

6

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE ALGODÓN Y SUS EFECTOS SOBRE EL MANEJO DEL CULTIVO

Jorge Cadena Torres*

INTRODUCCION

La especie de algodón que cultivamos comercialmente en Colombia se llama *Gossypium hirsutum L.* y es nativa de México y Centroamérica, en donde se pueden encontrar plantas nativas creciendo como arbustos de carácter perenne y de crecimiento indeterminado. A través del proceso de mejoramiento genético el hábito de crecimiento de esta planta ha sido modificado para adaptarla a la producción comercial. Aunque botánicamente todas las plantas de algodón son clasificadas como indeterminadas, hemos pasado de las plantas nativas, perennes e indeterminadas a plantas anuales y de crecimiento más o menos determinado. En esta forma las variedades de algodón cultivadas comercialmente pueden clasificarse como determinadas o indeterminadas. Mas que a una clasificación botánica, esto se refiere a plantas que a través de la presión de selección ejercida por el hombre se han convertido en plantas que crecen

más o menos en forma determinada y producen un producto comercial (algodón con semilla) más temprano que las plantas nativas y así se acomodan a sistemas de producción comercial (Landivar y Benedict, 1996).

Es así como durante el ciclo de vida de un cultivo comercial de algodón la planta va creciendo y formando su estructura desde que emerge del suelo, pasando por una fase vegetativa, reproductiva, hasta llegar a la madurez fisiológica. Para pasar a través de estas fases de desarrollo, la composición genética de la planta interacciona con el medio ambiente para determinar el momento de iniciación y la duración de cada fase. En cada fase de desarrollo ocurren procesos fisiológicos que tienen por objeto satisfacer las necesidades específicas de la planta en cada estado de crecimiento. El entendimiento de esta relación (estado de desarrollo-proceso fisiológico), es la clave para el manejo eficiente del cultivo.

*J.A. Ph.D. Coordinador Nacional Plan de Algodón, Corpoica Reg. 2, Apdo Postal 602, Montecría, Córdoba.

Esta presentación tiene como objetivo describir las fases de desarrollo de un cultivo de algodón desde la siembra hasta la cosecha y los correspondientes procesos fisiológicos que ocurren en cada una de ellas y que determinan las prioridades de la planta, con el fin de derivar recomendaciones para el manejo del cultivo. Antes de ello es necesario, sin embargo, discutir los cambios que se han establecido en las variedades modernas de algodón.

TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE LAS VARIETADES DE ALGODON

En el negocio del algodón, los programas de mejoramiento genético en el mundo constantemente están liberando al mercado nuevas variedades de algodón. Cada variedad posee unas características que le son únicas y que le permite acomodarse o adaptarse a cierto tipo de condiciones ambientales. La labor del Ingeniero Agrónomo es identificar aquella o aquellas variedades que por sus características, mejor se ajusten a las condiciones particulares de cada zona, finca o lote de cultivo. Por esto la selección de la variedad es considerada como una de las decisiones de mayor importancia para el logro de los retornos económicos.

La selección de plantas con alta capacidad genética para lograr máximo rendimiento ha sido sin lugar a dudas una de las características de mayor importancia en el proceso de mejoramiento.

A través de este proceso los investigadores han logrado incrementar el potencial de rendimiento en cada variedad sucesivamente liberada, en 7 a 10 libras de fibra por año, durante los últimos 55 años hasta llegar a los niveles en que nos encontramos hoy en día (Meredith et al., 1997; Guthrie et al., 1994). La mayor parte del éxito ha estado en lograr que la planta de algodón dedique cada vez una mayor parte de su biomasa (energía) a la producción de frutos, en detrimento de la parte vegetativa (hojas, tallos y raíces) y en los frutos, dedicar una proporción de energía cada vez mayor a la producción de fibra en detrimento de la semilla (Mendoza 1999). En otras palabras, a través del mejoramiento genético el hombre ha logrado producir unas plantas de algodón que producen cada vez menos hojas y tallos para dedicar esa energía a la producción de un mayor número de frutos, con mayor contenido de fibra. Este cambio ha requerido que la hoja sea cada vez más eficiente en absorber la energía luminica, sintetizar y suministrar los carbohidratos que requiere la planta. Hace 30 años cuando las plantas eran de crecimiento indeterminado, exuberantes y de mayor tamaño, la capacidad de producción y las expectativas de rendimientos eran menores, y se podía tolerar tener en campo plantas ineficientes, que producían rendimiento bajos, aun ante las condiciones más severas de estrés. Sin embargo, en la medida en que el rendimiento ha ido aumentando, con variedades que producen menos estructuras vegetativas y más reproductivas, la

eficiencia ha ido en aumento, pero a la vez las plantas son menos tolerantes a factores de estrés de tal forma que hoy en día los agricultores y asistentes técnicos necesitan poner suma atención al cuidado de un área foliar cada vez más pequeña (Heke et al., 1991).

