

FENOLOGÍA DE LA PLANTA DEL ALGODONERO



M.C. Lorenzo PÉREZ SOLIS
Red de Estaciones Meteorológicas del estado de Sonora
PIEAES-INIFAP-FPS
GENERALIDADES

La planta del algodón, en su hábitat natural, tiene tres características importantes que la hacen diferente de muchos de los cultivos anuales tradicionales. Estas son: crecimiento perenne, fructificación indeterminada y su origen prácticamente tropical. A continuación se explican cada una de estas tres características.

Crecimiento Perenne

En su hábitat nativo, el algodón es una planta perenne que no muere en el otoño. La planta entra en dormancia durante periodos de sequía y reinicia su rebrote cuando regresan las condiciones favorables de temperatura y humedad (lluvias o riego). Esta característica es parcialmente responsable de la reputación del algodón de no ser un cultivo de clima seco.

Debido a su favorable resistencia a la sequía, trae como consecuencia una indeseable característica de rebrote y los problemas de cosecha que esto puede ocasionar. A diferencia de los cultivos anuales que mueren después de la cosecha, el algodón seguirá creciendo hasta que las condiciones ambientales le sean desfavorables.

Fructificación Indeterminada



Otra característica de crecimiento asociada con la naturaleza perenne del algodón es su hábito de fructificación indeterminada. Antes de la floración durante un periodo distinto al crecimiento vegetativo, el algodón simultáneamente produce estructuras vegetativas y fructíferas. El fruto se inicia como una pequeña yema floral o "cuadro", el cual posteriormente alcanzará el tamaño de una cabeza de alfiler (apenas visible al ojo). La aparición de cuadros y flores en cualquier parte donde se cultive es variable, debido a su fuerte interacción con la acumulación de "Unidades Calor" o "Grados Día". Estos periodos, como se discutirá más tarde, son de gran importancia en el buen manejo de plagas, y oportunas y complicadas decisiones para la cosecha.

Origen Tropical

La tercera característica distintiva del algodón resulta de su origen tropical. El algodón se adapta a regiones donde las temperaturas van de cálidas a calientes. Crece como un cultivo anual en el clima del Valle del Yaqui; debido a esto, es necesario sembrar el algodón después del inicio consistente de temperaturas favorables. Mientras que el cultivo "lucha" por emerger del suelo y crecer, enfermedades, maleza e insectos adaptados a su ambiente pueden dañarlo. Cuando algunas plagas están presentes en forma simultánea, el desarrollo del cultivo puede retrasarse severamente, especialmente si están acompañadas de algún estrés agroquímico. En etapas tempranas, el mejor indicador de altos rendimientos depende fuertemente de condiciones ambientales favorables durante estas etapas. Así, condiciones de frío y humedad durante esta época, afectará negativamente el desarrollo del algodón.

Debido a lo anterior, el entendimiento fundamental de la planta de algodón es esencial para la toma de decisiones oportunas en su manejo. Lo anterior comprende el Cómo y Cuándo sembrar, regar, fertilizar, controlar insectos, maleza y enfermedades; además los qué, cómo y cuándo adicionar fitoreguladores para acelerar y uniformizar la maduración, aplicar defoliantes, y la cosecha.

El aspirar a los máximos rendimientos de fibra, requiere que los insumos sean precisamente aplicados de manera oportuna, de acuerdo a las etapas fenológicas de crecimiento de la planta y los probables problemas de desarrollo de la misma. El conocimiento de la planta ayudará a los productores a reconocer eventos específicos y a seleccionar el insumo apropiado para incrementar el rendimiento del cultivo.

¿CÓMO CRECE LA PLANTA?

La raíz pivotante del algodón, además de proporcionar el apoyo mecánico, es la principal fuente de alimento de la planta en lo que respecta a agua y nutrientes; el tallo por su parte, es quien soporta las ramas, mismas que a su vez soportan las fructificaciones. El crecimiento del tallo principal inicia prácticamente desde que emergen los cotiledones. Aquí las yemas meristemáticas desarrollan nudos, entrenudos, ramas, hojas y fructificaciones. Múltiples investigadores han coincidido



en que la planta inicia su germinación y desarrollo una vez que la temperatura alcanza los 15.5 °C en promedio en el suelo (unos 13 °C en el ambiente), y que su tasa de crecimiento se duplica cada vez que la temperatura se incrementa en 10 °C. Esta relación se mantiene hasta que la temperatura alcanza los 30 °C, tiempo al cual, un incremento de esta temperatura, reduce la eficiencia de la planta. Una manera sencilla de predecir los eventos fenológicos de la planta es la de calcular las Unidades Calor o Grados Día, restando a la temperatura media del día los 13 °C. Estos Grados Día se acumulan diariamente para determinar cuando ocurrirá el cuadreo, floración, inicio de cápsulas, etc., de la planta.



