

ANEJO V
GENERALIDADES del
CULTIVO de MAÍZ

1. ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DEL MAÍZ CULTIVADO

El cultivo del maíz (*Zea mays*) se inició, probablemente, con la aparición de la agricultura en el Nuevo Mundo, hace más de ocho mil años. El hombre primitivo consiguió transformar una planta silvestre en el cereal más eficiente que se conoce, por lo que respecta a la conversión de energía solar, dióxido de carbono, agua y minerales del suelo en alimento. Así pues la intervención del hombre está fuera de toda duda ya que aunque el maíz sea una planta muy adaptada para la producción de grano, no podría vivir en condiciones naturales al no disponer de un mecanismo adecuado para la difusión de la semilla.

El maíz moderno no guarda ningún parecido morfológico evidente con otras plantas del Nuevo Mundo que pueden considerarse como sus antepasados. El origen y domesticación del maíz actual constituye hoy día una cuestión científica controvertida al existir diferentes teorías sobre ello. La teoría con más peso actualmente sostiene que el maíz procede de una planta silvestre llamada teosinte (*Zea mexicana*), que crece de forma espontánea en Méjico, Guatemala y Honduras. Respaldao esta teoría existen pruebas de carácter arqueológico y genético, que evidencian que el teosinte, en un intervalo de tiempo que puede variar entre 8 y 15 mil años, fue el antepasado directo del maíz moderno y que su transformación fue debida a la selección realizada por el hombre. Actualmente se estima que existen de 250 a 300 razas distintas de maíz.

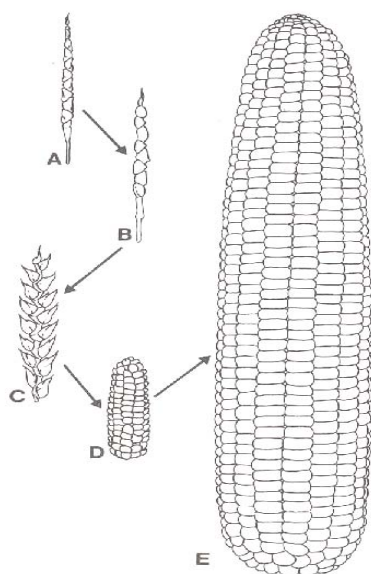


Figura V.1 Diferentes etapas del proceso de domesticación del maíz a partir del teosinte, representadas por la evolución del tamaño y forma de la inflorescencia femenina o espiga (escala proporcional). A: teosinte (una sola hilera de granos encerrados en cápsulas uniloculares). B: teosinte modificado, antigua forma de transición (cruce entre teosinte y maíz). C: variedad tunicada de maíz, producto de una mutación y paso crucial en la domesticación (las cápsulas duras del fruto se han transformado en glumas en forma de vainas de las que se pueden extraer fácilmente los granos). D: pequeñas espigas primitivas fruto del cruzamiento entre teosinte y maíz moderno (similares a los hallazgos arqueológicos de hace 7.000 años encontrados en el Suroeste de EEUU y Méjico). E: maíz moderno (Beadle, 1980).



El maíz era desconocido en el Viejo Mundo hasta el descubrimiento de América en 1492. Los hombres de Colón lo descubrieron el 6 de noviembre de 1492 cuando exploraron la isla de Cuba al encontrar un grano que los indígenas denominaban ma-hiz, que tenía buen sabor asado, en fresco o bien hecho harina. El maíz fue el verdadero tesoro que encontraron los descubridores, más valioso que las especies que buscaban en su ruta occidental, y el único cereal que se conocía en América antes de su descubrimiento. Era cultivado por los indios en casi todo el continente, constituyendo su alimento básico.

La primera introducción en Europa fue realizada por Colón en el año 1494, a la vuelta de su segundo viaje, de maíces procedentes de Cuba y Haití, realizándose sucesivas introducciones desde Méjico y Perú. Estas últimas demostraron ser las más adaptadas al ambiente europeo.

Las primeras siembras de maíz en España se realizaron a comienzos del siglo XVI, extendiéndose en el valle del Guadalquivir y en las provincias de Granada y de Málaga. Posteriormente variedades provenientes de los Balcanes fueron introduciéndose en Italia y en el nordeste de España, razón por la cual al maíz se le denominó popularmente como turco. La principal dificultad para su expansión en España parece ser la necesidad de riego que tenía el cultivo.

Clasificación botánica

- Grupo de las FANERÓGAMAS (plantas con flores).
- 13 ° división SPERMAFITAS (plantas con una sola hoja cotiledonar).
- Subdivisión ANGIOSPERMAS (plantas con óvulos encerrados en el ovario).
- Clase MONOCOTILEDÓNEA (plantas con un solo cotiledón).
- Orden GUMIFLORAS.
- Familia de las GRAMÍNEAS.
- Especie *Zea mays*.



