

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA, GERMINACIÓN Y DESARROLLO

Gabriel Saavedra del R.

Ing. Agrónomo, Ph.D.

INIA La Platina

CLASIFICACIÓN BOTÁNICA

El maíz es una especie que se clasifica botánicamente de la siguiente manera:

- Reino : Plantae.
- División : Tracheophytas (plantas con tejido vascular).
- Sub-división : Pteropsidae (plantas con hojas grandes).
- Clase : Angiospermae (plantas con flor, semillas dentro de frutos).
- Sub-clase : Monocotiledoneae (semillas con un solo cotiledón).
- Grupo : Glumiflorae (plantas tipo pasto).
- Orden : Graminales.
- Familia : Gramineae.
- Tribu : Maydeae.
- Género : *Zea*.
- Especie : *Zea mays*.
- Nombre científico : *Zea mays* L.

La familia Gramineae que está compuesta por unos 450 a 530 géneros y casi 5.000 especies, es una de las más importantes en la alimentación mundial, pues a ella además del maíz, pertenecen: el trigo, arroz, avena, triticale y centeno. La especie *Zea mays* L., es originaria de Mesoamérica, hoy Guatemala y parte de México y fue domesticada por las tribus originarias de la región. Se señala que podría derivar del Teocintle (*Euchaleana mexicana* Schrad., sin. *Zea mexicana* (Schrad.) Kuntze), planta cultivada como forraje en las regiones más cálidas de América (Bartolini, 1990).

El maíz es una planta C₄, porque inicialmente en el proceso de fotosíntesis fija CO₂ en ácidos de cuatro carbonos. Este tipo de plantas tienen mayores tasas fotosintéticas por unidad de superficie de hoja que las plantas C₃ cuando ambas son expuestas a: altos niveles de luminosidad y temperatura, a niveles normales de concentración de CO₂. Por lo tanto, alcanzan una alta productividad al acumular grandes cantidades de carbohidratos para formar tejidos. Cuando la temperatura alcanza 25 a 35°C y los niveles de irradiación solar son altos, las plantas C₄ son dos veces más eficientes que las C₃, convirtiendo la energía solar en materia seca. Otra ventaja de las plantas C₄ es el hecho de no presentar fotorrespiración, limitando así la pérdida de CO₂ únicamente a la producida durante la respiración en oscuridad (Weier y otros, 1982).

SEMILLA Y GERMINACIÓN

La comúnmente llamada semilla o grano de maíz es botánicamente un fruto llamado cariósipide, el cual está compuesto de tres partes principales (Figura 1):

- a. Pericarpio o revestimiento exterior
- b. Endosperma amiláceo
- c. Embrión

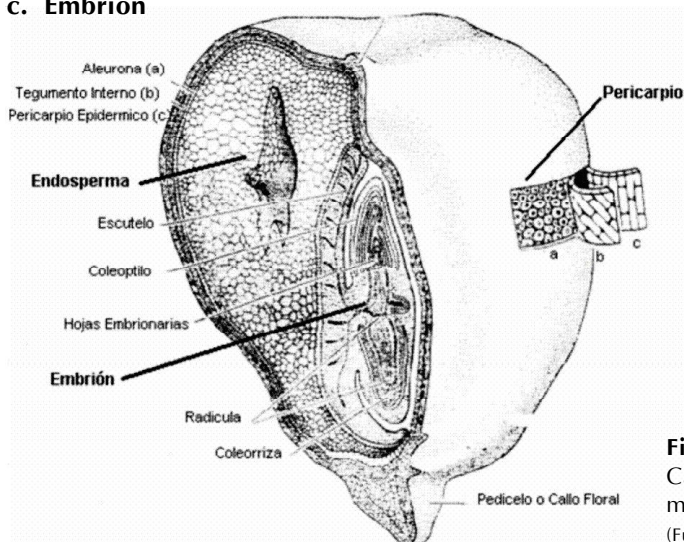


Figura 1. Cariósipide de maíz y sus partes (Fuente: FAO, 2001).

