

DESARROLLO DE LA PLANTA DE ALGODONERO

INTRODUCCIÓN

El algodón es una planta perenne de origen tropical de la familia de las malvaceas, cuyo centro de origen se ubica en la planicie costera del sureste de México y Centroamérica (Wendel et al, 1992), pudiendo encontrarse en forma silvestre en localidades de hasta 750 metros sobre el nivel del mar. En forma silvestre se le encuentra en forma de arbusto de hasta 3 m de altura. La planta de algodón es una de las especies más plásticas y elásticas del reino vegetal, pudiendo adaptarse a diversos habitats desde la orilla del mar hasta regiones de altiplano mayores a 1000 m. En el mejoramiento genético de esta especie se ha buscado inducir un ciclo determinado para hacerla producir en un ciclo anual de porte compacto de alrededor de 1 m, sin embargo por su plasticidad responde positivamente a las diversas condiciones agroecológicas de cultivo, pudiendo alcanzar hasta 1.8 m en suelos muy fértiles o con alta precipitación, mientras que en suelos compactados o con problemas de salinidad tiene un desarrollo reducido de menos de 50 cm.

ESTRUCTURA DE LA PLANTA DE ALGODONERO

Los meristemas apicales dan origen a cuatro órganos: hojas, tallos, raíces y estructuras fructíferas (Mauney, 1968). A las primeras dos hojas se les conoce como cotiledonares, posteriores a estas aparecen las profolias, y las hojas verdaderas. Las hojas cotiledonares alcanzan un tamaño de 5 cm, las profolias son muy pequeñas, casi inconspicuas, mientras que las hojas verdaderas alcanzan un tamaño de hasta 15 cm.

El arreglo de las hojas a lo largo del tallo se le conoce como filotaxia. El algodón tiene una filotaxia espiral en que cada hoja esta colocada en un ángulo de 135° por encima de la anterior.

Sobre el tallo se pueden desarrollar dos tipos de ramas, vegetativas (monopodios) y fructíferas (simpodios), estas últimas son las más importantes desde el punto de vista de la producción. En el Valle del Yaqui se han documentado hasta 25 simpodios, sin embargo los últimos 5 tienen poca importancia desde el punto de vista productivo

El ciclo fructífero del algodón se caracteriza por cuatro fases, se inicia con la fase de botones florales (conocidos como cuadros), floración, desarrollo de cápsulas, y la fase final es la de capullos. Del total de cuadros producidos menos del 35% llega a flor. De las flores formadas, alrededor del 40% llega a capullos.

ETAPAS CRÍTICAS DEL ALGODONERO

La planta tiene tres etapas críticas, su establecimiento, su ciclo fructífero, y la época de la cosecha.

ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

El establecimiento del algodón enfrenta tanto factores abióticos como bióticos. Entre los abióticos el clima es el componente más importante. El clima comprende tanto la

temperatura y la posible precipitación pluvial al momento de la siembra, la germinación y la emergencia, la fructificación y la cosecha.

De acuerdo con Hake et al (1996), para obtener una buena nacencia se requieren un mínimo de 50 unidades calor, estas se pueden lograr en un período que puede variar de acuerdo a la fecha de siembra, sin embargo en el Valle del Yaqui, se ha observado que se requieren alrededor de 65 unidades calor.

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS DURANTE LA GERMINACIÓN Y EMERGENCIA

Uno de los momentos más crítico para el algodónero es la temperatura mínima al momento de la siembra y los primeros tres días posteriores al inicio del proceso de germinación (Hake et al, 1996). Para una óptima germinación se requieren temperaturas de 18°C en el suelo, con lo cual se tienen emergencias en un período de una semana. Temperaturas menores a 15°C pero mayores a 10°C, retardan la germinación y la emergencia, pudiendo agotarse las reservas de energía de la semilla (carbohidratos), bajo estas condiciones la plántula logra emerger después de 15 a 20 días, con lo cual se tiene un desarrollo inicial lento del cultivo en la fase vegetativa. Si al momento de la germinación las temperaturas fluctúan entre 5 y 10°C se esta corriendo un gran riesgo de no obtener la población mínima deseada y la necesidad de hacer una resiembra.