La proporción de biomasa acumulada en las estructuras reproductivas, en relación a la biomasa total es lo que se conoce como el índice de cosecha (IC). El IC se ha ido incrementando en los últimos 54 años de 45% en las variedades antiguas a 60% en las variedades modernas (Guthrie et al., 1994). Es decir, se ha pasado de plantas que dedicaban el 45% de su biomasa total a la fabricación de frutos, a plantas que hoy en día dedican el 60% de su biomasa a la fabricación de frutos. Esto a la vez implica que, el potencial de rendimiento de las variedades modernas de algodón ha alcanzado su máximo valor y no se esperan progresos significativos en el potencial del rendimiento de las variedades en el cercano futuro. Esto se debe a que incrementos adicionales en el índice de cosecha podrían no ser recomendables debido a que una disminución adicional en las estructuras vegetativas podría dejar a la planta con la incapacidad para sostener el crecimiento de los frutos, especialmente bajo las condiciones de estrés ambiental.

Toda esta discusión para llegar a decir que hoy en día las variedades de algodón poseen altos potenciales de rendimiento y poseen características de crecimiento que las ha-

cen distintas a las variedades que sembrábamos hace apenas algunos años y que modifican los patrones de manejo a que deben ser sometidas por parte de los agricultores y asistentes técnicos. Dos de las principales características involucradas en las variedades actuales que afectan el manejo son la precocidad y la estructura de la planta.

Precocidad: Las variedades actuales llegan a producción y cosecha en un menor tiempo que las variedades antiguas. Esta precocidad ha sido obtenida por los fitomejoradores seleccionando plantas con una más rápida producción de botones, una mayor capacidad de retención de frutos y un periodo de maduración de la cápsula más corto. A través de esta estrategia se ha llegado a producir variedades que tienen ciclos productivos que pueden ser siete días más cortos que el de las variedades que sembrábamos en el pasado. Esta ganancia, aunque parece insignificante, ha sido de vital importancia en términos del manejo integrado de plagas y el manejo del cultivo. Esto debido a que la precocidad impone una mayor demanda y eficiencia en la planta y exige una mayor habilidad del agricultor para manejarla.

Estructura de la Planta: La mayor parte de las variedades de algodón sembradas en Colombia provienen de los Estados Unidos. En este país se produce en los años 1980's un cambio en los patrones de siembra. De una separación entre surcos de 40 pulgadas (101.6 cm) se pasó a un patrón denominado surcos an-

gostos (narrow row) en el cual la separación entre surcos es de 30 pulgadas (76.2 cm), y más recientemente al sistema de surcos superangostos (ultranarrow row), separados a distancia de 10 a 15 pulgadas (25 – 38 cm). Además de los cambios en el hábito del crecimiento impuesto por los programas de mejoramiento genético en los años 50's y 60's para inducir un comportamiento anual en una planta perenne la tendencia a sembrar surcos cada vez más angostos ha obligado también al cambio en la estructura de la planta. Para ello se han seleccionado variedades con entrenudos de los tallos más cortos, ramas fructíferas más cortas, menor producción de ramas vegetativas y frutos concentrados en las primeras posiciones.

FASES DE DESARROLLO

Con base en la anterior discusión, el período de crecimiento de las variedades modernas de algodón puede dividirse en cuatro fases: Fase vegetativa, fase juvenil, fase reproductiva y fase de maduración (Landivar y Benedict, 1996).

Fase Vegetativa: Corresponde del período que va desde la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas hasta la aparición de los primeros botones florales. Es decir, se inicia con la germinación de la semilla y la expansión de los cotiledones, continúa con la formación de las primeras hojas verdaderas y termina con la aparición de los primeros botones florales en la primera rama fructífe-

ra, en el nudo 6 ó 7. Esta fase puede durar entre 27 y 38 días, dependiendo de la temperatura y la variedad sembrada.