a. Pericarpio

Es la cubierta protectora de la cariósida contra patógenos, como hongos y bacterias. Por lo tanto, si se daña puede verse muy comprometida la germinación. Entonces es importante iniciar la siembra con semillas sanas, sin quebraduras y se debe verificar la integridad de éstas antes de colocarlas en el terreno.

b. Endosperma amiláceo

Constituye la reserva energética principal de la cariósida, de la cual la plántula obtiene almidón y sustancias proteicas mientras desarrolla su aparato radicular y la aparición de las hojas para poder ser autótrofa. El endosperma, aunque puede variar de acuerdo al tipo o raza de maíz, representa el 80% del peso de la cariósida, de la cual el 90% es almidón y 7% proteínas, más pequeñas cantidades de grasas y sustancias minerales.

c. Embrión

Es una planta de maíz en miniatura, donde se formará y crecerán todos los órganos vegetativos y reproductivos de la planta. La plúmula dará origen a las hojas, la radícula a las raíces y el cotiledón que es el depósito nutritivo, que contiene bastante aceite y sustancias esenciales para los primeros estados de desarrollo durante la germinación y crecimiento de la cariósida.

La germinación es uno de los períodos más críticos en el desarrollo de la planta. Los tejidos de la semilla, ricos en alimentos, están propensos al ataque de patógenos si esta no ha sido desinfectada convenientemente. La temperatura y humedad del suelo tiene un rol preponderante. Si el terreno se encuentra muy húmedo, frío o seco, la germinación será lenta y la plántula puede morir antes de establecerse. La temperatura mínima en el suelo para iniciar la germinación es de 12 a 14°C. El agua se absorbe a través del tegumento externo, se hincha y dos o tres días después emite la radícula. Luego, en dos o tres días más, aparece la plúmula, siempre y cuando las condiciones ambientales se mantengan (Bartolini, 1990). Unos diez días después de la fecha de siembra,

aparece el coleoptilo o plúmula en forma de punta, que cuando recibe luz emite dos hojas, la primera tiene forma redondeada y no será reconocible en planta adulta. Mientras tanto se va formando el sistema radicular primario que permite a la planta una cierta independencia de las agotadas reservas ya consumidas del endosperma.

Una adecuada combinación de temperatura y humedad del suelo permitirá a la semilla germinar en forma rápida, dando origen a una plántula vigorosa y capaz de desarrollar un sistema radical eficiente, de vital importancia en etapas posteriores.

Las deficiencias de nutrientes no son críticas en los primeros días, pero, a medida que la planta comienza a depender de sus raíces para nutrición, la carencia de elementos mayores, en especial de nitrógeno, puede afectar el crecimiento y desarrollo.

Muchas de las anomalías que se presentan en este período no tienen necesariamente un efecto irreversible si se corrigen a tiempo, pues la planta es muy flexible en sus requerimientos y posee una gran capacidad de recuperación.

DESARROLLO VEGETATIVO

La germinación y emergencia es seguida de una fase durante la cual el maíz desarrolla y acomoda el aparato radicular de acuerdo a la estructura foliar definitiva que va a sostener y aportar nutrientes para la formación de la mazorca y del grano (**Cuadro 1** y **Figura 2**).

A medida que la planta crece, van apareciendo nuevas hojas hasta poco antes de la espigadura; todas se forman dentro de la planta a partir del centro de crecimiento ubicado en la base del tallo, antes que comience el desarrollo de la panoja.

Partiendo del cuello de la planta, por encima de las raíces primarias, se desarrolla el aparato radicular principal o permanente, el cual, será el órgano que absorberá las sustancias nutritivas de la solución de suelo que lo rodea.

Cuadro 1. Etapas en el desarrollo de la planta de maíz.

