



Monitoreo del cultivo de algodón: qué, cómo y cuándo?

Ing. Agr. (MSc.) Mario Mondino
mondino.mario@inta.gob.ar

Julio 2021

El crecimiento y desarrollo de una planta de algodón presenta características particulares que lo diferencian del resto de los cultivos de verano que se siembran comúnmente en Santiago del Estero.

El algodón es una planta perenne semitropical que ha sido adaptada para su producción como una planta anual en una amplia gama de ambientes. Con un buen conocimiento de cómo crece y se desarrolla la planta, los asesores profesionales estarán mejor preparados para predecir cómo crecerá el algodón y tomar buenas decisiones de manejo.

El muestreo de un campo de algodón generalmente requiere determinar de cuatro a seis áreas de un campo y medir un número variable de plantas en cada área. Son importantes tres períodos de muestreo: pre-floración, floración y post-floración.



Las medidas tomadas antes del comienzo de la floración son importantes para medir el patrón de crecimiento temprano y evitar problemas prematuros que ralentizan el desarrollo de los nudos del tallo principal y el área foliar. Durante el

período de floración, las preocupaciones principales son la retención de frutos en la planta y la rapidez con la que la planta se está moviendo para alcanzar el fin de la floración efectiva. Después de este momento y en la medida que se abren las cápsulas, se puede determinar el momento correcto de aplicación de los defoliantes y maduradores para la cosecha mediante algunas técnicas simples de mapeo de plantas.

Al cuantificar varios parámetros de crecimiento de la planta de algodón, los productores y consultores pueden identificar problemas para aplicar medidas correctivas de manejo u oportunidades potenciales para mejorar la producción de su algodón. Este enfoque de manejo requiere tiempo y esfuerzo para recopilar e interpretar estas sencillas variables de plantas.

Objetivos del Monitoreo y Seguimiento del Cultivo

- Realizar un seguimiento sistemático con registros y observaciones para tener bajo control la evolución del desarrollo y crecimiento del cultivo semana por semana.
- Determinar como el crecimiento se ajusta o desvía de los parámetros normales estableciendo el grado de incidencia de los factores ambientales, los factores biológicos y las prácticas de manejo realizadas.
- Tomar decisiones apropiadas a cada circunstancia

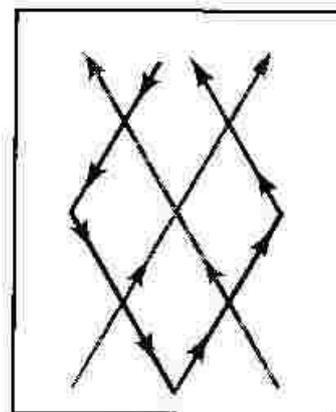
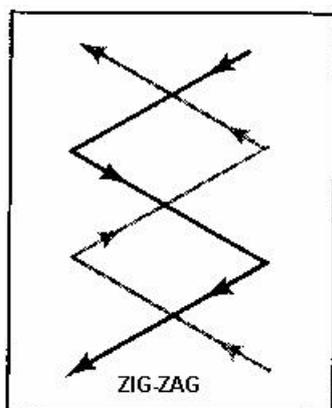
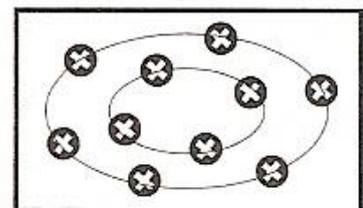
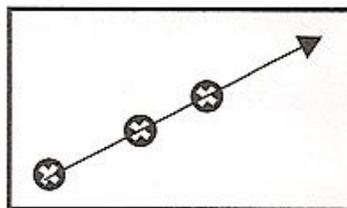
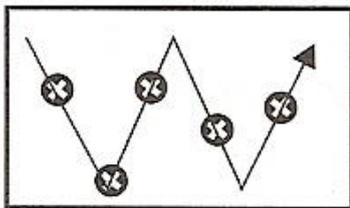
Las características principales del muestreo a campo se basan en:

- 1) Determinación de las diferentes áreas a muestrear dentro de un lote (altos, bajos, menor fertilidad, etc.)
- 2) Determinación del número de estaciones de muestreo dentro de cada área (variable según el propósito).
- 3) Establecer el número de plantas/hojas/metros a muestrear dentro de cada estación (depende del objetivo buscado).
- 4) Confección de una Planilla de registros para la anotación de datos recolectados.