Durante esta fase fisiológicamente la energía de la planta se dedica principalmente a la exploración del suelo a través del crecimiento radical. Es común observar durante esta fase que el crecimiento de la parte aérea de la planta es muy lento. Sin embargo, si se explora una posición del suelo se puede notar que la mayor parte del crecimiento esta ocurriendo en las raíces, las cuales exploran en poco tiempo un gran volumen de suelo. La relación parte aérea/parte subterránea durante esta fase puede bajar de 0.35 a 0.15, indicando una alta proporción de los recursos de la planta (biomasa) se están enviando preferencialmente a las raíces. Esta preferencia de la planta se debe a su necesidad por explorar un mayor volumen de suelo que le permita extraer agua y nutrientes en preparación para la fase siguiente.

Fase juvenil: La fase juvenil se inicia con la aparición del primer botón floral, continúa con el desarrollo de las ramas fructíferas y sus botones florales, y termina con la aparición de la primera flor blanca. La duración de esta fase esta determinada por la temperatura y la variedad, pero usualmente dura entre 25 y 35 días. Durante esta fase las plantas entran a una fase lineal de crecimiento y ganancia de peso en la parte aérea y que ocurre como consecuencia de la elongación del tallo y la formación del área foliar. La

prioridad de la planta durante esta fase esta orientada a construir una antena colectora de radiación solar para capturar la máxima radiación y maximizar el proceso fotosintético. La energía capturada a través de este proceso fisiológico es utilizada para la fabricación de azúcares que son transportados a la planta y dedicado a la elongación del tallo, la formación y expansión de las hojas, y la formación de las ramas fructíferas y los botones florales.

Fase Reproductiva: Esta fase de desarrollo comienza en el momento que aparece la primera flor blanca, continúa a través del desarrollo de las cápsulas hasta la madurez y finaliza en el momento en que se fertiliza la última cápsula cosechable, en lo que se denomina el corte (cutout). Dependiendo de la variedad y las condiciones del cultivo, esta fase tiene una duración de seis a ocho semanas (semanas de floración). En términos prácticos el final de esta fase coincide con el momento en que la flor blanca de primera posición se localiza a cinco nudos por debajo del terminal de la planta. Esta flor es la última flor con el tiempo y las condiciones suficientes para llegar a convertirse en una cápsula madura, con la fibra y la semilla completamente formadas.

Durante esta fase de desarrollo las plantas continúan creciendo en términos de elongación del tallo, se alcanza la máxima altura y la máxima intersección de luz (el cultivo cierra calles). Los requerimientos de carbohidratos para el inicio de la floración, la fertilización de las flo-

res y el llenado de los frutos hasta la madurez, indican que el proceso fisiológico de mayor importancia durante esta fase es la fotosíntesis. A través de este proceso las hojas en su máxima capacidad fotosintética elaboran los carbohidratos que posteriormente envían a los frutos para la formación de la fibra, la semilla y los carpelos. En la medida que la planta desarrolla un mayor número de frutos, así mismo se incrementa la demanda por carbohidratos. Debido al hábito de crecimiento indeterminado de la planta de algodón los órganos vegetativos continúan creciendo durante esta fase hasta que la demanda de carbohidratos por parte de los frutos es tan grande que eventualmente el crecimiento vegetativo se detiene. Esto se debe a que la planta destina sus recursos preferencialmente al desarrollo de las estructuras reproductivas. La demanda total de carbohidratos se ha incrementado a una tasa mayor que el incremento en el área foliar y la capacidad del proceso fotosintético es insuficiente para satisfacer las necesidades totales de la planta. A pesar de esto, la planta continúa produciendo frutos hasta que eventualmente la demanda de los frutos excede la capacidad de suministro de las hojas, se presenta competencia entre fruto y otros órganos de la planta. En este momento la planta establece prioridades en cuanto al destino de los carbohidratos, especialmente entre los frutos. Si consideramos los frutos desarrollados sobre una misma rama fructífera, cuando un botón ubicado en segunda posición florezca, el fruto