2. PARTES DE UNA PLANTA DE MAÍZ

2.1. Raíz:

La raíz de una planta de maíz es fasciculada con un potente desarrollo. Tienen tres tipos de raíces que son los siguientes:

- Seminales: Nacen en la semilla después de la radícula para afirmar la planta. No son permanentes.

- Permanentes: En este grupo están incluidas las principales y secundarias. Están nacen por encima de las primeras raicillas en una zona llamada corona. Este grupo constituye el llamado sistema radicular principal.

- Adventicias: Nacen de los nudos inferiores del tallo y actúan de sostén en las últimas etapas del crecimiento, absorbiendo a la vez agua y sustancias nutritivas.

2.2. Tallo:

Es erguido, sencillo y nudoso. Tiene surcos longitudinales en la parte inferior. Tiene una altura de unos 2 metros (lo más común aunque hay de mayor altura) con una serie de entrenudos de unos 16 cm.

El primer tallo que emerge de la semilla se llama mesocotilo, que se alarga más o menos según la profundidad de siembra, al final de este tallo se forma la corona y luego el tallo final y las raíces.



2.3. Hoja:

Las hojas son alternas, abrazadoras, anchas, paralelinervias, lanceoladas y ásperas. Su longitud es de 40-45 cm y 6-8 cm de anchura. El número es constante para cada variedad. La planta tiene de 4 a 5 hojas embrionarias que van protegidas hasta que salen a la superficie por el coleoptilo, que se rompe saliendo la primera hoja.

2.4. Flor:

Es una planta monoica, en la cual se distinguen dos tipos de flores: Las flores femeninas, que se encuentran en la axila de algunas hojas, están formando una inflorescencia en espiga rodeada por largas bracteadas que la cubren por completo. A la espiga se la llama mazorca y está formada por una serie de espiguillas, cada una de las cuales está formada por dos flores de las cuales la inferior aborta. Por lo tanto, cada espiguilla, en caso de fecundación dará un grano. En el extremo de la mazorca se desarrollan unos estilos largos llamados sedas en los cuales cae el polen y se desarrolla el tubo polínico.

La parte central se llama zuro y representa el 15-30% del peso total de la espiga.

La flor masculina está en la extremidad del tallo agrupada en panículas que se llaman vulgarmente penachos. Está formada por 3 a 10 filas de espiguillas emparejadas, cada una de ellas compuesta por dos glumas y contiene dos flores con tres estambres cada una siendo las dos flores fértiles.

La fecundación es cruzada, cuando se realiza la fecundación con polen de otras variedades puede aparecer granos de coloración diferente.

5.5. Grano:

El grano se dispone en hileras longitudinales y hay varios cientos en una mazorca. Es generalmente aplastado en un plano perpendicular al eje de la mazorca, como es el caso de la mayoría de los híbridos actuales.

El grano se inserta a la mazorca por el pedúnculo de la flor.



El grano posee un número de líneas por mazorca de 10 a 22. Un número por línea de 18 a 42. El color del grano de maíz es muy variado pero el más común es amarillo, al igual que su forma que puede ser prismática, ovoidal, liso, picudo...

El grano está formado por las siguientes partes:

- a) **Pericarpio:** protege la semilla antes y después de ser sembrada impidiendo la entrada de hongos. La lesión en la cubierta puede inutilizar la semilla.

- b) **Endospermo amiláceo:** es la reserva alimenticia del grano, está compuesto por un 90% de almidón, 7% de proteína y el resto son aceites minerales. La función principal consiste en proporcionar alimento energético a la planta joven hasta que sus raíces estén bien desarrolladas y las hojas puedan elaborar sustancias energéticas en cantidad suficientes para satisfacer sus necesidades. En el endospermo, las proteínas conforman una matriz córnea en cuyo interior se hallan los gránulos de almidón.

- c) **Embrión:** está formado por el eje embrionario y por el escutelo. El eje embrionario está formado por la plúmula (esbozo de 4-5 hojas) y radícula. El escutelo corresponde al cotiledón.



3. CICLO VEGETATIVO

El ciclo de cultivo del maíz se puede decir que está comprendido por las siguientes fases:

3.1. Nascencia:

La nascencia es el periodo de tiempo que va desde la siembra hasta la aparición del coleoptilo, de este periodo la fase más importante es la germinación que se debe producir en buenas condiciones.

3.2 Crecimiento:

Después de nacer, las plantas con el paso del tiempo van formando las hojas (apareciendo una nueva hoja cada tres días).

