



PIONEER
A DUPONT BUSINESS

BOLETÍN TÉCNICO PIONEER

El sorgo es un cultivo reconocido entre los productores por su habilidad para rendir consistentemente en ambientes hostiles. Su adaptación a una amplia gama de condiciones de suelo, y la destacada tolerancia a deficiencias hídricas lo posicionan como una interesante alternativa productiva. A su vez, el aporte de altos volúmenes de rastrojo lo ubica como uno de los principales cultivos para mantener elevados niveles de materia orgánica en un esquema de rotación.

Saber cómo se desarrolla la planta de sorgo es clave para comprender cómo manejar el cultivo.

Reconociendo las estructuras de la planta

Para entender el crecimiento y desarrollo del cultivo, hay que comenzar por el conocimiento de sus estructuras y anatomía. Las estructuras a tener en cuenta se muestran en la Figura 1.

La primera hoja visible en la emergencia se diferencia de todas las otras ya que la misma tiene su punta redondeada.

El collar de la hoja marca la unión de la vaina y la lámina de la hoja, y aparece cuando la misma está completamente desarrollada.

La vaina de cada hoja se origina en su propio nudo en el tallo de la planta. Cada vaina rodea y fortalece el tallo.

La hoja bandera es la última en salir de la planta y es considerablemente más pequeña que las otras hojas.

La panoja emerge de la vaina de la hoja bandera y es soportada por la parte del tallo denominado pedúnculo.

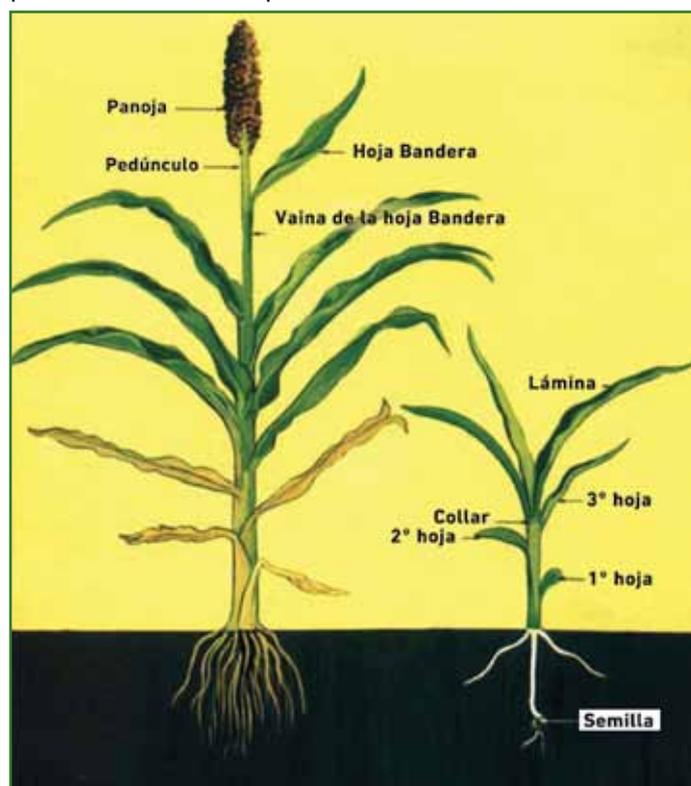


Figura 1: Típica planta en madurez fisiológica (Izq.). Planta en etapa de 3 hojas (Der.).

Sorgo: crecimiento y desarrollo del cultivo

Desde la siembra hasta la emergencia

El tiempo de siembra-emergencia varía principalmente con la temperatura del suelo, por ello, en siembras tempranas (principios de octubre) las emergencias podrían demorarse más allá de los 15 días, mientras que en las tardías (diciembre) no superarían los 3 días.

Otros factores como la humedad y profundidad de siembra también afectan el tiempo de emergencia. Una lenta aparición a menudo deriva en nacimientos irregulares y bajo stand de plantas. Durante la emergencia, la planta es totalmente dependiente de las reservas almacenadas en el endosperma de la semilla. Una lenta emergencia puede agotar estas reservas, que son importantes para el crecimiento temprano de las plantas en los días inmediatamente posteriores a la misma.

Algunos de los factores que afectan negativamente a la emergencia y la fase inicial de crecimiento de las plantas son:

- **Suelo frío y muy húmedo.** Es conveniente un suelo cálido y levemente húmedo para una rápida germinación y emergencia. Suelos fríos y con humedad en exceso pueden promover el desarrollo de enfermedades fúngicas. El mayor efecto nocivo de las bajas temperaturas con humedad se da durante la etapa de imbibición-activación enzimática de la semilla (entrada de agua a la semilla). El daño se conoce como "daño por imbibición en frío", la entrada de agua fría a la semilla, produce daño en las membranas celulares, esto último más los exudados del contenido celular, facilita la entrada de hongos. Los nuevos tratamientos profesionales de semilla en origen *atenúan (no eliminan)* los efectos agresivos de los patógenos exacerbados en este tipo de situaciones puntuales.

