



CIMMYT^{MR}

**IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN
LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ TROPICAL**

GUÍA DE CAMPO



CIMMYT_{MR}

**IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN
LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ TROPICAL**

GUÍA DE CAMPO

H. R. Lafitte

INDICE

	Página
Prefacio	iv
Cómo usar esta guía	v
 Sección 1. Pautas para las observaciones en campo	
Partes de la planta de maíz	1
Etapas de crecimiento del maíz	2
Selección de puntos de muestreo para las observaciones en el campo	3
 Sección 2. Listas de verificación y claves para la identificación de problemas	
De la siembra a la etapa V2	5
De la etapa V3 al espigamiento	8
Del espigamiento a la madurez	13
En la cosecha o después de ella	17
 Sección 3. Descripciones y soluciones de los problemas	
Factores climáticos y condiciones del suelo	
Estrés hídrico	20
Aniego	26
Efectos del sol y la temperatura	29
Acame	33
Suelos ácidos o alcalinos	38
Suelos salinos	43

Factores del manejo	
Problemas de la siembra: Preparación de la tierra y métodos de siembra	45
Densidad	52
Distribución de las plantas	61
Nutrimentos minerales	63
Daño químico	70
Competencia de la maleza	76
Defoliación	85
Factores bióticos	
Plagas del suelo	88
Insectos de la superficie	91
Enfermedades bacterianas y fúngicas que atacan la plántula	94
Enfermedades virales	98
Características genéticas	99
Pájaros y roedores	100

Sección 4. Procedimientos de medición y cálculos

Comprobación de la viabilidad de la semilla	102
Identificación de la textura del suelo	106
Estimación de la humedad disponible en el suelo	110
Medición de la profundidad del suelo	110
Estimación del rendimiento antes de la cosecha	113

Apéndice: Ejemplos de hojas de datos

Hoja de datos 1: De la siembra a V2	114
Hoja de datos 2: De V3 a la cosecha	116

PREFACIO

El propósito de esta guía es ayudar a los agrónomos a identificar, en forma sencilla y gradual, los problemas que presenta la producción de maíz en el campo. También puede ayudar a eliminar la variación en las observaciones agronómicas realizadas durante las visitas al campo y a identificar las preguntas que se deben plantear en las entrevistas a los agricultores. Una vez diagnosticados los problemas, la lista de posibles soluciones puede servir para determinar los factores que se incluirán en los experimentos.

La información presentada incorpora los conocimientos de muchos científicos expertos en el maíz. Los procedimientos de diagnóstico indicados en esta guía no pretenden reemplazar la experimentación sino, más bien, ayudar a aumentar la eficiencia de la identificación de problemas y la utilidad de los experimentos orientados a generar recomendaciones agronómicas. No obstante, en el diagnóstico de problemas en el campo siempre se deben considerar las circunstancias particulares de cada región y, por consiguiente, se aconseja a quienes usen esta guía que interpreten y, cuando sea necesario, adapten las pautas de diagnóstico presentadas a sus propias condiciones agronómicas y ambientales. También se sugiere a los usuarios que envíen sus comentarios a la sede del CIMMYT con el fin de mejorar las pautas y procedimientos aquí indicados.

La guía fue revisada por muchos expertos que generosamente aportaron la experiencia que han acumulado y las "reglas" que han ideado, entre ellos: M. Bell, G. Edmeades, A. Violic y S. Waddington. También contribuyeron H. Barreto, J. Bolaños, J. Mihm, H. Muhtar, A.F.E. Palmer, J. Ransom, B. Renfro, A. Tasistro y J. Woolley. Agradezco los útiles comentarios de los participantes en los cursos de agronomía del CIMMYT de 1989 a 1991, que utilizaron un borrador de esta guía. Por último, deseo expresar mi gratitud a Mike Listman por la edición de la versión en inglés, a Alma McNab por la edición de la versión en español, a Eliot Sánchez P. por la formación de textos y a Miguel Mellado E. por el diseño.

H. R. Lafitte

CÓMO USAR ESTA GUÍA

La guía se divide en cuatro secciones:

Sección 1 *Pautas para las observaciones en campo:*

Se describen algunos términos utilizados en la guía en relación con las partes de la planta de maíz y las etapas de su crecimiento, y se indican algunas técnicas básicas para el muestreo en el campo.