Las primeras hojitas de algodonoero, o cotiledonares, aparecen el día de la emergencia del algodonoero. Las hojitas verdaderas aparecen de 7 a 10 días más tarde. Después de 30 a 35 días de desarrollo vegetativo, se formarán los primeros cuadros (yemas florales), sobre una rama fructífera surgida del nudo de la quinta o séptima hoja verdadera. Este importante evento marca el inicio visible del crecimiento reproductivo. La planta continuará produciendo normalmente ramas fructíferas adicionales de una manera ordenada hacia arriba del tallo.

Las ramas fructíferas se distinguen por su arreglo en zigzag, donde una hoja y yema floral son formadas en cada ángulo. Cada rama fructífera puede producir varios cuadros; sin embargo, más del 90 por ciento de los capullos cosechables pueden encontrarse en la primera o segunda posición en una rama fructífera. Cuando la población de plantas es alta, el 90 por ciento de los capullos cosechables pueden encontrarse en la primera posición en una rama fructífera. Mientras que las ramas vegetativas crecen generalmente en la parte baja de la planta a partir del quinto nudo, contando como nudo cero el cotiledonar; una rama vegetativa puede producir un máximo de dos ramas fructíferas.

El algodonoero en el Valle del Yaqui, normalmente produce entre 16 a 22 ramas fructíferas dependiendo de la variedad; mientras que las vegetativas pueden ser variables de número de una a cinco, de acuerdo con la variedad, si es compacta o arbustiva. Pueden aparecer nuevas ramas vegetativas en las partes altas de la planta, bajo condiciones anormales, principalmente debido a daño por insectos chupadores en etapas tempranas de la planta, dando como resultado la conocida como "planta candelabro". Estas plantas, obviamente, retrasarán su maduración en contraste con las que se encuentran bajo condiciones normales. Las ramas fructíferas son quienes producen las estructuras reproductivas (cuadro -> flor -> bola o cápsula -> capullo).

Investigaciones en el Valle del Yaqui, indican que las bellotas producidas en la primera posición de las ramas fructíferas, generadas entre los nudos del 6to. al 10mo. tienen la mayor probabilidad de llegar a capullos cosechables (asumiendo protección contra insectos). El "amarre" de bellotas en esta posición declina en las ramas fructíferas superiores a estos nudos. Las bellotas producidas en las ramas fructíferas de los nudos 18vo. ó más altas, tienen menos del 10 por ciento de oportunidad de llegar a capullos. Existe la misma tendencia para las bellotas de 2da. Posición, excepto para aquellas que se colocan en las ramas fructíferas de los nudos 6to. al 10mo., las cuales tienen entre

un 20 al 30 por ciento de oportunidad de “amarrarse” para cosecha, porcentaje que declina gradualmente en las ramas superiores.

Esta progresión en la fructificación del algodonnero, debe seguirse para estimar el intervalo de la aparición de las flores en el tallo principal y en las ramas vegetativas. El intervalo de la fructificación vertical (entre la aparición de flores blancas en la posición

uno en ramas fructíferas adyacentes) es de aproximadamente tres días (50 Unidades Calor). Mientras que el intervalo de la fructificación horizontal (entre la aparición de flores blancas entre las posiciones uno y dos en la misma rama fructífera), es de aproximadamente seis días (unas 100 Unidades Calor).

En función de estas indicaciones es importante “mapear” frecuentemente la planta para registrar e identificar las causas posibles de pérdida de frutos, tales como estrés de humedad, daño por insectos, crecimiento exuberante, tiempo nuboso y/o periodos prolongados de lluvia. Los productores deben hacer uso de esta estrategia para reafinar la estrategia de manejo del cultivo.

MONITOREO DE PLANTAS



Las técnicas de monitoreo y el mapeo de plantas, han recibido un alto grado de atención en los años próximos pasados. Estas técnicas requieren de cierta cantidad de tiempo y energía, pero nos puede decir mucho acerca del cultivo del algodonnero y como éste debe ser manejado. Para ello es necesario conocer un poco de las tres importantes etapas del algodonnero: prefloración, periodo de floración y periodo de apertura de bellotas.