En la medida que avanza el proceso de germinación la sensibilidad al frío disminuye. Si bien la temperatura ideal para la germinación y emergencia del sorgo es de 21 °C también puede ocurrir a 10°C (es dependiente del genotipo), pero a esa temperatura la misma se demora y se aumenta la probabilidad de "eventos de imbibición fría". Muchos trabajos mencionan una temperatura óptima de germinación y emergencia, de 18°C, a 5 cm de profundidad pero en la práctica algunos productores adelantan la fecha de siembra buscando mejorar el potencial, y disminuir la probabilidad de incidencia de barrenador y/o mosquita. En esos casos las siembras comienzan con temperaturas cercanas a los 15 °C.

- **Formación de costras (planchado del suelo).** Debido al reducido tamaño de la semilla de sorgo, la formación de costras de 0,6 a 1,2 cm. de espesor, obstaculizan su capacidad para emerger. En los suelos con alto contenido de arena fina y limo las costras se forman más fácilmente que en los suelos con arena gruesa y arcilla. En planteos de Siembra Directa se reduce significativamente la formación de costras del suelo.

- **Daños por herbicidas:** en la etapa de implantación el sorgo no es un buen competidor con las malezas, especialmente las gramíneas. Aplicaciones de herbicidas pre-emergentes como cloroacetamidas (por ejemplo, Metolactor) son ampliamente utilizados para controlar las malezas gramíneas en el cultivo de sorgo, aunque esta práctica requiere que las semillas deban ser tratadas previamente con protectores de herbicidas (por ejemplo, Concept) para

evitar el daño del herbicida al sorgo. Por tal motivo, es conveniente un correcto curado en origen para lograr una homogénea y correcta cobertura del producto para no sobre o sub dosificar.

■ Etapas de crecimiento

Una vez que el sorgo emerge, la planta se desarrolla siguiendo una secuencia caracterizada por tres etapas de crecimiento - GS I, GS II, y GS III (Vanderlip). Un híbrido de madurez media requiere aproximadamente 32 a 35 días para pasar a través de cada etapa, dependiendo del híbrido y las condiciones medioambientales. **La mayoría de los híbridos actuales son insensibles al fotoperíodo (duración del día) durante la fase de diferenciación de número de hojas, es decir, su ritmo de desarrollo es impulsado principalmente por la temperatura.** Por lo tanto, las variaciones en el número de hojas al modificarse las horas de luz (Ej. variación en la fecha de siembra) son mínimas para la mayoría de los cultivares actuales.

■ Etapa GS I

Esta primera etapa de crecimiento, GS I, se caracteriza por el crecimiento vegetativo. La planta desarrolla sus estructuras vegetativas, las hojas y tallos, que terminarán *soportando* la formación y crecimiento del grano. Debido a que los híbridos modernos son insensibles a la duración del día, la duración del GS I en gran medida depende de la temperatura ambiente y el número de hojas genéticamente predeterminado para formar el tallo principal del híbrido. Cuanto más hojas para formar tenga el híbrido, la madurez será mayor (por ejemplo, más tiempo se requiere desde la siembra hasta la floración) y en general mayor es su potencial para producir forraje y grano. Los híbridos de maduración temprana suelen producir 15 hojas por planta, mientras que los híbridos de ciclo de maduración intermedios y largos pueden producir 17 y 19 hojas cada uno.

En nuestro sistema de secano, con lluvias distribuidas estacionalmente, pero con patrones aleatorios, la diversificación de ciclos intermedios y largos (para la zona central y norte) podría ser una buena estrategia para diversificar la captura de lluvias durante el periodo crítico.

Los estadios dentro de la GS I se determinan por el número de las hojas con collares visibles. Por ejemplo, la Figura 1 muestra una planta en etapa de 3 hojas, porque los collares de la primera, segunda y tercera hoja son visibles. En este ejemplo, la totalidad o partes de seis hojas se pueden observar, pero como son sólo tres collares visibles, se considera que está en la etapa de 3 hojas.