Sección 2 *Listas de verificación y claves para la identificación de problemas:*

Descripciones breves de observaciones útiles y síntomas de problemas que pueden existir en un campo de maíz durante las diversas etapas de crecimiento.

Sección 3 *Descripciones y soluciones de los problemas:*

Se describen la respuesta del maíz a los problemas, los datos requeridos para el diagnóstico y las posibles soluciones. Esta sección ayuda a identificar los problemas más importantes que limitan el rendimiento.

Sección 4 *Procedimientos de medición y cálculos:*

Se dan detalles de cómo efectuar diversas mediciones en el campo para obtener más datos sobre problemas específicos.

El procedimiento normal para usar la guía con el fin de diagnosticar problemas en un campo de maíz es el siguiente:

1. Determinar la etapa de crecimiento de las plantas en el campo de maíz (ver la Sección 1).

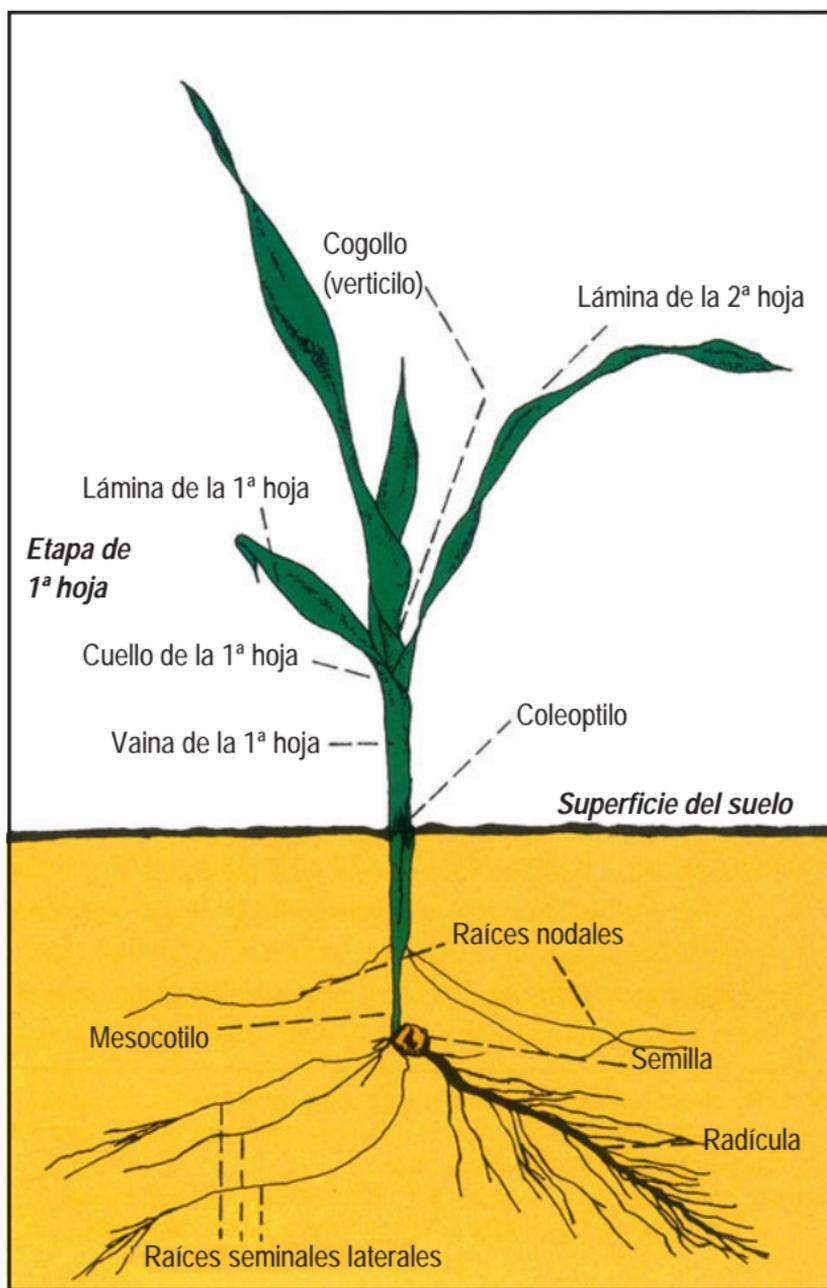
2. Efectuar las observaciones pertinentes, descritas en las listas de verificación de la Sección 2, en diversos sitios de muestreo, como se indica en la página 3. Aun cuando un problema sea muy evidente, por lo general vale la pena revisar todas las observaciones enumeradas en la lista de verificación, ya que puede haber más de un problema. Para reunir con más facilidad todos los datos, tal vez sea conveniente hacer copias de las hojas para observaciones en campo que aparecen en las páginas 114-121.
3. Reunir más datos acerca del problema usando las claves o las páginas indicadas en las listas de verificación.
4. Confirmar el diagnóstico y las posibles causas y soluciones de los problemas en la Sección 3.