Existen dos fases de sensibilidad de la germinación. La primera ocurre en las primeras cinco horas de que comienza la imbibición o toma de agua por la semilla, en esta etapa estas primeras horas son críticas para la germinación y supervivencia. La semilla puede ser dañada severamente, si la toma de agua ocurre a temperaturas menores de 10°C. Si la temperatura es menor a 5°C, la semilla puede morir.

El segundo período ocurre entre el segundo y tercer día después de que la semilla inició la toma de agua. Temperaturas menores a 10°C en el suelo pueden dañar el desarrollo inicial de la radícula, provocando un posterior desarrollo anormal de la planta, simulándose los efectos de un crecimiento en suelo compactado, porque la planta alcanza un desarrollo reducido, muy por debajo de su potencial genético.

Podemos ayudar a obtener una mejor población de plantas, si escogemos una variedad de mayor índice de semilla, es decir de mayor peso. Las semillas pequeñas tienen una menor probabilidad de éxito en siembras tempranas cuando las temperaturas están por debajo del óptimo, mientras que variedades de semilla grande tienen mayor porcentaje de emergencia por su mayor vigor. De preferencia escoger semillas que tienen sobresaliente porcentaje de germinación en prueba de germinación en frío.

Por lo anterior hay que considerar establecer la siembra cuando las temperaturas del suelo sean cercanas al óptimo para la germinación y emergencia, lo anterior nos permitirá ubicar el desarrollo fructífero lo más cercano al óptimo fisiológico para la floración, y para que el pico de ésta no coincida con el pico de población de mosquita blanca.

Ya establecida la plántula, esta podrá soportar temperaturas cercanas al punto de congelación, si estas son de corta duración. Por otra parte la exposición a largos períodos,

a temperaturas menores a 5°C, pueden causar daños irreversibles, que se manifiestan en un pobre desarrollo vegetativo y fructífero.

Otro factor abiótico muy importante es la característica del suelo, suelos muy arcillosos, tienden a “rajarse” en el centro del lomo del surco, especialmente si la siembra se hizo en seco. Lo anterior trae como consecuencia, que se provoquen lesiones en las raicillas en desarrollo, lo cual da entrada a patógenos oportunistas, que provocan secadera, o Damping Off, lo cual trae como consecuencia pérdidas de población que en algunos casos pueden llegar a más del 50%, pudiendo haber la necesidad de resembrar.

PLAGAS TEMPRANAS

Las principales son gusanos trozadores, trips, pulgones. Los gusanos deberán controlarse si llegan a niveles críticos, porque de no ser así, pueden provocar serias bajas de población que obliguen a resiembras. Los efectos de los trips pueden ser muy dramáticos ya que provocan malformación de las primeras hojas verdaderas, sin embargo la planta es capaz de recuperarse y no sufrir baja en el rendimiento. Sin embargo si el ataque, va más allá de la quinta hoja, puede haber pérdidas de primeras posiciones.

RESPUESTA DEL ALGODONERO A LA DENSIDAD DE POBLACIÓN

El algodón por ser una especie perenne, tiene una gran plasticidad, pudiendo adaptarse a diferentes condiciones de densidad de población. Lo más importante para definir la capacidad competitiva de una variedad es su morfología y desarrollo foliar. Un estudio de competencia intergenotípica llevado a cabo en Texas (Hernández, 1979) reporta que variedades precoces, compactas, de hoja pequeña soportan una mayor población de plantas que variedades de ciclo intermedio, arbustivas, de hoja grande.