PRE-floración

Para determinar el inicio de la fructificación (nudo de la primera rama fructífera) -cuando la planta tiene entre 5 ó 6 hojas verdaderas- se debe ser hábil para detectar los primeros cuadros, los llamados “cabeza de cerillo”, en las terminales (parte alta de la planta). Contando el número de hojas verdaderas en el tallo principal, ignorando los cotiledones, cuando la mayoría de las plantas tengan un cuadro cabeza de alfiler, se puede determinar el nudo de la primera rama fructífera. Con un buen manejo de las variedades precoces, deben iniciar su fructificación sobre el nudo 5 ó 6, algunas plantas ocasionalmente tienen esta rama fructífera en el nudo 4. Las variedades intermedias y tardías, usualmente inician su fructificación en un nudo más alto. A como a planta va creciendo, las hojas inferiores abajo de la primera rama fructífera se caerán y las ramas vegetativas pueden desarrollarse de esos nudos inferiores.

Para determinar la primera rama fructífera en una planta de algodón vieja, se tendrán que contar las incisiones o cicatrices que las hojas inferiores han dejado al caerse. No cuente las incisiones de las hojas cotiledonares. La caída de estas hojas dejará dos cicatrices directamente arriba de la superficie del suelo. Las cicatrices que interesan contar fueron formadas por hojas verdaderas, arriba de las cotiledonares.

FACTORES QUE AFECTAN INICIO DE FRUCTIFICACIÓN

Algunos factores solos o en combinación con otros, pueden influir en el inicio de la fructificación. Bajas poblaciones de plantas pueden bajar el nudo de la primera rama fructífera en tanto como un nudo. Mientras que altas poblaciones, temperaturas frías (nocturnas debajo de 15 °C) durante unas semanas después de la emergencia, daños por trips, o un periodo inusual de altas temperaturas (noches con más de 27 °C) pueden promover el nudo de la primera rama fructífera hasta en el nudo tres. Un estrés de Nitrógeno también puede afectar el nudo de la primera rama fructífera, sin embargo esto es raro, debido a que las necesidades de N son bajas antes de la fructificación y en presiembra. Si uno o más de estos factores han retardado el cuadro, entonces deberá haber cicatrices visibles. Si hay cicatrices visibles de aborto de cuadros en los nudos 5 ó 6, entonces el algodón no ha retardado su fructificación, si no que está perdiendo cuadros.

IMPLICACIONES EN EL RETARDO EN LA FRUCTIFICACIÓN

El Algodonero que inicia su fructificación en la parte alta de la planta, es más probable que tenga un crecimiento exuberante, particularmente si los primeros cuadros no son retenidos. La retención de los primeros cuadros y bellotas es más importante cuando el algodón inicia su fructificación en la parte alta de la planta que en la normal. Estos campos deben ser monitoreados más intensamente para retención de frutos. Adicionalmente, la época de aplicaciones de nitrógeno deberá ser más cuidadosa. Dosis de nitrógeno arriba de las recomendadas, en el futuro pueden retardar el cultivo y agregar el potencial del crecimiento exuberante.

DETERMINACIÓN DE LA RETENCIÓN DE FRUTOS

Los primeros cuadros "cabeza de cerillo", empiezan a aparecer alrededor de las 400 Unidades Calor o grados día en variedades precoces, mientras que en las de ciclo intermedio y tardío, éstos aparecen entre las 450 a 500 Unidades Calor Acumuladas (Cuadro 1). Desde este momento hasta la primera flor debe ser de mucha ayuda determinar la retención de frutos usando la técnica de mapeo de plantas.

Las plantas deben ser "mapeadas" al azar en el campo y se deben muestrear al menos unas 20 plantas por campo. Sin embargo, entre más plantas se puedan mapear por campo, más seguridad se tendrá en los resultados, y esto se reflejará en más exactitud

en el patrón de fructificación del predio. El porcentaje de retención de frutos se determina por la división del número de frutos presentes entre el número de sitios fructíferos, y la resultante se multiplica por 100. Por ejemplo, si se mapean 20 plantas y se encontraron 75 frutos y 90 sitios fructíferos, la retención de frutos será del 83 por ciento.

% de retención de frutos = (número de frutos/número de sitios fructíferos) * 100

CAUSAS DE CAÍDA TEMPRANA DE FRUTOS

Cuando los frutos son formados, pero se caen, una cicatriz visible permanece. Los frutos que se caen antes de la floración pueden ser causados por algunos factores, incluyendo daño por insectos, clima frío y nublado, o suelos saturados de humedad. Sin embargo, es relativamente fácil distinguir si la caída de cuadros en etapas tempranas es debida a daño de insectos, o a condiciones ambientales.