Al seguir el procedimiento anterior, quizás sea necesario realizar mediciones adicionales en el campo. En la Sección 4 se detallan las instrucciones para efectuar esas mediciones. En ciertos casos, tal vez sea conveniente saltarse las claves y listas para el diagnóstico y pasar directamente a las descripciones detalladas de los problemas presentadas en la Sección 3.

SECCIÓN 1. PAUTAS PARA LAS OBSERVACIONES EN CAMPO

PARTES DE LA PLANTA DE MAÍZ

En esta guía se emplean determinados nombres para las partes de la planta de maíz, como se ilustra a continuación.



ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL MAÍZ

Para relacionar las observaciones con los problemas, es preciso poder identificar con exactitud las etapas de crecimiento del maíz. A continuación se detalla el sistema usado en esta guía para distinguir esas etapas.

Etapas de crecimiento

- VE** El coleoptilo emerge de la superficie del suelo.
 - V1** Es visible el cuello de la primera hoja (ésta siempre tiene el ápice redondeado).
 - V2** Es visible el cuello de la segunda hoja.
 - Vn** Es visible el cuello de la hoja número "n". ("n" es igual al número definitivo de hojas que tiene la planta; "n" generalmente fluctúa entre 16 y 22, pero para la floración se habrán perdido las 4 a 5 hojas de más abajo.)
 - VT** Es completamente visible la última rama de la panícula. Cabe señalar que esto no es lo mismo que la floración masculina, que es la liberación del polen (antesis).
 - R1** Son visibles los estigmas en el 50% de las plantas.
 - R2** Etapa de ampolla. Los granos se llenan con un líquido claro y se puede ver el embrión.
 - R3** Etapa lechosa. Los granos se llenan con un líquido lechoso blanco.
 - R4** Etapa masosa. Los granos se llenan con una pasta blanca. El embrión tiene aproximadamente la mitad del ancho del grano.
 - R5** Etapa dentada. La parte superior de los granos se llena con almidón sólido y, cuando el genotipo es dentado, los granos adquieren la forma dentada. En los tipos tanto cristalinos como dentados es visible una "línea de leche" cuando se observa el grano desde el costado.
 - R6** Madurez fisiológica. Una capa negra es visible en la base del grano. La humedad del grano es generalmente de alrededor del 35%.
-

Nota: No todas las plantas de un campo llegan simultáneamente a una misma etapa. Por esta razón, es mejor decir que el cultivo alcanza una determinada etapa sólo cuando por lo menos el 50% de las plantas han llegado a esa etapa.

Fuente: *How a Corn Plant Develops*, S.W. Ritchie y J.J. Hanway, Special Report No. 48, Cooperative Extension Service, Ames, Iowa, 1984.

SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO PARA LAS OBSERVACIONES EN CAMPO

Para las observaciones generales de la densidad de plantas y de malezas o las estimaciones del rendimiento, es importante asegurarse de que los puntos de muestreo sean representativos de todo el campo. Con el fin de garantizar que los datos sean representativos, las observaciones o mediciones se efectúan en varios sitios del campo escogidos al azar. Si deliberadamente se seleccionan lugares que el agrónomo piensa que son “representativos”, sin duda se introducirán sesgos en los resultados. Para describir un campo en particular, generalmente se promedian los datos que ahí se recolectaron. Si hay mucha variabilidad en el campo, tal vez convenga efectuar, por separado, mediciones en las distintas partes del campo y estimar el porcentaje de superficie que corresponde a cada clasificación. En todos los campos se debe tomar nota de la uniformidad para ayudar a interpretar los datos. Una vez que se hayan identificado las áreas afectadas por un problema específico, quizás sea necesario hacer en ellas otras observaciones para determinar la causa del problema.