ubicado en primera posición tendrá una edad por lo menos de ocho días. La demanda por carbohidratos del fruto ubicado en primera posición es mayor y se incrementa cada día hasta alcanzar su punto máximo a los 15-25 días de edad. La planta en este momento preferencialmente dedica los carbohidratos disponibles al llenado del fruto ubicado en primera posición, en detrimento de los ubicados en segunda y tercera posición (Guthrie et al., 1994). Se ha establecido también que la capacidad fotosintética de las hojas alcanza un punto máximo a los 15 días de su expansión, permanece constante por espacio de 20 - 30 días, y se reduce en los 20 días siguientes (las hojas tienen una longevidad de 46 días en promedio). Esto quiere decir que la hoja se convierte en un exportador de carbohidratos 20 días después de su expansión y permanece en esta condición hasta que muere y se desprende de la planta. De otro lado, una hoja ubicada en el tallo principal, cerca a una rama fructífera, con una edad de 30 - 40 día, presenta una capacidad fotosintética que comienza a declinar. En este momento el botón ubicado en primera posición en esa misma rama fructífera florece, y debido a que la hoja más cercana ya está declinando y no le puede suministrar los carbohidratos que necesita, se ve en la necesidad de importar de otras hojas, cerca del 75% de los carbohidratos que necesita para su crecimiento. Esta necesidad de "importación" de carbohidratos es aun mayor si la rama presenta más de un fruto en las posiciones 2, 3 o 4.

Este momento de insuficiencia general en la disponibilidad de carbohidratos es lo que causa el corte (la última flor blanca se ubica a cinco nudos del terminal de la planta). Esto normalmente ocurre 80 a 90 días después de la siembra (Landivar y Benedict, 1996) y quiere decir que esta última flor estará lista para ser cosechada cuando la planta tenga entre 136 y 145 días, considerando un período de desarrollo del fruto de 56 días. Algunos agricultores sostienen que es posible madurar un número de flores producidas posteriormente al corte y llevarlas a producción. Esto se logra en términos prácticos mediante la aplicación adicional de recursos como agua, nutrientes, e insecticidas, que en realidad lo que hacen es retardar el corte y no necesariamente representan un retorno económico ya que estas cápsulas se desarrollan bajo una fuerte competencia por carbohidratos, forman fibras y semillas inmaduras, a la vez que son fuertemente afectadas por plagas.

Fase de Maduración: La fase final en el ciclo de producción comienza con el corte y finaliza con la madurez del cultivo. Esta fase puede durar de cuatro a seis semanas. Durante esta fase las cápsulas continúan su proceso de crecimiento, la planta contiene un número importante de frutos de menos de 20 días de edad que son susceptibles todavía al ataque de insectos. El crecimiento vegetativo durante esta fase se ha detenido completamente debido a la demanda de carbohidratos por las cápsulas y la reducida acti-

vidad fotosintética de las hojas que comienzan a envejecer y a deteriorarse. Este envejecimiento ocurre principalmente por el déficit de nitrógeno en el suelo que no permite la renovación y actividad del aparato fotosintético.

MANEJO DURANTE LAS FASES DE DESARROLLO

El manejo eficiente de un cultivo requiere de un seguimiento muy estricto del crecimiento de la planta a través del período de crecimiento en lo que se denominan técnicas de monitoreo. La actividad fisiológica y las prioridades de las plantas durante cada fase de desarrollo imponen diferentes estrategias para el manejo del cultivo.

Fase Vegetativa: El manejo del cultivo durante esta fase tiene como objetivos principales asegurar un establecimiento uniforme del cultivo, permitir que la planta desarrolle un sistema radical vigoroso, y que el follaje crezca sano y vigoroso.

Para obtener máximos rendimientos, el primer factor, y a menudo el más importante, es el poder lograr desde el inicio, un buen establecimiento de plantas después de la siembra (Hake et al., 1991). Se considera que un óptimo establecimiento se obtiene cuando en un metro de surco se obtienen de 6.5 a 9.8 plantulas (es decir de 66.600 a 111.000 plantas/ha.) para surcos separados a 0.9 metros. Usualmente el rendimiento no varía entre estas dos poblaciones debido a que la planta de algodón puede adaptarse

a variaciones en espacio. Sin embargo, el factor que usualmente causa las mayores pérdidas de producción en los lotes del cultivo es, la presencia de porciones de surcos sin plantas debido a cualquier condición sanitaria (enfermedades o insectos), ambiental (encharcamiento o sequía) o de manejo (germinación de la semilla, profundidad de siembra, calibración del equipo). Se ha establecido que porciones de surcos sin plantas, menores de 90 cm no afectan significativamente el rendimiento debido a la capacidad de compensación de la planta de algodón. Sin embargo, cuando se presentan porciones de surcos sin plantas de longitudes entre 90 y 120 cm, se pueden presentar reducciones en los rendimientos a la vez que causa un ataque de malezas en las porciones no cubiertas y pérdida de productos químicos (herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc.).