Cuando la retención de frutos es más baja de lo deseado (abajo del 80 al 90 por ciento), es muy importante determinar si la causa posible de la pérdida de cuadros es debida a insectos plaga. Las aspersiones innecesarias de insecticida, no sólo es dinero tirado a la basura, si no que también matará insectos benéficos, lo que resulta en una alta probabilidad de que el algodnero necesite ser tratado para el control del complejo gusano tabacalero y bellotero (mayo-junio). Aplicaciones innecesarias también pueden causar resistencia a los áfidos y contaminación del ambiente.

Se ha observado que frío y condiciones de nublados (abajo de 13 °C), causan caída de cuadros, debido a que decrece la fotosíntesis de la planta. Suelos saturados de humedad (en combinación con tiempo nublado) también puede causar la caída temprana de cuadros. Asimismo, aunque más raro, condiciones de sequía también pueden causar la caída de cuadros de tamaños pequeños a medianos, más tarde en el ciclo. Otros insectos, incluyendo la segunda generación del complejo de gusano tabacalero y bellotero pueden causar pérdida de cuadros (mayo-junio). Nunca se debe asumir que la pérdida temprana de cuadros sea completamente causada por condiciones de clima, sin examinar primero cuidadosamente la situación de insectos en el campo.

SIGNIFICANCIA DE RETENCIÓN TEMPRANA DE FRUTOS

De todos los cuadros que una planta produce durante su ciclo, sólo alrededor de un 35 % llega a capullo, el resto se desprende de la planta por causas naturales (equilibrio hormonal), o bien, debido a causas externas de la planta, tales como periodos de estrés de humedad, térmico, nutricional o por daño de insectos. Los cuadros producidos las primeras semanas son los que tienen mayor probabilidad de llegar a capullo, en contraste con los producidos en las últimas semanas del ciclo del cultivo.

La retención de cuadros antes de la floración influye en el crecimiento y desarrollo de la planta por el resto del ciclo y en el cómo manejar el campo de cultivo. Campos con baja retención de cuadros tempranos y de crecimiento exuberante tienen un efecto negativo en el retraso de la maduración; asimismo debido a ese crecimiento exuberante, se hace necesario llevar a cabo un uso racional de Nitrógeno para minimizar este crecimiento y el potencial de pudrición de bellotas. Por otra parte, se debe intensificar el chequeo de insectos para evitar futuras pérdidas excesivas de frutos.

La duración del cuadro, es variable de acuerdo con la fecha de siembra y la variedad; así en trabajos de investigación del Campo Experimental Valle del Yaqui, mostraron que en fechas de siembra de febrero, esta etapa duró aproximadamente nueve semanas; mientras que en las realizadas durante el mes de marzo, el cuadro duró una semana menos que la de febrero. Finalmente, en siembras tardías de abril esta etapa se acortó en 10 a 20 días de acuerdo con las fechas de siembra de marzo y febrero, respectivamente. Este efecto en la duración de la etapa de cuadro se debe principalmente al estrés provocado por las altas temperaturas en lo avanzado del ciclo, lo que hace que la planta acelere su metabolismo, en un intento de sobrevivencia natural de a planta.

EL PERIODO DE FLORACIÓN

Las primeras flores empiezan a aparecer alrededor de las 600 a 650 Unidades Calor Acumuladas en las variedades precoces, mientras que en las intermedias y tardías requieren de alrededor de 50 Unidades Calor más para que se de esta etapa fenológica (Cuadro 1); este evento coincide con la aparición de cuadros susceptibles al ataque de picudo del algodnero (*Anthonomus grandis*). Similar a lo que sucede con los cuadros, no todas las flores que produce la planta llegan a capullo, sólo alrededor de un 40 por ciento de ellas lo logran; el resto se desprende también por causas naturales, o bien, por lo mismos problemas de estrés mencionados anteriormente para los cuadros. Asimismo, las primeras flores son las que tienen la más alta probabilidad de llegar a capullo, sin embargo, las flores son menos susceptibles de perderse que los cuadros.

La flor del algodnero, generalmente es de color blanco cremoso el primer día, roja el segundo día (cuando ya ocurrió la polinización), y rojo oscuro el tercer día. De hecho la flor blanca debe considerarse como "bola" o cápsula desde el primer día de ocurrida la polinización, ya que desde ese momento empiezan a acelerarse los procesos de desarrollo de la semilla y la fibra, lo que da lugar a un aumento en el tamaño del fruto.