En el Valle del Yaqui en siembra de marzo, reportaron que CIANO COCORIM-92 aumentó, aunque no significativamente su rendimiento en pluma, en hueso, y a primera pizca cuando se dejó la población inicial sin aclareo (120 mil plantas/ha), indicando que tiene una menor competencia intragenotípica, en comparación con el testigo regional de aquella época, DELTAPINE 80.

En el Valle del Yaqui, Hernández y Pérez (1994), reportaron que poblaciones de 110 mil plantas por hectárea, tienen un potencial de producción estadísticamente similar que la convencional de 55 mil (Cuadro 1), con lo cual se pueden hacer ahorros sustanciales por el costo del aclareo.

Cuadro 1. Producción y principales componentes de rendimiento y calidad de fibra. CEVY-CIRNO. Ciclo primavera-verano 1994.								
Densidad de población	Rendimiento		Características de capullo			Calidad de fibra		
	Pluma	Hueso	% de fibra	Peso	Indice de semilla	Longitud	Finura	Resistencia
110,000	1343	3118	42.8	5.2	11.0	1 1/16	5.4	79.778
55,000	1280	2971	42.7	5.3	11.1	1 1/16	5.4	80.583

La planta de algodónero es muy sensible a la influencia poblacional, siendo por lo tanto muy proclive a las interacciones. HERNANDEZ y ORTÍZ (1994) reportan que CIANO COCORIM-92 y CIANO YAQUIMI-86 son variedades desarrolladas con un tipo de follaje menor que los tipos DELTAPINE, tanto en tamaño como en número de hojas. Por otra parte CIANO COCORIM-92 es de tipo compacto, es decir de entrenudos más cortos, tanto a lo largo del tallo principal y de los secundarios, como entre sitios fructíferos a lo largo de la rama. Así, las variedades CIANO incrementaron su rendimiento cuando crecieron en alta densidad de población, confirmando los resultados reportados por Hernández (1993). Por otra parte se encontró que la alta población en general produjo más que la baja, en siembras de febrero y marzo, más no en la siembra tardía de abril, sin embargo, se observan diferencias de respuesta en función de la variedad probada, CIANO COCORIM-92 mostró su mejor rendimiento en las siembras de febrero 22 y marzo 4, produciendo en forma similar en la siembra temprana de febrero 10 y en la tardía de abril 4. Por su parte, CIANO YAQUIMI-86 produjo casi siempre más en alta densidad de población. Finalmente, DELTAPINE 5415 rindió prácticamente lo mismo en baja y alta población en las siembras de febrero, mientras que más en alta población en la siembra de marzo y menos en baja densidad en la siembra de abril. La interacción de riegos con población se da con bastante frecuencia, en especial en función del cultivar objeto de manejo. Aunque se obtuvo el mayor rendimiento promedio cuando el calendario de riegos comenzó al inicio de la fase de cuadro, DELTAPINE 5415 que fue la variedad más rendidora, mostró su máxima producción en baja densidad cuando se inició el calendario de riegos de auxilio en cuando la planta tenía de 4 a 6 hojas verdaderas, bajando su producción después, tanto en el inicio a cuadros como en floración. Por su parte CIANO COCORIM-92 tuvo su mayor producción en alta densidad cuando el primer riego de auxilio se aplicó al inicio de la fase de cuadro, y con el menor rendimiento cuando el calendario de riegos comenzaba al inicio de floración. Finalmente CIANO YAQUIMI-86 mostró la misma tendencia en baja como en alta densidad de población, produciendo su máximo rendimiento cuando el inicio de riegos de auxilio ocurrió al comienzo del cuadro. Estos resultados discrepan de lo reportado en ciclos anteriores en función de que en ese ciclo, se tuvo como factor limitante a la Mosquita Blanca.

En un estudio llevado a cabo en fecha de siembra de diciembre Hernández (1998), encontró que con poblaciones cercanas a 200 mil plantas/ha se obtenían los mejores rendimientos en diferentes variedades de algodónero, en especial en aquellas de tipo compacto (Figura 1). El mayor rendimiento fue función de un ligero incremento en el porcentaje de fibra, a pesar de que se observaron pesos de capullo y tamaño de semilla ligeramente menores.