En una estrategia de reducción de costos y eficiencia de las labores, la decisión con respecto a sí es conveniente o no resembrar un lote que presenta fallas en los surcos esta basada en los costos de la resiembra, la reducción potencial en el rendimiento debida a las fallas en la emergencia y la condición, número y espaciamiento de las plantas que quedan. Las pérdidas potenciales de producción ocasionado por fallas en los surcos, dependen del tipo de variedad sembrada. Para variedades de porte alto y crecimiento indeterminado, las pérdidas de población no son tan severas, debido a que las plantas, por su carácter indeterminado, tienen una

alta capacidad de compensación. En las variedades de porte compacto y crecimiento determinado, la potencialidad de reducciones del crecimiento, es mayor debido a que estas plantas tienen una menor capacidad de compensación. En estudios hechos en Estados Unidos se ha establecido que, para variedades de porte compacto, las pérdidas de producción pueden ser iguales a la mitad (50%) de las pérdidas porcentuales de población. Es decir, que si en un lote de cultivo se ha perdido el 20% de la población, las reducciones en el rendimiento serán la mitad de esta cifra, es decir 10% (Heke et al., 1991).

Fase Juvenil El objetivo principal del manejo durante la fase juvenil es, asegurar que el tallo principal crece normalmente, el área foliar se forma con rapidez y se retienen las estructuras formadas. La planta de algodón desarrolla su primera rama fructífera en el nudo 6 o 7 del tallo principal, considerando el nudo cotiledonar como el nudo cero. Por debajo de estos nudos la planta de algodón solo puede emitir ramas vegetativas. A temperaturas por encima de 25°C las plantas de algodón producen una nueva rama cada tres días. De igual forma, sobre cada rama fructífera, la planta desarrolla sucesivamente un nuevo fruto cada seis días (Landivar y Benedict, 1996). Cuando se llega al final de la fase juvenil, al momento de la apertura de la primera flor, una planta que ha crecido normalmente debe haber desarrollado entre 14 y 16 nudos por encima de los nudos

cotiledonares. En este momento la planta debe haber alcanzado una altura que depende de la variedad, pero que debe estar entre 56 y 64 cm. Es decir que en promedio cada entrenudo debe tener una longitud entre 3.5 a 4.6 cm. Esto es lo que se conoce como la relación altura/número de nudos, y es una técnica de monitoreo que le permite al agrónomo determinar si el cultivo está creciendo o no normalmente. Algunos factores que pueden alterar esta relación son: Sequía, encharcamiento, fuertes ataques de insectos y pérdidas de estructuras reproductivas, niveles excesivos de nitrógeno, etc. Para los casos en que la relación altura/número de nudos es muy alta, se recomienda el uso de un regulador de crecimiento para tratar de controlar el excesivo desarrollo vegetativo del cultivo. Para los casos en que la relación es baja se recomienda aplicar fertilizantes y agua, principalmente. Para el primer caso, el regulador de crecimiento más utilizado comercialmente para este propósito es el Cloruro de Mepiquat (PIX, marca registrada BASF) el cual causa una inhibición sustancial en la elongación del tallo y las ramas fructíferas, pequeñas reducciones en el área foliar (5 - 10%) e incremento en el grosor de la hoja. La energía extra que resulta al controlar el crecimiento vegetativo, la mayor penetración de luz, los mayores niveles totales de fotosíntesis pueden capitalizarse para mejorar la retención de estructuras reproductivas (Hake et al., 1991). Se ha encontrado que el mayor

efecto del PIX se presenta entre los nudos 6 a 12 en donde ha causado un incremento en la retención de frutos del 15%. Otros efectos de este producto son mayor precocidad y uniformidad de la cosecha.

Durante la fase juvenil el desarrollo de la planta le permite interceptar entre el 70 y el 75% de la radiación solar incidente y la energía capturada le permite retener la mayor parte de los botones florales producidos. Sin embargo, se pueden presentar caídas de botones durante esta fase debido a la alta nubosidad principalmente y al ataque de insectos plaga como el picudo y *Heliothis*. Por esta razón, las actividades de manejo durante esta fase deben concentrarse no solo en el monitoreo del cultivo, sino también en el manejo de las plagas para no permitir que estas alcancen niveles económicos.