Durante esta etapa el sorgo puede tolerar un alto grado de estrés, desde sequía, granizo y bajas temperaturas con un leve efecto adverso en el rendimiento. Los insectos y plagas, si no son controlados, pueden dañar irreparablemente el cultivo. El tiempo muy seco y/o frío favorece el desarrollo de plagas dañinas como los pulgones y chinches. Sin embargo, en Argentina, el pulgón verde (Imagen 1) produce los daños en etapas reproductivas avanzadas. En ocasiones durante esta etapa vegetativa aparece el pulgón del maíz (Imagen 2) generalmente ubicado en el cogollo. Hay trabajos que recomiendan no controlarlo, ya que no produce saliva tóxica e incrementaría la población de enemigos naturales de áfidos.

Si bien la posibilidad de aplicación de herbicidas post-emergentes es reducida, se recomienda seguir cuidadosamente las instrucciones de marbe para no causar daño al cultivo (Ejemplo: 2-4D).

Tiempo frío y nublado por un período prolongado en GS I pueden causar una coloración púrpura en las vainas y márgenes de las hojas, y a su vez se puede encontrar clorosis internerval (rayas amarillas).

El **color púrpura** se produce por la acumulación de antocianinas en el tejido. Las causas pueden ser variadas: deficiencia, fósforo, frío, sequía, compactación, pero todas asociadas con la acumulación de azúcares en los tejidos que provocan la expresión de genes antocianicos que dan los colores púrpuras. El color en sí no es dañino, puede deberse a genotipos que naturalmente dan colores antocianicos o a la expresión de que algo "ocurre" en ese momento puntual que está afectando a la utilización de los azúcares. Debemos interpretar correctamente la sintomatología, ya que si el color púrpura se debe al frío, esta coloración desaparecerá sin generar consecuencias. Ahora si esta coloración púrpura está indicando deficiencias de fósforo o compactación de suelo, sería esperable una merma de rendimiento.

El **rayado de las hojas** podría ser causado por la captación insuficiente de hierro o de zinc (hay sólo estudios preliminares en Maíz). Los síntomas por lo general desaparecen cuando regresan las temperaturas favorables. Deficiencias de hierro y zinc serán más pronunciadas en suelos calcáreos.

Cuando las plantas tienen entre 4 y 6 hojas, la ocurrencia de días largos y soleados con temperaturas por debajo de 18°C favorece la aparición de **macollos** en los nudos. A su vez, un bajo stand de plantas también promueve el macollaje del cultivo. Las panojas de los macollos son más pequeñas y florecen más tarde que las del tallo principal. Los macollos basales formados en esta etapa pueden compensar en cierta medida las pérdidas de plantas durante la emergencia. Algunos híbridos tienen mayor tendencia a macollar que otros.



Imagen 1: pulgón verde.



Imagen 2: pulgón del maíz.

Etapa de crecimiento GS II

La segunda etapa de crecimiento, GS II, es el período cuando las estructuras reproductivas de la panoja se forman y se establece el número máximo de granos por planta. Es considerado el período más crítico para la producción de granos, ya que el número de semillas por planta explica el 70% del rendimiento en grano del sorgo. Cualquier factor biótico o abiótico que impida el desarrollo de la panoja durante este período reducirá el número de granos que se formarán, disminuyendo el rendimiento en grano.

GS II comienza con la "iniciación de la panoja" y termina con la floración. La iniciación de la panoja se marca con la aparición de protuberancias en la superficie de la planta en el punto de crecimiento, unos 30 a 35 días después de la emergencia dependiendo del ciclo y fecha de siembra (Figura 2). Estas son las estructuras primordiales que terminan formando las ramas de la panoja, que luego se diferencian en espiguillas ramificadas, estructuras florales responsables de la producción de la semilla y la formación de grano. Son fácilmente identificables a simple vista si se separa el tallo con un cuchillo afilado y se localiza el punto de crecimiento, cuando la planta tiene de 7 a 10 hojas completamente desarrolladas (tener en cuenta que una a tres hojas pueden haberse perdido, ya que las hojas inferiores mueren y caen a medida que la planta crece, lo que puede dificultar la correcta identificación del estadio). Utilice la primera hoja verdadera (con punta redondeada) como hoja número uno. Si no está presente, utilice el número de nudos en la base de la planta para determinar la etapa vegetativa correcta. El primer entrenudo observado (el más bajo de la planta) generalmente es el cuarto, de aproximadamente 0.6 cm de largo. La vaina de la quinta hoja se origina en el quinto nudo. Todas las otras hojas pueden ser fácilmente identificadas si se toma a la quinta hoja como una referencia.