Para implementarlo es necesario tener en cuenta una serie de condiciones para obtener valores que nos permitan interpretar correctamente las variables medidas

- Si las áreas seleccionadas para el muestreo varían mucho, el lote debe dividirse en dos o más campos y determinar las estaciones de muestreo en cada campo.
- Las muestras deben tomarse en las mismas áreas generales, en el mismo orden del campo cada vez que se muestrean, **pero evite tomar muestras de las mismas plantas cada semana.**
- Los sitios de muestreo deben estar ubicados a más de 20 a 25 m del borde del campo y separados unos de otros por al menos 50 m.
- Si las áreas del campo están bordeadas por hábitats que sirven de refugio potencial de insectos, tome al menos una de las muestras en cada una de dichas áreas.
- La determinación de cuantos sitios de muestreo (estación de monitoreo) está relacionada con la superficie del lote. Nuestra experiencia nos indica que:
 - en lotes de hasta 10 ha una estación cada 3 ha,
 - en lotes de hasta 50 ha una estación cada 10 ha,
 - en lotes de hasta 100 ha, una estación cada 15 ha,
 - en lotes de 150 ha o más, se debe aumentar la superficie de una estación de muestreo cada 20 ha.

Existen diferentes esquemas de recorrido en el lote/área y distribución de estaciones de muestreo para la obtención de datos



Que, Cuando y Como realizar el monitoreo?

En la siguiente tabla se describen las principales variables a muestrear en un cultivo de algodón desde la emergencia hasta la apertura de capullos

Que datos ?	Cuando?	Como muestrear?
Densidad de plantas por metro lineal (DP)	Una sola vez después de 4ta hoja verdadera.	Con regla de 1 metro. Contar las plantas en distintos lugares de todos los surcos de una sola pasada de sembradora. Como mínimo en 6 estaciones de muestreo
Altura de planta (AP)	Semanal	Con regla de 1 metro. Tomar la altura desde el suelo hasta el nudo terminal de 5 plantas seguidas en distintos lugares de todos los surcos de una sola pasada de sembradora en cada estación de muestreo. Como mínimo en 6 estaciones de muestreo
Número total de Nudos (NN)	Semanal	En los mismos lugares y plantas que se monitorean para determinar la altura, contar a partir del nudo en donde se insertan los cotiledones (nudo 0), la cantidad de nudos sobre el tallo principal hasta el nudo terminal que lleva una hoja de 2,5 cm de diámetro.
Nudo de inserción del 1er pimpollo (N1Pi)	A partir de la aparición de la 8° hoja verdadera sobre el tallo principal	Cuenta desde los cotiledones (nudo "0") hasta la primera rama fructífera que lleva un pimpollo en primera posición. Registre la N1Pi de 10 plantas en cada estación en el campo
Numero de pimpollos/capsulas presentes	Una o dos veces por semana, a partir de la aparición del primer pimpollo o de la primera cápsula	A partir de la determinación del N1Pi contar hacia arriba del tallo principal, el número de pimpollos presentes en las ramas fructíferas en 10 plantas en cada estación.
Número de sitios fructíferos totales	Una o dos veces por semana, a partir de la aparición del primer pimpollo o de la primera cápsula.	En cada rama fructífera cuente el número total de sitios fructíferos tanto si está presente como ausente. 10 plantas en cada estación de cada lote

<p>Nudo de inserción de la 1ra Flor (N1F)</p>	<p>A partir de la aparición de la 12° hoja verdadera sobre el tallo principal</p>	<p>Cuente desde los cotiledones (nudo "0") hasta la primera rama fructífera (simpodial) que lleva una flor blanca en primera posición. Registre la N1F de 10 plantas en cada estación (ubicaciones) en el campo. Puede ocurrir que al comienzo de la floración se encuentren pocas plantas con flores blancas por lo que para determinar esta variable, el 50% de plantas deben tener una flor blanca</p>
<p>Número de Nudos Arriba de la Flor Blanca (NNAFB)</p>	<p>Semanal a partir de la determinación de N1F</p>	<p>En cada planta ubicar el nudo más alto sobre el tallo principal con una flor blanca en 1° posición y luego contar hacia arriba el número de nudos hasta el nudo terminal. Contar en 10 plantas seguidas de 3 filas adyacentes en cada estación.</p>
<p>Nudo de inserción del 1er capullo (N1Cp)</p>	<p>Se comienza con la medición cuando el NNAFB=5</p>	<p>Cuente desde los cotiledones (nudo "0") hasta la primera rama fructífera (simpodial) que lleva un capullo en primera posición. Registre la N1Cp de 10 plantas en cada estación en el campo. Puede ocurrir que al comienzo de la apertura se encuentren pocas plantas con capullos por lo que para determinar esta variable, el 50% de plantas deben tener un capullo</p>
<p>Número de Nudos arriba del capullo superior (NNAUCp)</p>	<p>Semanal a partir de la determinación de N1Cp</p>	<p>En cada planta ubicar el nudo más alto sobre el tallo principal con un capullo en primera posición y luego contar hacia arriba el número de nudos hasta el último nudo con una cápsula verde. Contar en 10 plantas seguidas de 3 filas adyacentes en cada estación.</p>