3.3. Floración:

La panoja aparece veinticinco días después de la siembra; a las seis semanas comienza a emitir polen y a alargar los estilos, y cuando se produce esto es cuando está en floración. El momento más crítico para el maíz comienza tres semanas antes de la floración y en este periodo la planta no debe carecer de agua ni de nitrógeno.

3.4. Maduración y secado:

Después de la octava semana de la polinización el grano tiene el mayor nivel de materia seca (tiene un 35% de humedad) y es cuando llega a la madurez fisiológica, según pierde humedad se va acercando a la madurez comercial y en esto influyen las condiciones ambientales.



4. FISIOLOGÍA

El maíz actual es una planta de alta productividad, una semilla puede producir de 600 a 1000 granos, mientras que otros cereales como el trigo sólo producen de 50 a 100 granos. Su estructura hiperespecializada entraña, desde el punto de vista fisiológico, la pérdida o el letargo de numerosas potencialidades características de otros cereales, tal como el ahijado y el desarrollo de espigas suplementarias, que le privan de la capacidad de poder regular y compensar, como en aquellos, su densidad de establecimiento. a pesar de que en los últimos 30 años la mejora genética del maíz, asociada al dominio de las técnicas de cultivo, ha permitido un incremento espectacular del rendimiento, la planta de maíz no es todavía suficientemente conocida desde el punto de vista fisiológico, siendo evidente que un mejor conocimiento del funcionamiento de la planta permitirá un cultivo más eficiente.

4.1. Crecimiento y desarrollo

a) **Emergencia y desarrollo del cultivo:**

El buen desarrollo de la fase siembra-emergencia es esencial para el establecimiento del cultivo. Este proceso es un sistema biológico complejo, donde interviene la variedad (semilla) y sus propiedades germinativas, y factores ambientales de naturaleza física, química y biológica. La germinación, en sentido estricto, es el conjunto de procesos metabólicos que tienen lugar a partir de la inhibición de la semilla, por aumento de su contenido en agua, y del comienzo de la elongación radicular, que es la primera manifestación morfológica del crecimiento del maíz. La emergencia es un término agronómico que designa la aparición fuera del suelo del epicotilo, ordinariamente del coleoptilo, debido a la fuerte capacidad de alargamiento del mesocotilo y la subsiguiente aparición de las hojas.

La finalización de esta etapa, cuya duración es variable en función, entre otros factores, de la profundidad de siembra, corresponde con el final de la fase heterótrofa. En ella la planta se sustenta de las reservas de la semilla, pasando después a una fase de transición en la que la energía procede tanto de las reservas del endospermo de la semilla como de la fotosíntesis de la joven plántula. Con posterioridad la planta inicia su fase autótrofa en la que



sus necesidades energéticas son satisfechas totalmente por la fotosíntesis, siendo suficiente la implantación del sistema radicular para asegurar la alimentación hídrica y mineral de las plantas. Esta última fase se inicia normalmente con la aparición de la tercera hoja, siendo la temperatura óptima de 20 °C.

Los factores ambientales que actúan principalmente en esta fase son: temperatura, suministro de agua y oxígeno. La velocidad de germinación y del crecimiento de las plántulas es función directa de las temperaturas, existiendo entre 10 y 30 °C una respuesta lineal del crecimiento, lo cual hace posible cuantificar esta fase según las sumas de temperaturas. El frío, en las siembras tempranas, dificulta y retrasa el establecimiento del cultivo, provocando la aparición escalonada de plantas.

La plántula de maíz es extremadamente sensible a la limitación hídrica, principalmente hasta el estado de 1-2 hojas. El déficit hídrico ejerce una acción perjudicial sobre los órganos en crecimiento activo, restringiendo la superficie foliar y acelerando la senescencia. También existen diferencias variables con relación al estrés hídrico. El exceso de agua es perjudicial a la supervivencia de las plántulas, pues las raíces precisan del consumo de oxígeno del que se ven privadas con el encharcamiento. La iluminación contribuye al cambio a la vía autótrofa de joven planta, aunque su eficacia está ligada a la temperatura.

También la localización del abono demasiado próximo a la semilla produce un efecto osmótico y perjudica la germinación, al igual que la localización de abonos amoniacales cuando una fuerte liberación de amoníaco tiene lugar bajo los efectos de condiciones climáticas favorables.

b) Desarrollo del sistema foliar y radicular:

Después de la emergencia de la primera hoja, que es redondeada, aparecen la segunda y tercera. Estas últimas se despliegan con rapidez, llegando al estado de 3-4 hojas, que marca una pausa en el desarrollo de la parte aérea.