Después de la iniciación de la panoja (protuberancia Figura 2), la planta detiene abruptamente la formación de nuevas hojas y comienza a formar las estructuras reproductivas. A pesar que la iniciación de la panoja marca el momento en que la planta alcanza su máximo número de hojas, sólo un tercio de la superficie foliar se ha expandido (Figura 3). Durante este período (GSII) en forma simultánea se desarrolla el área foliar restante, la panoja y sus partes florales. GS II es un período de rápido crecimiento. Las aplicaciones localizadas de nitrógeno deberían ocurrir antes de este evento, así la fertilidad del suelo no sería limitante cuando el cultivo más lo necesita. La hoja bandera es la última hoja en salir del verticilo. Es más pequeña que las otras hojas y se ubica debajo de la panoja. Cuando aparece el collar de la hoja bandera, la planta alcanza el estado de bota (Figura 4).



Figura 2: punto de crecimiento del sorgo luego del inicio del panojamiento. Derecha: punto de crecimiento un día después del inicio de la panoja. Con protuberancias en desarrollo en la ramificación principal. Centro e Izq.: puntos de crecimiento 5 y 7 días después del inicio del panojamiento, con primordios de ramificaciones secundarias y terciarias.



Figura 3: apariencia de un sorgo al inicio del panojamiento.

La panoja se encuentra desarrollada por completo y preparada para la floración. La planta ha alcanzado el máximo de área foliar y acumulado aproximadamente el 60% de su materia seca total. Un estrés grave como una sequía en este momento puede impedir la ejerción de la panoja desde la bota y provocar una floración incompleta, menor logro de granos y en consecuencia pérdida de rendimiento. Los requerimientos de agua del cultivo son mayores en este momento, por lo que se debe buscar que el mismo coincida con una época de baja probabilidad de déficit hídrico.

El sorgo se considera **panojado**, cuando las panojas son visibles en el 50% de las plantas del lote.

El desarrollo de la panoja, sus estructuras florales y el área foliar remanente es extremadamente sensible a la sequía y el estrés causado por pulgones verdes, pulgones de la hoja de maíz y chinches. El estrés reduce el número de flores y, en última instancia, el número de granos en la panoja. Además, las aplicaciones de herbicidas hormonales (ej: 2,4-D, dicamba) después de iniciación de la panoja pueden ocasionar lesiones y reducir el número de granos y el rendimiento.

Etapa de crecimiento GS III

La tercera y última etapa de crecimiento es el llenado del grano, denominada GS III. Se inicia con la **floración** y continúa hasta que la acumulación de materia seca en el grano se detiene con la aparición de una **capa negra** cerca del punto de la fijación de las semillas en el florete. La floración comienza típicamente cuando las anteras amarillas aparecen en la punta de la panoja, de 5 a 7 días después de la ejerción de la panoja (Figura 5). En los próximos 4-9 días, las anteras aparecen gradualmente y se desarrollan desde la punta hacia la base de la panoja. El cultivo está en plena floración cuando el 50% de las anteras en un 50% de las plantas en el campo han emergido.

El estrés ambiental por calor o sequía no suelen afectar a la polinización, pero la deriva de herbicidas antes, durante o inmediatamente después de la polinización pueden interferir con la producción de grano y reducir el rendimiento. La mosquita del sorgo, una plaga común al cultivo, es perjudicial en esta etapa porque pone sus huevos en la flor y se alimenta de las semillas en formación. Una mosquita por panoja puede reducir el rendimiento en grano de 10 a 20%. A su vez, es importante monitorear las plantas para detectar la existencia de otras plagas como: pulgones verdes en las hojas y orugas en las panojas.



Figura 4: planta de sorgo en la etapa de Bota.



Figura 5: planta de sorgo con la panoja en el inicio de la floración.