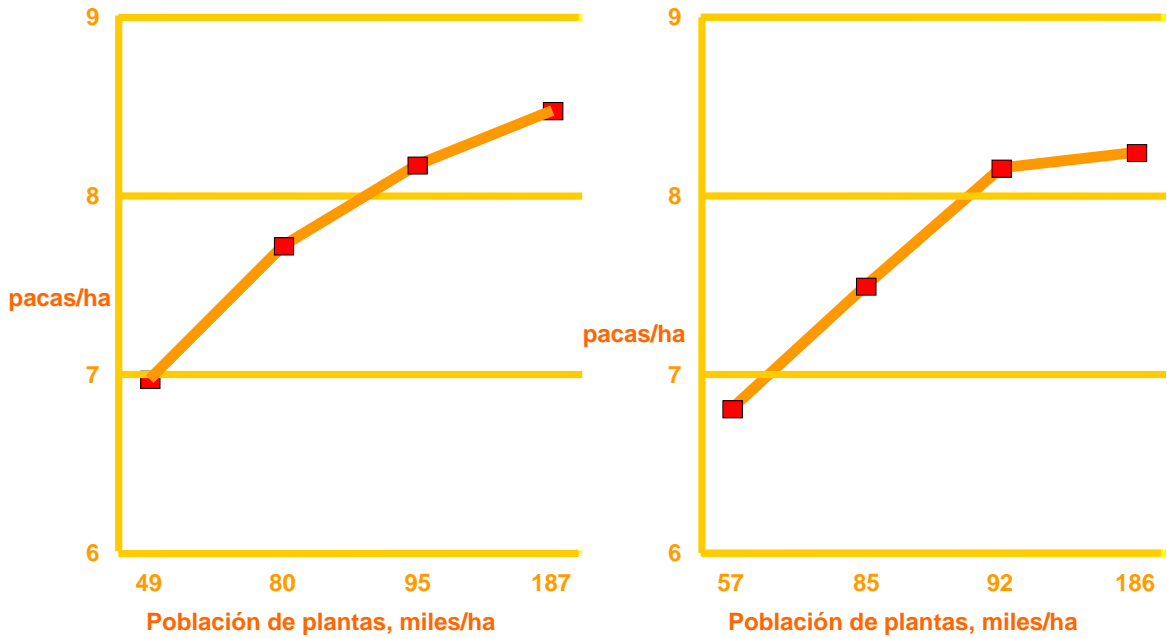


Figura 1. Respuesta a la densidad de población, redimiendo en pluma de cultivares de algodónero Valle del Yaqui, Son 1997-98.