El ritmo de aparición de las hojas es lineal con una temperatura que va de los 15 a los 30°C. Al principio es determinante la temperatura del suelo debido a la influencia en el ápice vegetativo; luego, a partir de la sexta hoja, influye la temperatura del aire. Hay diferencias genotípicas en la aparición de hojas ya que es un carácter altamente heredable.



Existen una serie de correlaciones entre el número de hojas y la precocidad de la variedad y también con la altura máxima de la planta (las variedades más tardías son más altas).

La formación de hojas se detiene con la diferenciación de la panícula (aproximadamente con la aparición de la lígula) aunque puede aumentar algo. Las diferencias entre el día y la noche son favorables para la formación de hojas y también influye en el número de hojas el estrés hídrico y la mayor densidad de plantas (esto disminuye el número de hojas).

La longitud de las hojas depende de la temperatura, de manera que cuando la temperatura del suelo es alta la longitud es reducida, aunque puede tener mayor anchura. En la longitud también influyen la posición en la planta, la nutrición mineral (nitrogenada), etc.

Paralelamente al desarrollo foliar se desarrolla la yema terminal. Esta fase termina cuando son visibles de 6 a 10 hojas y la planta de maíz tiene una altura de 20 a 40 cm. Al final de la fase de formación de los órganos vegetativos, la yema terminal está situada a nivel de la superficie del suelo y a partir de aquí se desarrolla el tallo, que alcanza gran altura en los días que preceden a la floración.

El sistema radicular alimenta la planta hasta un estado de 5-6 hojas complementando las reservas de la semilla, luego esto se va cambiando por las raíces adventicias. El número de raíces seminales es mayor en las variedades híbridas, puede alcanzar todo el ciclo del cultivo y disponen de gran cantidad de pelos absorbentes.

El crecimiento radicular es muy pequeño durante el periodo vegetativo, invadiendo primero las capas superiores y luego en profundidad durante la formación del tallo y la floración. Después de la floración hay un incremento de raíces de anclaje, pero el desarrollo radicular es muy pequeño. El máximo desarrollo del sistema radicular se produce al comienzo del desarrollo del grano.

El crecimiento de las raíces está influido por la temperatura, siendo mínimo a los 10°C y máximo a los 30°C. Algunos autores dicen que el desarrollo de las raíces es mayor a bajas temperaturas, lo cual implica una relación parte aérea/raíces más débil en un rango de temperaturas de 10-15°C. La temperatura también influye en el número de raíces adventicias, aumentándolo, pero son de menor diámetro.

El crecimiento de las raíces está mucho menos afectado que el de las hojas por una alimentación hídrica reducida, y la relación raíces/parte aérea es aumenta en condiciones de



estrés. Hay una gran capacidad de adaptación del sistema radicular a las variaciones espaciales de las condiciones hídricas del suelo. Por otro lado, la falta de oxígeno, mal drenaje etc., perturba el desarrollo radicular.

c) Desarrollo reproductivo:

Durante la fase vegetativa la yema apical forma, además de los entrenudos, nudos y hojas, yemas axilares, las cuales según su posición en la planta evolucionarán de forma diferente. Durante el estado vegetativo el meristemo terminal ejerce una dominancia casi completa sobre el crecimiento de las yemas axilares de cada hoja. Las yemas axilares situadas en la base del tallo, cuando se desarrollan, dan lugar a tallos hijos. Los mecanismos que intervienen en su formación actúan muy pronto y son de origen genético y fisiológico o parasitario. El ahijado es la respuesta a un mecanismo de regulación del rendimiento que adapta la planta a su capacidad de producción.

Las yemas axilares asociadas a las hojas situadas en la zona media del tallo evolucionan para formar espigas, potencialmente sobre cada planta hay de 4 a 5, pero en condiciones normales de cultivo una sola terminará su evolución y las otras degenerarán. La yema axilar se forma antes que el meristemo terminal se diferencie en la panícula, produciendo antes de la diferenciación floral el pedúnculo, las espigas y las yemas axilares secundarias.

La formación de la panícula tiene lugar en la yema terminal, en la extremidad del tallo después de la última hoja. El meristemo apical cambia su forma redondeada, alargándose y ramificándose. Sobre estas ramificaciones y sobre el eje principal de la panícula se diferencian las espiguillas, las glumillas y las flores masculinas.

En las yemas axilares que evolucionan a espigas, una o dos por planta, las espiguillas están agrupadas por pares, teniendo cada una dos flores, aunque una sola formará un pistilo pues la otra aborta pronto. Existe un ovario por flor y abortan los estambres. En el curso del tiempo se determina el número de hileras en la espiga, la longitud de hileras y el número de espiga por planta.

Parece existir una relación inversa entre el número de hileras y el número potencial de granos en la hilera, por lo que el número de granos dentro de una variedad es muy constante.