Al igual que con los cuadros, la duración de la etapa de floración varía de acuerdo con la fecha de siembra, siendo más larga en siembras tempranas y más corta en las siembras tardías. En siembras de la primera quincena de febrero el periodo de floración dura alrededor de 11 semanas; mientras que en siembras de las primeras quincenas de marzo y abril, esta fase dura aproximadamente 9 y 6 semanas, respectivamente. Durante este periodo empiezan a aparecer las primeras bellotas de más o menos una pulgada, alrededor de las 870 Unidades Calor Acumuladas (Cuadro 1). Sin embargo, un estrés asociado con sequía, nematodos o nutrimentos puede acortar este periodo

significativamente; o bien, puede alargarse por una mala retención de frutos o exceso de nitrógeno. El mapeo de plantas, como se mencionó antes en prefloración, es beneficioso durante el periodo de floración. Aunado a esto, el monitoreo del movimiento de la primera posición de flores blancas, a la primera mitad de la planta durante el periodo de floración, dará una idea de la condición del cultivo.

PERIODO DE APERTURA DE CAPULLOS (MADURACIÓN)

Como se comentaba anteriormente, los capullos más cercanos al tallo principal (primero y segundo puntos fructíferos), y en la parte media de la planta, son los que más aportan a la cosecha final en el peso y calidad de la fibra (longitud y finura). Estos puntos son los que producen los capullos más grandes y de mejor calidad, principalmente en la parte baja y media de la planta. Las siguientes posiciones fructíferas, además de tener menor probabilidad de llegar a capullos, generalmente producen capullos más pequeños, de menor cantidad de semillas, menor peso y menor madurez de la fibra que los comprados con los capullos de primeras posiciones. En la parte alta de la planta, el tamaño y la calidad de los capullos también decrecen, debido principalmente a la disminución en la duración del día, altas temperaturas y reducida disponibilidad de nutrimentos. La aparición de capullos en esta región, empiezan a aparecer 40 a 45 días después de las primeras flores en variedades precoces; mientras que en las intermedias y tardías esto ocurre cinco días más tarde, aproximadamente a las 1,700 a 1,750 Unidades Calor (Cuadro 1). Así la planta estará lista para la primera cosecha en unos 20 a 30 días después de los primeros capullos, alrededor de las 1,880 Unidades Calor Acumuladas.

Por ciento de apertura

El monitoreo de plantas durante el periodo de apertura de capullos puede ayudar a elaborar un calendario de aplicación de defoliantes y determinar si los aceleradores de apertura de capullos se justifican. El algodonero normalmente está listo para defoliarse con alrededor de 60 por ciento de capullos abiertos. El porcentaje de apertura de capullos se determina por el conteo de bellotas cosechables abiertas y cerradas en algunas plantas del campo.

El número de capullos se divide entre el número total de bellotas (abiertas y cerradas), y el resultado se multiplica por 100. Ejemplo, si se mapearon 20 plantas y se contabilizaron 195 capullos, y 105 bellotas (300 bellotas en total), el porcentaje de capullos será de 65 %.

$$\% \text{ de apertura} = \frac{\text{número de capullos}}{\text{Total de bellotas cosechables (abiertas y cerradas)}} \times 100$$

COSECHA

Para llegar a este punto, es necesario haber realizado todas las labores recomendadas para ello, es decir, haber aplicado la práctica necesaria de manera oportuna y que la planta no haya sufrido estrés de humedad ni de nutrimentos, y haber realizado un efectivo control de insectos plaga, maleza y enfermedades. Si se realizó esto de manera oportuna y efectiva, en campo se puede estimar el potencial de rendimiento del cultivo. Los capullos pesan en promedio 3.3 gramos en variedades de capullos chicos y alrededor de 4 gramos cuando son variedades de capullos mediano, así que para estimar un potencial de rendimiento de cuatro toneladas de algodón en hueso por hectárea, observemos el Cuadro 2.

Cuadro 1. Fenología General de la planta SANA de algodónero en función de las Unidades Calor o Grados día, acumulados. Esta varía de acuerdo al ciclo de maduración del cultivo (precoz y tardía).

Etapa Fenológica	Unidades Calor o Grados Día Promedio
Inicio de Cuadreo	450
Cuadro Susceptible a Picudo	650
Inicio de Floración	700
Bellota chica (Una pulgada)	870
Pico de Cuadreo	1260
Inicio de Capullos	1725
Fin de Ciclo	> de 1900

Cuadro 2. Estimación del número de capullos necesarios para aspirar a un rendimiento de cuatro toneladas de algodón en hueso por hectárea, en función del tamaño del capullo y la población de plantas.

Tamaño capullo	de	Número de plantas por metro			
		5	7	9	11
Chico		22	19	17	15
Mediano		20	17	15	12