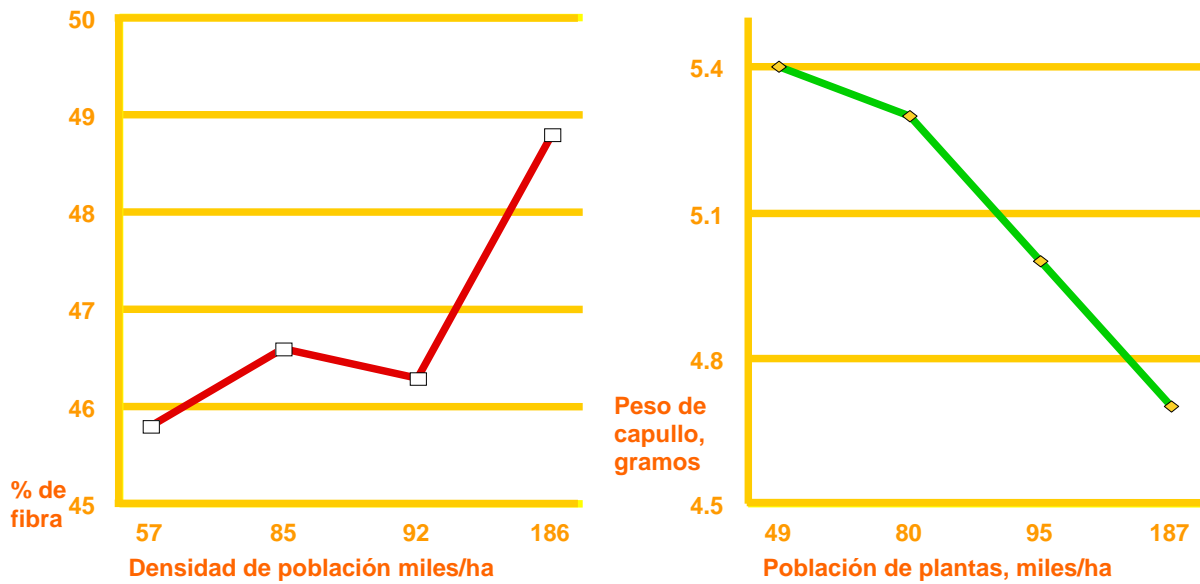


Figura 2. Respuesta del porcentaje de fibra y peso de capullo a la densidad de población, Cv. Deltapine 5415. Valle del Yaqui, Son 1997-98.

DESARROLLO FRUCTÍFERO

Para tener una fructificación exitosa se requiere tener un manejo óptimo del agua y del nitrógeno para evitar que se prolongue innecesariamente el ciclo, que conduce a problemas entomológicos.

El ciclo del algodónero se caracteriza por cuatro fases, se inicia con la fase de botones florales (conocidos como cuadros), floración, desarrollo de cápsulas, y la fase final es la de capullos.

Se puede definir el inicio de cuadro, cuando se empiezan a observar a simple vista los botones, este proceso se inicia en promedio a las 450 Unidades Calor (UC) en variedades precoces y en variedades de ciclo intermedio se requieren 500 UC. La fase de cuadro dura de 9 a 10 semanas. Se requieren de 25 a 30 días, para pasar de cuadro a flor.

El fruto del algodónero desde el punto de vista botánico es una cápsula, en términos vulgares se le conoce como bellota, pero esto es incorrecto porque las bellotas son los frutos de los encinos. En la literatura internacional se usa el término “bola”, mismo que se usará en este capítulo.

La floración se inicia a las 600 UC en variedades precoces, mientras que en variedades de ciclo intermedio se requieren 700 UC, en variedades de ciclo largo se necesitan 750 UC. La planta dura floreciendo hasta 10 semanas, si no tiene daño severo de plagas, sin embargo del total del ciclo de floración las primeras 6 semanas son las más importantes porque es donde se establece la aportación más importante al rendimiento final del algodónero. El día que la flor es fecundada ya es una bola, que alcanza su máximo desarrollo entre 21 a 25 días de la fecundación. En ese momento ya no requiere humedad. Se requieren de 45 a 60 días para completar la fase de flor a capullo, dependiendo de la fecha de siembra. El pico de bolas se alcanza entre la 4 a la 6 semana del inicio de floración, de nuevo dependiendo de la fecha de siembra, entre más temprana sea, más días se requieren para llegar a esta etapa, en el Cuadro 1 se presenta en días la ocurrencia de eventos de la fase fructífera.

Cuadro 2. Ocurrencia de los principales eventos de la etapa fructífera del algodónero. Valle del Yaqui, Sonora.

Evento	Siembra de		
	Diciembre	Enero	Febrero
Inicio de cuadro	2ª. Decena de marzo	1ª. decena de abril	2ª. Decena de abril
Inicio de floración	2ª. Decena de abril	1ª. decena de mayo	2ª. Decena de mayo
Pico de cuadro	1ª. Decena de mayo	3ª. decena de mayo	2ª. Decena de junio
Pico de floración	3ª. Decena de mayo	2ª. decena de junio	3ª. Decena de junio
Inicio de capullos	2ª. Decena de junio	3ª. decena de junio	1ª. Decena de julio
Cosecha	1ª. Decena de julio	2ª. Decena de julio	3ª. Decena de julio

La aparición de capullos inicia de 6 a 8 semanas de iniciada la floración, y al igual que el cuadro y la floración, depende de las temperaturas de desarrollo de la cápsula.

EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS DURANTE LA FASE FRUCTÍFERA

Las temperaturas óptimas para el desarrollo de la fase fructífera son: 28°C durante el día y nocturnas 21 - 24°C.

Temperaturas menores reducen el transporte de carbohidratos de las hojas a las fructificaciones, mientras que temperaturas mayores, gastan carbohidratos ineficientemente. Ambas condiciones provocan polen estéril.

Las plantas tienen sus limitaciones cuando se trata de adaptarse a la temperatura ambiental, por ejemplo no son capaces de bajar su temperatura, si están bajo un estrés, por exceso o carencia de humedad.

Temperatura y humedad altas provocan esterilidad en cuadros cabeza de cerillo, mientras que temperatura alta y baja humedad disminuyen el crecimiento del tubo polínico, provocando fallas de polinización.

Cuando se presentan ondas cálidas, las bolas menores de 10 días son las más susceptibles a perderse. Otros factores que provocan este fenómeno son: disminución de carbohidratos disponibles, períodos de sequía, y días nublados.

Si la floración se desarrolla bajo condiciones de veranos calientes, máximas arriba de 45°C, habrá un menor número de semillas por bola, la fibra presentará un alto micronaire, menor porcentaje de fibra, y ocasionalmente menor longitud de fibra.

DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA EN ALGODONERO

El muestreo de la planta de algodónero es vital para conocer el avance del desarrollo fructífero y tomar decisiones que aseguren la obtención del máximo potencial de rendimiento. El mapeo de la planta permite descubrir si ha habido fallas en el "pegado" de la floración. Para fines prácticos se recomienda tomar nota de las primeras dos posiciones de cada rama fructífera. Para obtener una buena estimación desde el inicio del cuadro hasta el pico de bolas, es necesario muestrear unas 20 plantas por lote. Si se desea obtener una estimación global de la carga, al final del ciclo, cuando ya han aparecido los primeros capullos, se recomienda cambiar al muestreo por área, en este caso muestrear al azar, seis sitios dentro del lote, cada sitio de un metro cuadrado.

La carga del algodónero se distribuye de manera más o menos uniforme a lo largo y ancho de la planta. Sin embargo la fructificación más importante desde el punto de vista de peso y calidad de fibra aparece en ramas fructíferas (simpodios) del tallo principal, y de estos las primeras dos posiciones representan la aportación más importante al rendimiento final, por lo que hay que evitar que estréses de humedad o niveles críticos de plaga provoquen la pérdida de dichas posiciones.

De acuerdo a la posición que guardan a lo largo de la planta, los sitios fructíferos en el primer tercio de la planta tienen una mayor probabilidad de llegar a capullo que los del 2°

tercio. A su vez los del 2° tercio tienen una mayor probabilidad que los del 3°. Dentro de un simpodio la primera posición tiene una mayor probabilidad de llegar a capullo que la 2a, que a su vez tiene una mayor probabilidad que la 3era, etc. La importancia de la carga que tiene cada simpodio se presenta en la Figura 1, y como es fácilmente observable, los primeros ocho aportan más del 7%, y el 85% de la carga final se acumula en los primeros 8 simpodios (Figura 3).

Por otra parte la densidad de población juega un papel muy importante en la aportación al rendimiento final (Cuadro 2). Altas densidades de población hacen más importantes a la primera y segunda posición, y al mismo tiempo hace que sea más crítico el monitoreo de insectos plaga, porque una planta en alta densidad de población tiene menos capacidad de amortiguar la pérdida de fructificaciones porque tiende a ser más determinada.