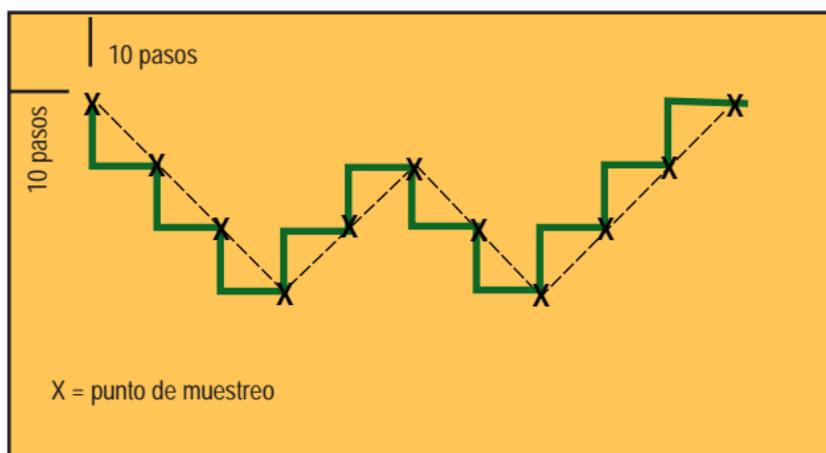
Recolección de datos usando el método “en zigzag”

Aunque el número de puntos de muestreo por campo comúnmente depende del tipo de datos requeridos, a menudo es aconsejable seleccionar por lo menos cinco a ocho sitios distintos en un determinado campo. Muchos agrónomos han encontrado que es útil seleccionar los sitios mientras caminan en zigzag a través del campo, como se ilustra en la página siguiente. Se trata de cruzar el campo en dirección diagonal unas cuatro veces mientras se avanza de un extremo del campo al otro.

Al seleccionar los puntos de muestreo en el campo, antes de entrar al campo el investigador debe decidir cuál será la distancia entre los puntos y hacer las mediciones en la planta que esté más cerca de su pie cuando deje de caminar. Si el maíz está sembrado en surcos, por lo general es más fácil caminar cierto número de pasos a lo largo del surco y luego cruzar un número específico de surcos. Los puntos de muestreo no deben estar a menos de 10 pasos del borde del campo. No es necesario que estas distancias sean exactas, así que no hay que preocuparse demasiado por diferencias insignificantes en el tamaño de cada paso.

Si el campo es pequeño o de forma irregular, se tendrá que ajustar el número de pasos entre cada punto. Lo importante es recordar que no se debe seleccionar deliberadamente áreas buenas o malas y que se debe cubrir por completo el campo.

Es esencial llevar una hoja para registrar los datos en los distintos puntos de muestreo. En las páginas 114-121 se incluyen ejemplos de hojas de datos para las observaciones en campo.