Fase Reproductiva El objetivo de las prácticas de manejo de esta fase se concentra en alcanzar la máxima altura, obtener un cierre completo de las calles, proteger y retener las estructuras formadas. Debido a la alta demanda de carbohidratos por parte de los frutos en desarrollo, las prácticas de manejo deben concentrarse en mantener altos niveles de fotosíntesis durante esta fase. Esto puede lograrse por un lado obteniendo una máxima interceptación de luz a través del cierre de las calles y la altura de la planta. Por otro lado a través del suministro oportuno de los nutrientes y el agua,

especialmente el nitrógeno que necesita la planta para mantener el aparato fotosintético en su máxima actividad (Clorofila, Rubisco). Por esta razón se recomienda la aplicación de fertilizantes nitrogenados al suelo antes o al momento de la iniciación de esta fase. Si la cantidad de nutrientes en el suelo no es suficiente para satisfacer las demandas de la planta o la actividad radical es insuficiente, debe considerarse la fertilización foliar como una alternativa. A este respecto existen discrepancia en la conveniencia de esta práctica entre investigadores, ingenieros agrónomos y productores. La fertilización foliar en ninguna forma reemplaza o sustituye a la fertilización edáfica, y no es el medio natural de absorción de nutrientes. Sin embargo, en caso en que la planta pasa por un estrés nutricional momentáneo, la fertilización foliar complementa y provee una cantidad de nutrientes que puede prevenir o reducir la abscisión de botones y cápsulas pequeñas. La conveniencia económica de esta práctica, sin embargo, debe tenerse en cuenta debido a que las necesidades de nitrógeno en esta fase bien pueden alcanzar los 3 a 5 kg./ha/día (Landivar y Benedict 1996) y las aplicaciones foliares no son suficientes para proveer estas cantidades. Por lo tanto se requiere de frecuentes aplicaciones para obtener respuestas, y la conveniencia económica de éstas debe ser considerada.

Los ataques de insectos durante

esta fase son una seria preocupación debido a que pueden reducir la carga de la planta y prolongar el período de corte. Durante esta fase emergen las segundas generaciones de picudo y se presentan ataques de *Spodoptera*, Alabama, Rosado y *Heliothis*, principalmente. Un monitoreo continuo del cultivo durante esta fase es necesario para prevenir que estos insectos alcancen niveles económicamente dañinos. Especial cuidado debe tenerse en proteger los frutos ubicados en posiciones uno y dos de la rama fructífera ya que estos aportan la mayor proporción del producto cosechable y de mejor calidad.

Fase de Maduración: El objetivo del manejo durante esta fase se concentra en proteger las últimas cápsulas cosechables del daño principalmente de insectos. La actividad del Ingeniero Agrónomo se concentra en determinar el momento para detener la aplicación de insecticidas, para ello es esencial establecer la fecha en que ocurrió el corte. Algunos estudios realizados en el exterior, bajo otras condiciones, han demostrado que cápsulas que han alcanzado 14 a 20 días de edad son mucho menos susceptibles al daño de picudo que las cápsulas pequeñas (Bagwell, 1994) citado por Landivar y Benedict, 1996). Por esta razón se recomienda la terminación de la aplicación de insecticida 20 días después de la fecha de corte. La razón para recomendar esto es que 20 días después del corte, todas las cápsulas cosechables tendrán

más de 20 días de edad y son relativamente menos atractivas para el picudo y otras plagas.

UNA CONSIDERACION SOBRE EL MANEJO: LA DENSIDAD DE POBLACION.

El objetivo de buscar densidades óptimas de siembra, radica en la necesidad de optimizar la habilidad de cada planta para interceptar la radiación solar incidente, usar el agua y los nutrientes disponibles en el suelo. A este respecto puede decirse que para cada zona, finca, lote o explotación existe una densidad óptima de siembra de acuerdo a sus condiciones ambientales (Luz, fertilidad, tipo de suelo y capacidad de retención de humedad). En términos generales puede decirse que las densidades óptimas de siembra bajan a medida que la variedad presenta una mayor altura y un crecimiento más exuberante. Por el contrario, cuando la variedad presenta un porte compacto y crecimiento determinado, la densidad óptima de siembra es mayor. Igualmente, en la medida en que el suelo es de menor fertilidad, más arenoso, con menor capacidad de retención de humedad, menor debe ser la densidad de población. Esto debido a que en densidades altas las raíces exploran un mayor volumen de suelo y usan una mayor cantidad de agua y nutrientes, el área foliar total es mayor y la superficie transpirante también es mayor.