Los días cortos y las temperaturas frescas inducen el desarrollo de la inflorescencia femenina, y los días largos y temperaturas cálidas retrasan la inducción y favorecen el desarrollo de la inflorescencia masculina. La velocidad y la calidad del desarrollo floral deben estar equilibradas para que exista un desfase breve entre la emisión del polen y la aparición de las sedas y una competencia ponderada entre panícula y espiga. Existen tres reguladores del crecimiento que son las giberelinas, auxinas y citoquininas. Los días cortos las auxinas favorecen el desarrollo de las flores femeninas en la panícula de ciertos genotipos.

En la floración masculina la liberación del polen se inicia a partir de la base del eje principal, progresando hacia las extremidades y ramificaciones laterales. La floración masculina sobre la panícula puede dilatarse 5 a 10 días según la variedad y las condiciones del medio.

La floración femenina en una planta se alcanza cuando son visibles las primeras sedas o los estilos al exterior de las espatas. El grano de polen que cae sobre el estigma de una seda es absorbido por los exudados azucarados que la recubren, por lo que es importante la composición de estos exudados para la evolución del grano de polen. En presencia de agua libre sobre las sedas el grano de polen se hincha y revienta entonces se habla el fenómeno de “corrimiento”. En menos de 24 horas el polen llega al óvulo, y en las horas siguientes a la fecundación la alimentación hídrica y el crecimiento de las sedas se paraliza. Si el tiempo es húmedo pueden aparecer turgentes varias semanas y si es seco se marchitan.

Por tanto la precocidad de la floración de una variedad dependerá de la duración de la fase vegetativa. El comienzo del estado de desarrollo de la panícula puede ser observado cuando la planta tiene el 50% de hojas visibles.

d) Formación del grano:

Después de la fecundación tiene lugar un periodo de letargo de 2 a 3 semanas antes de la fase de incremento lineal de la materia seca del grano, el cual alcanza su tamaño definitivo rápidamente. Ciertos óvulos fecundados pueden no desarrollarse debido a una influencia hormonal, aunque se desconoce hasta qué momento éstos conservan su potencial de desarrollo. En caso de estrés parecen tener siempre prioridad para desarrollarse los óvulos fecundados inferiores.



La duración del periodo de formación del grano es de unos 50 días. La humedad depende de la suma de temperaturas después de la floración femenina. Los asimilados para el llenado del grano provienen de la fotosíntesis de las hojas activas, de las reservas de tallo, raíces y zuro.

Los asimilados llegan al grano en forma de compuestos solubles en agua. Esta acumulación comienza en el ápice del grano y progresa hacia la base, donde se encuentran los tejidos más húmedos. Esto es visible desde el exterior y corresponde a la línea de llenado del grano. En el periodo de llenado del grano hay diferentes estados:

- *Estado lechoso*: el grano toma el tamaño y la forma definitiva con un color amarillo pálido.

- *Estado pastoso*: con un color amarillo pálido, el grano se aplasta fácilmente, con una humedad de 50-60% y con un contenido en materia seca del 25%. Las hojas siguen verdes.

- *Estado pastoso-duro*: tiene un color amarillo, comienza a endurecerse pero se raya con la uña. El contenido de humedad es 45-50% y la materia seca de 30%. Las hojas de la base comienzan a secarse.

- *Estado vítreo*: el grano está duro y no se raya con la uña, con una humedad del 40% y la materia seca superior al 35%. Las hojas inferiores están secas.

- *Madurez completa*: la humedad del grano es inferior al 35% y la materia seca superior al 45%. La planta entera está seca.

Estos estados sólo son indicativos porque la humedad puede variar en función del clima y la variedad. La madurez del grano se alcanza cuando cesan las transferencias de asimilados. En condiciones cálidas, los compuestos que ellas contienen se oxidan y se oscurecen para formar el punto negro que no aparece si el clima es frío y húmedo.

4.2. Fotosíntesis, formación y distribución de la materia seca

El maíz es una especie tropical que tiene un elevado potencial de rendimiento asociado con altos niveles de fotosíntesis. El comportamiento fotosintético del maíz difiere notablemente de otros cultivos templados, tales como el trigo, la cebada, la patata, y la remolacha azucarera. Tiene una tasa de fotosíntesis máxima de 50-60 mg/dm²/h y las otras especies antes mencionadas de 15-40 mg/dm²/h. La temperatura óptima de fotosíntesis en el



maíz esta cerca de los 35-40°C, mientras que en los cultivos templados es de 15-25°C. También difiere el maíz en la respuesta a la concentración de anhídrido carbónico, apertura estomática y eficiencia en el uso del agua. Todo ello es consecuencia de que el maíz es una planta de las denominadas C_4 , al ser el producto primero del carbono, ácidos dicarboxílicos con una estructura de cuatro carbonos.