SECCIÓN 2. LISTAS DE VERIFICACIÓN Y CLAVES PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS

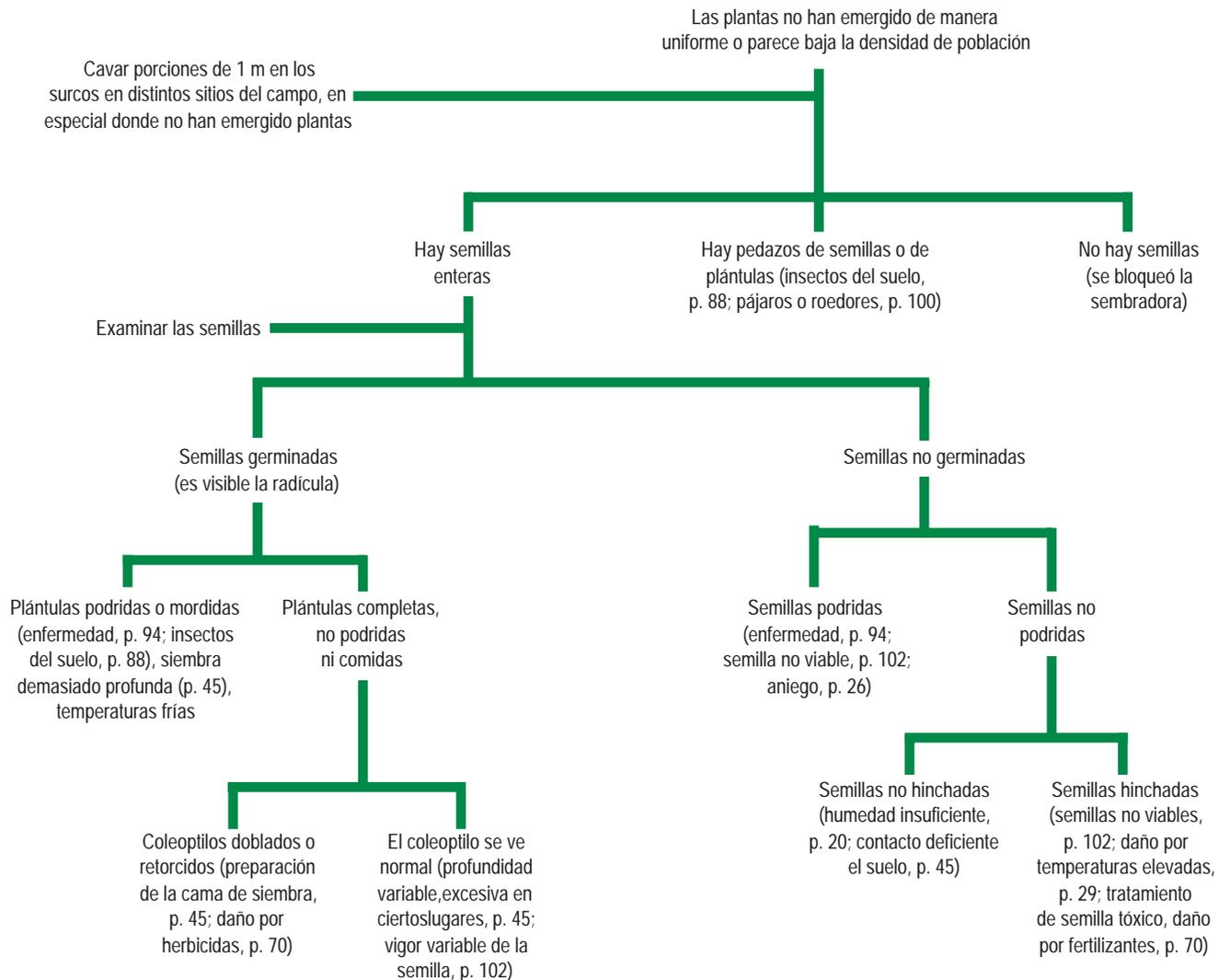
En esta sección se incluye una lista de las observaciones que se hacen en cuatro etapas diferentes: inmediatamente después de que ha emergido el cultivo, antes de la floración, después de ésta y en la cosecha. Al visitar los campos de los agricultores, se busca en esta sección la página correspondiente a la etapa de crecimiento del cultivo y se trata de efectuar observaciones para todos los puntos enumerados. Algunas observaciones darán la clave para identificar las probables causas de los síntomas presentes en el campo. Las claves indicarán las páginas que describen los problemas y las soluciones, proporcionan más información sobre el problema observado y señalan otros tipos de datos que hay que reunir.

Si la etapa de crecimiento es:	Usar la lista:
Siembra a V2	1
V2 a VT	2
VT a R6	3
Listo para la cosecha o después de ésta	4

Lista de verificación 1: De la siembra a la etapa V2

Observaciones/preguntas	Clave en la Sección 2 o descripción en la Sección 3
1. ¿Hay una emergencia irregular? (Un rápido recorrido a pie revela partes ralas o desnudas en >10% del área.) ¿Es bajo el porcentaje de emergencia?	Clave 1
2. ¿Está la maleza más desarrollada que el maíz?	Problemas en la siembra, p. 45 Competencia de la maleza, p. 76