Cuadro 3. Aportación al rendimiento final de fructificaciones en simpodios en una variedad de ciclo intermedio en dos densidades de población.

Posición en el simpodio	Alta densidad de población	Densidad convencional
1a.	47	65
2a.	34	29
3a.	19	6

Una carga secundaria aparece en ramas vegetativas (monopodios); el porcentaje del rendimiento final depende de la fecha de siembra y de la densidad de población, pudiendo fluctuar desde un 10 hasta un 35%.

TERMINACIÓN DEL CICLO FRUCTÍFERO Y COSECHA

Desde el punto de vista fisiológico y económico, existe un estadio bien definido en la planta, ésta “acaba” cuando el número de Nudos Arriba de la Última Flor es cinco, que es cuando el 95% de las bolas han alcanzado un nivel de desarrollo que les permitirá ser cosechables (NAUF=5).

Una planta esta lista para defoliarse, cuando el número de Nudos Arriba del Capullo de primer posición al nudo de la última bola cosechable es cuatro (NAC=4, Figura 3).

El último riego de auxilio deberá aplicarse cuando la planta tenga un 10% de bolas abiertas.

Para tener un máximo de rendimiento y calidad de fibra, defoliar cuando se tenga por lo menos un 60% de capullos, o que ya no haya bolas maduras en el cuarto nudo superior. Sin embargo cuando halla peligro de lluvias se puede aplicar el defoliante cuando halla 30% de capullos abiertos con mínimos efectos negativos. Defoliaciones más prematuras pueden ocasionar pérdidas de hasta 30%

ESTIMACIÓN DE LA COSECHA

Cuando sea necesario llevar a cabo esta práctica y para obtener una estimación acertada, hay que esperar hasta la segunda semana de capullos. Seleccionar al azar seis sitios de muestreo de 1 metro cuadrado. Contar capullos y bolas maduras que hallan alcanzado su tamaño final, sacar el promedio de los seis sitios. El número obtenido de fructificaciones multiplicarla por 37.5 si la variedad es DELTAPINE 5415, 42.5 si la variedad es de bola grande. El valor obtenido es una estimación en kg/ha. Ejemplo, si el valor obtenido fuera 100, y la variedad es DELTAPINE 5415, la estimación del rendimiento sería de 3,750 kg/ha.

LITERATURA CITADA

- Hake, S. J., K. D. Hake, and T. A. Kerby. 1996. Planting and Stand Establishment. *In*: COTTON, Production Manual. University of California. Division of Agricultural and Natural Resources. Publication 3352. Pp:21-29.
- Mauney, J. R. 1968. Morphology of the cotton plant. *In*: Advances in production and utilization of quality Cotton: Principles and Practices. F. C. Elliot, M. Hoover, and W. K. Porter, eds. The Iowa University Press.
- Hernandez Jasso, Arturo y José E. Ortiz Enríquez. 1994. Respuesta a la fecha de siembra, densidad de poblacion, e inicio de calendario de riego en el rendimiento y calidad de fibra de tres variedades de algodono (2^o. Año). Ciclo primavera-verano 1994.
- Lorenzo Pérez Solis. 1992. Efecto de la densidad de siembra y el aclareo de plantas sobre el rendimiento y calidad de fibra de tres variedades de algodono. Ciclo Primavera-Verano. Reporte de Investigación del Programa de Algodono del CEVY-CIRNO-INIFAP.
- Hernandez Jasso, Arturo. 1993. Efecto del aclareo de plantas sobre el rendimiento y calidad de fibra de cuatro variedades de algodono. Ciclo primavera-verano 1993. Reporte de Investigación del Programa de Algodono del CEVY-CIRNO-INIFAP.
- Wendel, J. F., C. L. Brubaker, and A. E. Percival. 1992. Genetic diversity in *Gossypium hirsutum* and the origin of Upland cotton. *Amer. Jour. Bot.* 79(11): 1291-1310.