La planta necesita desarrollar un aparato fotosintético óptimo, en tamaño, estructura foliar, microestructura, composición bioquímica y actividad fotosintética. En ello influyen la variedad así como los factores ambientales incontrolados. Los factores controlables como la nutrición mineral, el riego y la densidad de plantas deberían ser utilizados para optimizar el desarrollo del aparato fotosintético. No debe olvidarse que la fotosíntesis junto con la extracción de agua y nutrientes minerales suministran la energía y los compuestos para la formación del rendimiento.

La producción de materia seca por la planta de maíz es débil hasta el comienzo de la elongación del tallo, a partir de la cual tiene lugar un rápido incremento del peso seco de la planta, función de la velocidad de crecimiento del tallo, que se prolonga hasta poco después de la floración femenina, momento en el que los órganos vegetativos aéreos alcanzan el máximo peso seco.

Concluida la fecundación y tras un periodo de letargo, variable según las variedades y el medio, el ritmo de formación de materia seca aumenta de nuevo, principalmente en el grano. La distribución y cantidad de materia seca en los distintos órganos de la planta depende de sus características genéticas, las condiciones ambientales (clima y fertilidad del suelo) y las técnicas de cultivo (densidad de plantas, fecha de siembra...).

La curva de acumulación de materia seca en el grano es de tipo sigmoideal, apreciándose tres fases:

- *Periodo de crecimiento lento*: a partir de la fecundación, que corresponde a la diferenciación del embrión y a la multiplicación celular del albumen.
- *Fase de acumulación activa*: que es le periodo efectivo de llenado del grano.
- *Fase de transferencia final*: a ritmo lento que a veces es inexistente.

Otro aspecto relacionado con la fotosíntesis es la senescencia de la planta. En algunas especies precoces la máxima actividad fotosintética se observa justo antes de la aparición del 50% de las sedas. En las variedades de ciclo largo la disminución de la actividad fotosintética es menor, y en ellas se pueden distinguir tres periodos según la evolución del índice de área



foliar (LAI). La senescencia se puede provocar por las bajas temperaturas (por debajo de 12°C los procesos fisiológicos son perturbados), la sequía, etc. Para retrasar la senescencia, es necesario un equilibrio entre la fuente productora de asimilados y los órganos receptores de los mismos, así como la resistencia al estrés y máxima duración de la superficie foliar (LAD).

4.3. Metabolismo del nitrógeno

La fase crítica de asimilación de nitrógeno, se sitúa en el periodo que le sigue a la aparición de sedas. Existe una fuerte caída de absorción de nitrógeno a partir de la aparición de la panícula (inflorescencia), cuando la actividad fotosintética y la transpiración comienzan a decrecer y la fase de crecimiento exponencial se detiene. Como la absorción de nitrógeno depende del crecimiento radicular, el mejor momento para la aplicación del N es cuando la planta tiene 40 cm de alto y la mitad de sus hojas visibles.

En la fase de llenado del grano, la planta está en un momento en que el crecimiento del sistema radicular disminuye, con lo cual disminuye la absorción de agua y elementos nutritivos que son esenciales para el llenado del grano. Por lo tanto, la capacidad de una variedad para asimilar nitrógeno de forma tardía depende de que la planta pueda mantener su sistema radicular activo más tiempo y que ese sistema pueda absorber el nitrato cuando sea limitante en el suelo.

La senescencia precoz de las hojas conduce a un incremento de la materia seca, del nitrógeno total y sobre todo del nitrógeno asimilado en los tallos y en las vainas, que se comportan entonces como receptores privilegiados. La posible explicación de este hecho está relacionada con el cierre estomático que podría frenar, disminuyendo la transpiración, el flujo de nitratos y su asimilación, acelerándose la senescencia y, por tanto, la transferencia del nitrógeno a los órganos metabólicamente activos.

En relación con la acumulación de proteínas en el grano, su porcentaje para una misma variedad, tiende a incrementarse con el rendimiento de materia seca. Un incremento del rendimiento de proteínas en el grano suele estar acompañado por un aumento proporcional en el rendimiento de lisina, pero unido a una dilución de este aminoácido en la proteína y por tanto a una disminución de su calidad.



5. ECOLOGÍA

El maíz debido a su gran diversidad es cultivado en gran cantidad de climas. El área principal del cultivo está entre las latitudes 30 y 55°, con una superficie limitada en las latitudes superiores a 47°.