Ambiente	Diariamente	Registre la temperatura máxima y mínima y las precipitaciones con registros propios o de una estación meteorológica cercana al lote.
----------	-------------	--

Estas mediciones nos permite calcular una serie de índices

- Largo de Entrenudos Promedio (LEP)

Este índice representa el cociente entre la altura total en cm y el número total de nudos sobre el tallo principal y se expresa en cm/nudo. Esta relación indica la calidad del ambiente que ha enfrentado una planta de algodón durante el ciclo, porque si bien el tiempo de desarrollo de los nudos no está influenciado por el estrés (por lo menos antes de la formación de las cápsulas), por el contrario, la altura de la planta está muy influenciada por diversos estreses. En otras palabras, el número de nudos es la edad del cultivo y la altura es un indicador de las dificultades encontradas. El valor objetivo (Tabla 1) para esta relación variará según el distanciamiento, la variedad y la época de la temporada, pero los siguientes valores pueden servir como pautas generales (en condiciones cálidas y húmedas)

Tabla 1: Valores objetivos de LEP a lograr para diferentes estados fenológicos en distanciamientos estrechos (0,52 m o menores) o convencionales (0,76 m o mayores)

Estado Fenológico	Distanciamientos Estrechos	Distanciamientos Convencionales
Emergencia a Primer Pimpollo	1,5 a 2,5 cm	2,0 a 3,0 cm
Primer Pimpollo a Primera Flor	3,0 a 4,0 cm	3,5 a 4,5 cm
Primera Flor a Fin de Floración Efectiva	4,0 a 4,5 cm	4,5 a 5,0 cm
Fin de Floración Efectiva a Maduración (medir sobre los 5 nudos superiores)	3,0 cm	3,5 cm

Existen varias estrategias de manejo cuando la relación altura/nudo están fuera de estos rangos. Valores bajos de LEP para un determinado estado fenológico de la planta, indican que un estrés está limitando el desarrollo de la planta. Entonces se

debe prestar atención a cuál es el estrés que está afectando el cultivo. Por ejemplo ¿El cultivo está bajo estrés hídrico? hay riego disponible para aliviar el estrés? ¿La planta ha sufrido daños por trips u otra plaga? ¿Hay sintomatología de deficiencia de nutrientes? Determine la fuente del estrés y qué posible respuesta podría aliviar ese estrés.

Por otra parte, valores altos de LEP (relación altura/número de nudos por encima de las pautas), indican una alta disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento y bajo estas circunstancias si la fructificación temprana no es retenida, se producirá un excesivo crecimiento vegetativo. Entonces puede ser necesario el uso de un regulador de crecimiento solo si no hay un estrés evidente sobre el cultivo.

La altura de la planta está estrechamente relacionada con el tamaño del dosel y la capacidad fotosintética de la planta. El uso de estas pautas de relación altura-nudo debería conducir al cierre del dosel a principios de la floración, para optimizar la captación de la luz solar disponible durante la etapa de máxima demanda.

El LEP es muy sensible a las temperaturas en las primeras etapas del cultivo y, antes del nudo 12, este índice representa mejor la incidencia de las temperaturas primaverales sobre la planta. Temperaturas por sobre lo normal incrementan el valor de LEP mientras que condiciones de temperatura fría decrecen ese valor. Como el LEP será afectado por la carga de frutos luego de la floración, el número de nudos arriba de la flor blanca en primera posición (NNAFB) representa una medida superior del balance entre el crecimiento vegetativo y el reproductivo luego del inicio de la floración.

- Porcentaje de retención (eficiencia de fructificación)

La etapa reproductiva generalmente comienza con la aparición de pimpollos en los nudos 6 a 8, según la variedad y las condiciones ambientales. Los pimpollos de la primera posición suelen tener un 60% de posibilidades de sobrevivir en comparación con el 30% de las segundas posiciones y el 15% de la tercera posición.

Para calcular el porcentaje de retención, divida el número de pimpollos pequeños contados por el número total de sitios de fructificación registrados (con y sin pimpollos) y multiplíquelo por 100.