La densidad de población afecta directamente características como humedad del suelo, interceptación

de luz, humedad y movimiento del viento. Estos factores a su turno afectan la altura de la planta, desarrollo de ramas, localización y tamaño de los frutos, madurez del cultivo y finalmente el rendimiento.

Efecto sobre la altura: Las plantulas del algodón recién emergidas tienden a crecer mucho cuando las densidades de siembra son altas. Sin embargo, en la medida en que la temporada progresa, este crecimiento se detiene y al momento de la cosecha, las plantas sembradas a alta población presentan menores alturas que las sembradas más espaciosamente. Esto se debe a que en los primeros estados de desarrollo las plantas pequeñas experimentan limitaciones en luz, y debido a que no existen limitaciones por nutrientes y agua en el suelo, responden creciendo. A medida que los nutrientes y el agua escasean en el suelo las posibilidades de crecimiento decrecen, la planta recibe menos luz y por tanto su crecimiento se detiene o reduce (Hake et al 1991).

Efecto Sobre el Patrón de Fructificación: La localización de los frutos en la planta también puede alterarse por efecto de la densidad de población. La localización de la primera rama fructífera puede elevarse un nudo, causando un retraso de 3 a 6 días en la madurez del cultivo. Las ramas fructíferas son más cortas y el desarrollo de nuevos nudos en la parte superior de la planta es menor. Mientras que, en las bajas densidades la planta tiende a ubicar sus frutos en segundas y terce-

ras posiciones, al igual que en las ramas vegetativas. A altas densidades de siembra los frutos se ubican en primeras y segundas posiciones y la planta rara vez produce ramas vegetativas. La planta por su parte, madura un menor número de frutos de menor peso, pero a la vez retiene un mayor número de frutos (Hake et al., 1991).

CASO DEL VALLE DEL SINU.

Para el caso del Valle del Sinú se efectuó un ensayo, evaluar nueve densidades de población (desde 66.000 hasta 166.000 plantas /ha.) en arreglos de surcos a 0.60, 0.80 y 0.90 metros y 6, 8 y 10 plantas por metro lineal en la variedad de algodón Deltapine 5415 de porte compacto y crecimiento determinado. Debido a que las condiciones de siembra difieren en la microregión en lo que se refiere al Valle Medio y Bajo del Río Sinú, el ensayo se realizó en dos localidades, representativas de estas zonas algodoneras. Igualmente, puesto que las condiciones ambientales algunas veces obligan a algunos agricultores a retrasar su siembra, cada arreglo poblacional se evaluó en dos épocas de siembra, una normal comprendida entre el 6 y 16 de septiembre y una tardía comprendida entre el 21 de septiembre y el 21 de octubre. Las épocas de siembra se manejaron como experimentos independientes.

Debido al crecimiento que la planta de algodón presenta en el Valle del Sinú, el experimento se maneja con el uso de un regulador de crecimen-

to (Cloruro de Mepiquat), utilizando un monitoreo semanal del cultivo.

En el Valle Medio del Sinú en el período normal de siembra fue más crítica la distancia entre surcos que la distancia entre plantas. Los mejores rendimientos se lograron en una separación entre surcos de 0.80 y 0.60 metro, con rendimientos de fibra de 1,270 y 1,393 kg./ha, respectivamente. En el período de siembra tardía no se presentaron diferencias entre las distintas distancias de siembra. En el caso del Bajo Sinú no se presentaron

diferencias estadísticas para los dos períodos de siembra. A través del análisis de regresión, se obtuvo la ecuación para las diferentes poblaciones utilizadas, encontrándose que, a medida que se aumenta la población los rendimientos se incrementan, alcanzando un punto máximo y posteriormente se reducen. El punto máximo se logra con una población de 125.000 plantas/ha. o 12.5 plantas/m². Con estos resultados se recomienda validar a nivel comercial un arreglo de 0.8 metro entre surcos y 10 plantas/metro lineal.