El maíz requiere una larga estación de crecimiento y clima cálido, siendo imposible su cultivo en aquellas zonas donde la temperatura media de verano sea inferior a 19°C, o el promedio de las temperaturas nocturnas durante los meses de verano sea menor de 13°C. La mayor producción se da en las zonas en que la temperatura de verano varía entre 21 y 27°C y el periodo libre de heladas sea 120 - 180 días.

En relación con sus necesidades hídricas, el maíz es cultivado en áreas donde la precipitación anual varía de 250 a más de 5000 mm. La cantidad de agua que usa el maíz varía entre 410 y 640 mm. Se considera que una lluvia de verano de 150 mm es el límite aproximado más bajo para la producción de maíz sin riego, aunque la producción va a variar según la distribución de esas lluvias y de la reserva de humedad del suelo.

En definitiva, se puede decir que la temperatura determina el área de cultivo del maíz y la elección del ciclo de la variedad y el agua define su potencial de producción.

5.1. Requerimientos de clima:

Debido a la mejora genética que ha sufrido esta especie vegetal se puede cultivar en climas muy variados pero con unas determinadas exigencias.

La etapa siembra-nascencia depende de la temperatura del suelo siempre que la humedad no sea un factor limitante. La velocidad de germinación es lineal con la temperatura del suelo; por eso la temperatura es uno de los principales factores a la hora de fijar la fecha de siembra.

La siembra se hará cuando la temperatura del suelo esté en torno a 12 ó 14 °C. El óptimo de germinación se encuentra entre 20-22 °C , produciéndose la nascencia a la máxima velocidad. Como término medio el maíz tarda en nacer entre 15-20 días; pero si la temperatura del suelo es de unos 20 °C el periodo de nascencia se puede reducir a 8-10 días.



Podemos afirmar que cuanto más nos retrasemos en la siembra mayor será la temperatura y más rápida será la germinación.

Si por el contrario decidimos sembrar más temprano conseguiremos una mayor longitud de ciclo y en consecuencia una mayor producción; pero la germinación tarda más en producirse y corremos más riesgo de daños por helada. La profundidad de siembra es otro factor a tener en cuenta, sobre todo en siembras tempranas; ya que a mayor profundidad hay menos temperatura y en consecuencia se retrasa la germinación.

En las primeras etapas el maíz no requiere mucha humedad y con las lluvias suele tener suficiente; por lo tanto aquí el agua no constituye un factor limitante. Hasta que la planta no tiene 5-6 hojas el consumo de agua es mínimo. Incluso podemos decir que en los primeros estados de desarrollo el maíz es sensible al exceso de humedad.

Cuando la plántula tiene 2-3 hojas es bastante sensible al frío y una helada de $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ puede matar la planta y tendríamos que resembrar, aunque si la planta no muere se recuperaría fácilmente. Las heladas más dañinas son las tardías, que afectan a la planta con unas 8 hojas pudiéndose apreciar el ápice; quedando la planta seriamente dañada. A partir de la octava hoja el crecimiento y desarrollo es muy rápido; siendo óptimo si las temperaturas están en torno a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es un periodo crítico en cuanto a humedad, pudiendo repercutir en la formación de mazorcas deficientes.

En la fase de floración se necesitan unos $22 - 24\text{ }^{\circ}\text{C}$, ya que si la temperatura es inferior ($12 - 14\text{ }^{\circ}\text{C}$) disminuirá el número de flores fecundadas debido al alargamiento del periodo de receptibilidad de los estigmas y salida del polen; por el contrario, temperaturas muy altas (superiores a $32\text{ }^{\circ}\text{C}$), podrían reseca los estilos. Por este motivo uno de los criterios más importantes para la elección de la variedad es que no coincida la floración con la época de máximo calor. En este periodo, aunque las necesidades de agua son elevadas, es importante no regar por aspersión ni que llueva, ya que se entorpece la floración; si fuera necesario dar un riego, este debiera haber finalizado antes de la floración.

Llegada la fecundación, una temperatura de $20 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ es ideal, a partir de $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura influye negativamente en el llenado del grano. Es muy interesante que en postfloración (maduración), no exista estrés hídrico y que las temperaturas nocturnas permanezcan por debajo de los $20\text{ }^{\circ}\text{C}$; ya que esto favorece el rendimiento.

Llegada la recolección, hay que realizarla cuando el grano tenga la menor humedad posible y así disminuir los costes de secadero. Hay una teoría que dice que es conveniente no



cosechar hasta que no se produzcan las primeras heladas; ya que tienen un efecto secante en el grano. Tenemos que ver hasta cuando retrasamos la cosecha porque podrían aparecer las lluvias que comunican humedad al grano y perjudican la recolección.