En campos en buenas condiciones, el 70% o más de los pimpollos pequeños deberían retenerse durante las primeras 3 a 4 semanas de pimpollado. El 90% de las pérdidas de pimpollos antes de la floración se produce por ataque de insectos, pero luego de ocurrida la floración, al daño por insectos se suman las causas fisiológicas.

El mismo procedimiento se emplea en el caso de querer determinar el porcentaje de retención de cápsulas. Retenciones de frutos superiores al 25% aseguran buenos rendimientos, dependiendo del cultivar, distanciamiento y densidad.

- Número de Nudos por Arriba de la Flor Blanca Superior (NNAFB)

A partir de la aparición de la primera flor blanca en una rama fructífera del tallo principal, una medida muy precisa y sensible de la competencia intra-planta entre el crecimiento vegetativo y el crecimiento reproductivo, es el recuento del número de nudos por encima de la flor blanca (NNAFB) en primera posición más alta hasta el nudo terminal del tallo principal.

A medida que el ciclo de fructificación del algodón progresa hasta alcanzar su punto máximo, la planta no puede satisfacer las demandas de crecimiento vegetativo y reproductivo al mismo tiempo, por lo que prioriza el destino de los fotosintatos hacia el crecimiento reproductivo.

A consecuencia de ello, el crecimiento vegetativo de la planta (producción de nudos) se ralentiza y finalmente deja de generar nudos sobre el tallo principal. Los pimpollos que se formaron en cada rama fructífera eventualmente forman flores que se acercan progresivamente al nudo terminal. El NNAFB generalmente comienza con una diferencia con respecto al nudo terminal de ocho a nueve nudos en Santiago del Estero y luego se mueve hacia arriba acortándose al cuarto o quinto nudo cuando se alcanza el Fin de la Floración Efectiva.

- Fin de la Floración Efectiva (FFE)

También conocida con la terminología “cut-out”, representa el momento de producción de la última flor que se transformará en un capullo cosechable, aunque la planta puede continuar con la producción de pimpollos, flores o pequeñas cápsulas pero que se derramarán de la planta (frutos fantasmas).

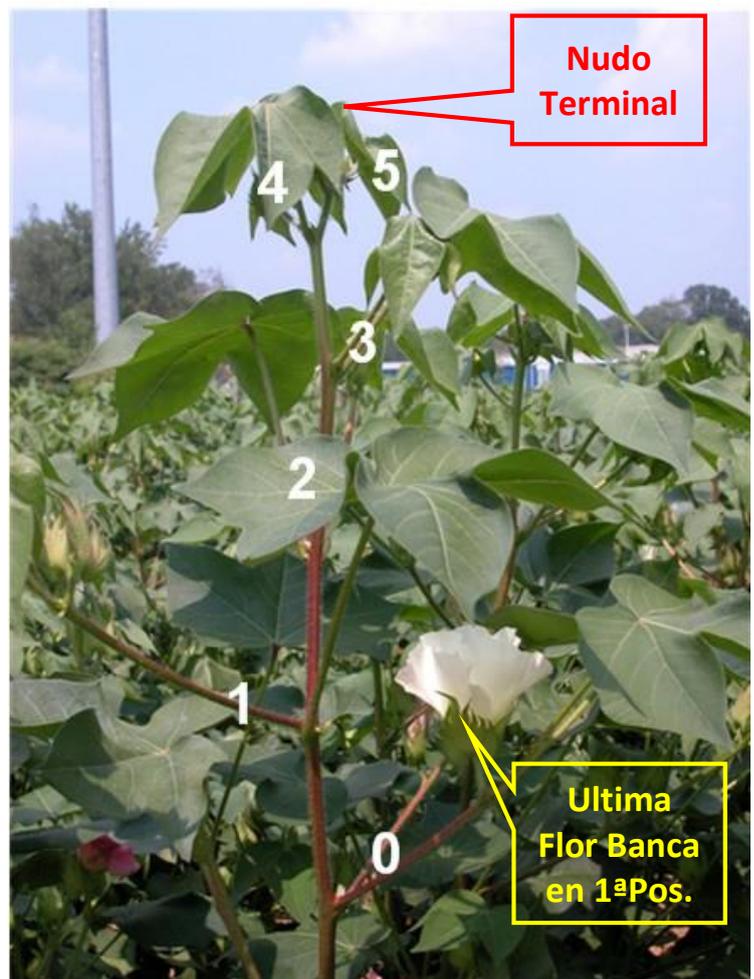
Para aprovechar el período de fructificación, el FFE (=NNAFB 5 o 4) debería alcanzarse entre los 85 y 100 días desde la emergencia para permitir el tiempo suficiente para que se formen y maduren todas las cápsulas (especialmente las últimas en formarse), debido a que un fruto necesita un término medio de 45 a 50 días para completar su desarrollo. El momento en que se alcanza el FFE depende del largo del ciclo del cultivar, la fecha de siembra y el ordenamiento espacial de las plantas (densidad y distanciamiento).