Después de la floración, el desarrollo de las plantas se centra en la formación de granos. Azúcares, aminoácidos y proteínas producidos por hojas y raíces son transportados rápidamente al grano y se convierten en almidón y proteínas. El desarrollo de la semilla progresa de **grano acuoso** (etapa aún sensible a la fijación de grano) a **lechoso**, **pastoso suave**, **pastoso duro** y a **madurez fisiológica** en un plazo de 25 - 45 días después de la floración, dependiendo del híbrido y de las condiciones ambientales: temperatura, agua, nutrientes, plagas y enfermedades que afectan el área foliar o el sistema vascular. Los granos alcanzan su tamaño máximo (volumen) unos 10 días después de la floración (**grano lechoso**). El grano es blando y un jugo lechoso blanco sale si se lo aprieta. La etapa de **pastoso suave** se produce 15 a 25 días después de la floración, cuando aproximadamente el 50 % del peso del grano se ha acumulado -el grano puede apretarse entre los dedos con poca o nula presencia del líquido. El **sorgo para silaje suele ser cosechado en la etapa de pastoso suave**, cuando la planta ha perdido varias hojas menores, presentando entre 8 y 12 hojas funcionales. En esta etapa la panoja es muy susceptible al daño por aves. La **etapa pastoso duro** se produce cuando el grano no puede ser comprimido entre los dedos. El grano ha acumulado alrededor del 75% de su materia seca. Las plantas son más susceptibles al vuelco en este momento, si han sufrido sequías severas durante el llenado, ataque de insectos como barrenadores del tallo o enfermedades. La semilla está fisiológicamente madura cuando la capa negra (Figura 6) aparece inmediatamente por encima del punto de unión del grano con el florete, cerca de la base del grano. En este estado el grano tiene aproximadamente 30 a 35 % de humedad y alcanza su peso seco total. El grano se puede cosechar con 20% de humedad sin daño mecánico, pero debe ser secado a menos de 14 % para ser almacenado de forma segura en silos sin equipo de secado.



Figura 6: granos de sorgo fisiológicamente maduros a 35% H° con la capa negra recientemente formada (Izq.) en comparación con un grano con 13% H° de una panoja lista para ser cosechada mecánicamente.

El tamaño del grano y el peso varía en el sorgo, por lo general desde 2,0 hasta 4,5 milímetros de diámetro (Figura 7). En promedio, pesan alrededor de 25 gramos por cada 1.000 granos (40000 granos por kilo), pero puede

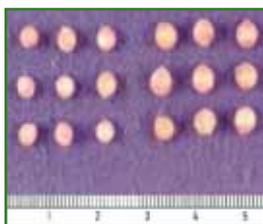


Figura 7: típico rango de tamaños de granos de una panoja de sorgo.

variar desde 13 hasta 40 gramos por cada 1.000 granos (por ejemplo, 77000 a 25000 granos por kilo). El tamaño y peso del grano cosechado dependerá del factor genético (peso potencial) y de la capacidad de la planta para acumular materia seca durante GS III. El clima, la fertilidad del suelo y agua disponible influyen en el tamaño y el peso final de granos. En términos generales, el 85% por ciento de la materia seca producida por la planta durante GS III va directamente al grano. Sólo el 15% del peso final del grano se origina de la materia seca producida en estadíos previos. Ante condiciones adversas durante el llenado mayor proporción provendrá de las reservas acumuladas en los tallos. Los híbridos con alto número de granos suelen tener bajo peso (por ejemplo, un alto número de granos por kilo) y viceversa. Heladas tempranas o una sequía severa durante la etapa de grano pastoso suave puede reducir drásticamente la producción de materia seca, resultando en granos arrugados y livianos. El ajuste de fecha de siembra y ciclo según la latitud es de vital importancia. El manejo de ciclo para fechas tardías adquiere relevancia cuando se siembra en altas latitudes.

Si las condiciones de crecimiento son favorables cuando el grano está fisiológicamente maduro (no hay más acumulación de materia seca, punto negro), los macollos a menudo pueden surgir de nudos superiores e inferiores de la planta. Estos macollos, si no se controlan, producen pequeñas cantidades de granos y aumentan la humedad del grano a niveles inconvenientes para la venta inmediata, o su almacenamiento, obligando a retrasar la cosecha varias semanas. Ante condiciones desfavorables hacia el período de cosecha el macollaje se suprime. La aplicación de glifosato cuando aparece la capa negra en el 50 por ciento de los granos impide el desarrollo de macollos posteriores a la maduración del grano y acelera el secado del grano y cosecha, y detiene el consumo de agua potencialmente transferible al cultivo siguiente.

■ Conclusiones

En el presente trabajo se remarcan las diferentes etapas del cultivo, y algunas acciones que se deben llevar adelante para obtener los mejores resultados. Si bien el sorgo es un cultivo caracterizado por su gran rusticidad y plasticidad, es un gran aliado en los planteos productivos tanto por su incomparable aporte de rastrojo y raíces a los planteos en siembra directa, como por los elevados rendimientos logrables al ajustar su manejo.

■ Referencia

Sorghum- Growth and Development- Thomás Gerik, Brent Bean and Richard Vanderlip. Texas Cooperative Extension- The Texas A&M University System- 1993.



PIONEER
A DUPONT BUSINESS

Pioneer Argentina S.R.L.

Hipólito Yrigoyen 2020 1er Piso (B1640HFP)

Martínez, Provincia de Buenos Aires

Tel: (54-11) 4717-9100 - Fax: (54-11) 4717-9195

www.pioneer.com/argentina