5.2. Requerimientos de suelo:

El suelo ideal para el cultivo de maíz es de textura intermedia, de franco a franco-limoso en el horizonte superficial, y con más contenido en arcilla en el subsuelo. Esto combinado con una buena estructura permite un buen almacenamiento de agua y nutrientes.

El maíz crece bien en suelos con una profundidad de 60 cm aunque puede haber problemas con las reservas. Los suelos para el cultivo de maíz deben estar bien drenados y aireados, al ser este uno de los cultivos menos tolerantes a la baja difusión de aire en el suelo.

Su pH está comprendido entre 5 y 8; los valores inferiores a 5 pueden dar problemas de toxicidad de aluminio, manganeso y hierro, y con altos valores de pH existen problemas nutricionales por fósforo, zinc y hierro. Los suelos con pH entre 7,5 y 8,4 tienen deficiencias en fósforo debido a que se encuentra en forma de fosfatos tricálcicos de baja solubilidad al igual que el zinc y el hierro que también tienen poca solubilidad.

El maíz es moderadamente sensible a la salinidad, pero el mayor daño se produce por la privación de humedad, debido a la mayor atracción osmótica de las moléculas de agua por las sales que la ejercida por la solución dentro de las células del maíz. La conductividad eléctrica que tolera va de 1 a 4 mmho/cm, por encima de este nivel el descenso es progresivo siendo grave para valores de 8 mmho/cm, y el rendimiento se reduce a la mitad cuando la conductividad eléctrica es de 6 mmho/cm.

5.3. Necesidades hídricas:

El periodo crítico es la fase comprendida entre la floración y maduración, en el que no debe faltar ni agua ni nitrógeno (visualmente se corresponde con la aparición del penacho y la formación de las sedas).



El coeficiente de transpiración del maíz, es decir, los litros de agua necesarios para formar 1 Kg de materia seca, es de 300 - 350.

Este cultivo sufre con el exceso de humedad, con el viento fuerte y con el granizo.

6. VARIEDADES BOTÁNICAS

6.1. Indurata: Tiene las mazorcas pequeñas con 9-15 líneas de granos en los que el endospermo amiláceo se encuentra recubierto por el córneo. A esta variedad pertenecen nuestras variedades indígenas (libres de polinización). La mazorca es pequeña con 9 – 15 líneas de granos.

6.2. Ceruleos: Tiene un endospermo ceroso, su grano es pequeño.

6.3. Indetata: Es la variedad a la cual pertenecen los híbridos actuales. Tienen un endospermo amiláceo más desarrollado que el córneo y ocupando la posición central. La mazorca es grande, con grano alargado y hendidura en la parte superior.

6.4. Everta: Tiene un endospermo córneo grueso que llega a reventar cuando se calienta, apareciendo el almidón blanco en forma de mariposa. A esta variedad pertenecen las palomitas. Esta variedad se cultiva poco.

6.5. Amiláceo: En él están incluidos los llamados maíces amiláceos. Las mazorcas y el zurrón son grandes, aunque el grano pesa poco. Carecen de endospermo córneo.

6.6. Tunicata: Tiene el grano cubierto por glumas y glumillas que tienden a desaparecer. Esta variedad apenas se cultiva.

6.7. Sacharata: Tiene un endospermo córneo y translúcido con un aspecto externo rugoso. La mazorca es pequeña con el grano vítreo. Se emplea en la alimentación humana por su gran contenido en vitaminas y azúcares, por lo que también se le llama maíz dulce ó azucarado.



7. VARIEDADES

La clasificación de las variedades que se expone a continuación está basada en la duración del ciclo. (F.A.O, 1988). Para la elección de variedades se debe tener en cuenta el periodo libre de heladas y la integral térmica.

<u>Clase</u>	<u>Híbrido estandar</u>	<u>Precocidad</u>	<u>Ciclo en días</u>
100	Wisconsin 1600	Ultrapecoz	76-85
200	Wisconsin 240	Muy precoz	86-95
300	Wisconsin 355	Precoz	96-105
400	Wisconsin 464	Semi-precoz	106-115
500	Ohio M 15	Medio	116-120
600	Iowa 4316	Semi-tardío	121-130
700	Indiana 416	Tardío	131-140
800	US 13	Muy tardío	141-150
900	Us 523 W	Ultra-tardío	Más de 150

El ciclo del maíz, como se puede ver en la tabla, viene definido por los días que transcurren desde que la planta ha nacido hasta que alcanza la madurez fisiológica.

A la hora de elegir los ciclos del maíz hay que tener en cuenta la climatología de la zona, debiéndose evitar las heladas. A veces puede convenir la elección de un ciclo corto aunque son menos productivos, pero tiene la ventaja del ahorro del secadero ya que el grano se seca en el terreno.