Solo a manera de ejemplo, para siembras de mediados de octubre en las áreas de riego de Santiago del Estero, el FFE para cultivos distanciados a 0,52 m (NNAFB=4) debería alcanzarse a fines de la primera quincena de enero mientras que, para distanciamientos de 0,76 m, el FFE (NNAFB=5) debería alcanzarse a fines de la segunda quincena de enero. Para siembras en áreas de secano de mediados de noviembre, los mismos valores deberían alcanzarse un mes después aproximadamente para ambos distanciamientos.

A medida que se retrasa la fecha de siembra, estos valores aproximados de FFE se van

acortando, debido a que la maduración de las capsulas ubicadas en el tercio superior disponen de temperaturas más bajas para completar su maduración.

El monitoreo del NNAFB desde la primera flor hasta el FFE, nos permite implementar medidas de manejo con el fin de optimizar la producción. Si el NNAFB está avanzando demasiado rápido y puede llegar alcanzarse el FFE demasiado pronto (por ejemplo, a comienzos de la primera quincena de enero), entonces se



debe considerar la posibilidad de aplicar un riego, si está disponible o corregir una posible deficiencia de nitrógeno mediante aplicaciones foliares, que debe confirmarse mediante un análisis de pecíolo antes de tomar la decisión. Si el NNAFB disminuye lentamente como para alcanzar el FFE durante la primera quincena de febrero, es posible que se requiera la aplicación de un regulador de crecimiento adicional para ralentizar el crecimiento de la terminal y promover la terminación de la floración.

- Número de Nudos por Arriba del Capullo Superior (NNACp)

Decidir cuándo defoliar un cultivo de algodón es una decisión importante desde varios puntos de vista. Si el cultivo de algodón se defolia demasiado pronto, los rendimientos, la calidad y los beneficios se ven afectados. Por otro lado, dependiendo de la ubicación y las condiciones del campo, retrasar la defoliación puede aumentar la probabilidad de problemas adicionales de insectos, aumentar la pudrición de cápsulas o retrasar la cosecha por mal tiempo, lo que afectará el rendimiento y la calidad de fibra.

Es por eso que las decisiones de defoliación deben basarse en la madurez de los frutos de la planta. Una vez que los productores deciden que la defoliación es necesaria, deben determinar cuándo se debe aplicar el producto químico.

Todas las cápsulas en la planta están relacionadas por un índice de floración que establece que las primeras posiciones de dos ramas fructíferas sucesivas se forman cada 2,5 a 3 días de manera ascendente (índice de floración vertical) y cada 6 a 7 días dentro de cada rama fructífera (índice de floración horizontal). En la etapa de maduración, en la porción superior de la planta, la fijación de cápsulas en las segunda posiciones de las ramas fructíferas, cesa en forma más temprana que en las primeras posiciones de las ramas fructíferas. Por lo tanto, las cápsulas más jóvenes que se encuentran en el tercio superior de la planta, estarán representadas en un 90%, por cápsulas en primera posición (P1).

Un método que se utiliza a menudo para determinar el momento de la defoliación es contar los nudos sobre el último capullo abierto superior en primera posición (NNACp). Esta técnica pone más énfasis en la porción sin abrir del cultivo que en el porcentaje abierto y se realiza detectando en cada planta, el capullo en la primera

posición ubicado en el nudo de más arriba (o por lo menos que la cápsula este lo suficientemente agrietada para que la fibra sea visible) y contando los nudos por encima hasta el nudo más alto que tiene una cápsula verde cosechable (fisiológicamente madura) de más de 3,0 cm de diámetro en primera posición. Nuestras experiencias indican que un NNACp=4 suele ser seguro para la defoliación en cuanto a la calidad de fibra cosechada. No obstante, la mayoría de los agricultores inician los primeros defoliados con NNACp entre cinco y seis, por lo que la fibra de esas últimas capsulas tendrá algunos problemas de calidad.



Si en la última rama hay una cápsula en segunda posición se debe tomar como si fueran dos nudos, porque se considera que la cápsula en segunda posición tiene la misma edad que una cápsula en primera posición ubicada dos nudos más arriba.