Etapa Vegetativa		Etapa Reproductiva	
VE	Emergencia	R1	Seda
V1	Primera hoja	R2	Ampollamiento
V2	Segunda hoja	R3	Grano lechoso
V(n)	n-enésima hoja	R4	Grano pastoso
VT	Espigadura	R5	Llenado de grano
		R6	Madurez fisiológica

(Fuente: CIMMYT, 2014; Ritchie y Hanway, 1982).

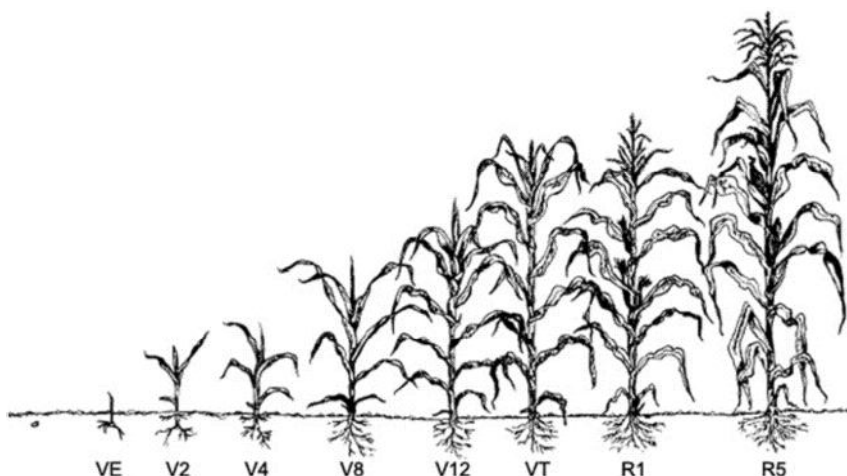


Figura 2. Estados fenológicos de la planta de maíz
(Fuente: Ritchie y Hanway, 1982).

Este período no tiene una influencia determinante en el rendimiento, porque su función principal es crear las estructuras que sustentan a la planta. La etapa puede ser más o menos prolongada de acuerdo a la variedad o híbrido y la acción de factores ambientales, que manifiestan en ella su máxima influencia. Si el crecimiento inicial es lento, la espigadura, la emisión de los estigmas y la madurez, pueden retrasarse.

DESARROLLO REPRODUCTIVO

Cuando la planta ha diferenciado totalmente el número de hojas que van a constituir su estructura (aproximadamente 30 días después de la siembra), y alcanza una altura de 0,45 a 0,50 m, se inicia en el cono vegetativo, la formación de pequeñas protuberancias, la diferenciación de la espiga (órgano reproductor masculino). Junto al desarrollo interno de los órganos reproductivos, la planta inicia una fase de crecimiento rápido vertical, con la elongación de los entrenudos inferiores del tallo. Entre los siete y diez días de diferenciación de la espiga, comienza la formación de una mazorca en miniatura, en una posición lateral del cono vegetativo.

Espigadura (emisión de la panoja)

La panoja o espiga tiene la misión exclusiva de producir granos de polen en cantidad suficiente para asegurar la fecundación de la mazorca, que se encuentra más abajo. Se estima en unos dos a cinco millones de granos de polen los que emite la panoja de una planta sana y vigorosa. La panoja comienza la antésis o emisión de polen alrededor de una semana después de su aparición.

Esta etapa (VT), constituye la parte más crítica en el desarrollo del cultivo. Los requerimientos de nutrientes, agua y materiales del metabolismo son altos, y cualquier deficiencia de ellos es especialmente seria. Más aún, el daño en el polen o en la estructura de la mazorca puede o no tener recuperación. En este período, las deficiencias nutricionales, especialmente de nitrógeno; la sequía; el daño de insectos y el exceso de población, tienen sus máximos efectos. Sin embargo, a menudo el problema no es evidente y sólo se aprecian las consecuencias cuando es demasiado tarde.

