* 30 : 365 - 369.
- _____, ____ and ____ . 1990 b. Effectiveness of fruiting sites cotton, Boll size and boll set percentage. *Crop Sci.* 30 : 365 - 860.
- MAUNEY, J. R., AND T. J. HENNEBERRY. 1979. Identification and damage symptom and patterns of feeding of plant bugs in cotton. *Journal Econ. Entomol.* 72 : 496 - 501.
- REYES, C. P. 1989. Diseño de experimentos aplicados. Editorial Trillas. 5ª Edición. México, D.F. p.345 - 380.
- STEEL, R. G.; Y TORRIE, J. H. 1980. Biestadística . Principios y procedimientos. Primera edición en español. McGraw-Hill. México. p.110-119.