Floración (liberación del polen y aparición de los estigmas)

La inflorescencia femenina o mazorca está constituida por un grupo cilíndrico de flores femeninas, cada una en situación de formar una cariósida o fruto si la polinización se realiza con normalidad. A los dos o tres días después de la antésis, salen de la mazorca los estilos o

sedas (estado R1). Las primeras en aparecer son las que corresponden a la base de la mazorca, aunque todas las sedas, bajo condiciones meteorológicas y nutricionales favorables, están en condiciones de recibir los granos de polen entre dos y tres días después de la emisión del polen.

Considerando que el objetivo de la planta es producir semilla para asegurar la generación siguiente, ella dirige la mayor parte de sus energías hacia ese fin, aún antes de estar completamente preparada para la floración. Esta etapa se puede definir como el estado funcional en el cual la panoja y la mazorca se desarrollan y constituye el primero de los pasos en el proceso de formación de la semilla.

La liberación del polen y la emisión de estigmas ocurren en los días más calurosos de la estación de crecimiento, cuando la planta ha alcanzado su máximo desarrollo en hojas y tallos, y la actividad metabólica su más alto nivel. Sin demora se realiza la fecundación de los óvulos por el polen y comienza el desarrollo del grano.

Es también un período crítico en el desarrollo de la planta y la mayor limitante proviene, quizás, de la alta demanda de agua y de nitrógeno para la actividad fisiológica, lo cual se agrava por el hecho que la floración coincide muchas veces con una época de déficit de humedad. Usualmente el polen es liberado desde la antera en horas de media mañana, este polen liberado ya está parcialmente deshidratado y este proceso continúa en la medida que se mueve a través de la atmósfera hasta interceptar el estigma. Esta liberación al ocurrir a media mañana, cuando la temperatura se incrementa, la humedad relativa disminuye y la radiación solar aumenta, el polen pierde viabilidad rápidamente. Por otra parte, los estigmas o “sedas” se elongan a una tasa muy rápida ($2 - 5 \text{ mm h}^{-1}$) durante las horas de la mañana en suelos con abundante humedad. Los estigmas decaen en su receptividad a partir de los siete días de su aparición, llegando a ser nula después de 14 días.

Formación y desarrollo del grano

Una vez producida la fecundación, no se aprecian cambios mayores en la mazorca, excepto una desecación rápida y pardeamiento de la seda, que ya cumplió su papel de facilitar la fecundación del óvulo.

Unos ocho días después, las carióspsides comienzan a desarrollarse adquiriendo el aspecto de vesículas acuosas (Estado R2). En los quince días siguientes, la mazorca aumenta rápidamente de tamaño, mientras el marlo o “coronta” se alarga y alcanza el diámetro definitivo. En los siguientes días, los granos van cambiando de estado debido a la acumulación de una sustancia lechosa azucarada dentro de la carióspside, que luego se transforma y se inicia la fase de acumulación de almidón hasta alcanzar la madurez fisiológica. La cosecha de maíz para consumo fresco se realiza durante los estados R3 y R5. Más adelante en el desarrollo, los granos pierden características de consumo.

Bajo condiciones normales, esta fase incide menos sobre el rendimiento que las dos anteriores.

El número de mazorcas y de granos por mazorca viene determinado genéticamente, pero deficiencias de humedad o de nutrientes, ataque de enfermedades u otras condiciones adversas, irán en desmedro de llenado del grano. En casos extremos, la planta puede morir antes de que el grano haya alcanzado su tamaño máximo. Por otro lado, si las condiciones de humedad y fertilidad son excepcionalmente favorables, se produce un mejor llenado del grano, lo cual posiblemente se traduzca en un rendimiento más alto que el esperado.

Es factible concluir entonces: que las condiciones durante este período determinan el tamaño del grano, mientras que las variables imperantes en los estados de desarrollo anteriores a la espigadura condicionan, principalmente, el número de mazorcas y de granos por mazorca.