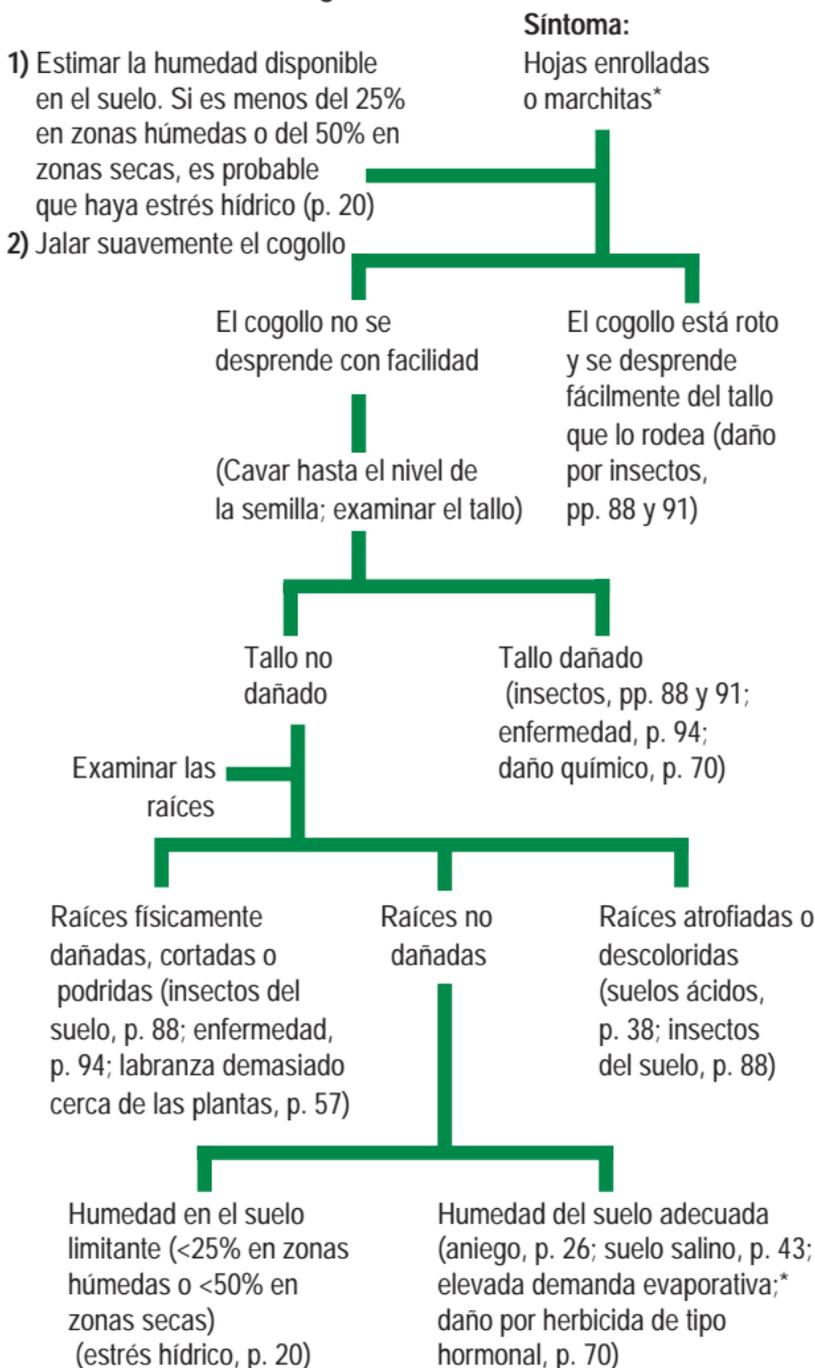
Clave 1. Comienzos del ciclo: De la siembra a V2



Lista de verificación 2: De la etapa V3 al espigamiento

Observaciones/preguntas	Clave en la Sección 2 o descripción en la Sección 3
1. Evaluar la densidad de población.	Densidad, p. 52
2. Evaluar el espaciamiento.	Distribución de las plantas, p. 61
3. Evaluar la competencia de la maleza.	Competencia de la maleza, p. 76
Nota: Para los puntos siguientes, se siguen usando las claves o efectuando recuentos sólo si los síntomas aparecen con frecuencia en el campo.	
4. ¿Están marchitas las plantas o enrolladas las hojas?	Clave 2a
5. ¿Tienen las hojas un color verde saludable?	Clave 2b
6. ¿Hay plantas achaparradas o con tallos delgados?	Clave 2c
7. ¿Hay hojas dañadas?	Clave 2c
8. ¿Hay plantas acamadas?	Acame, p. 33

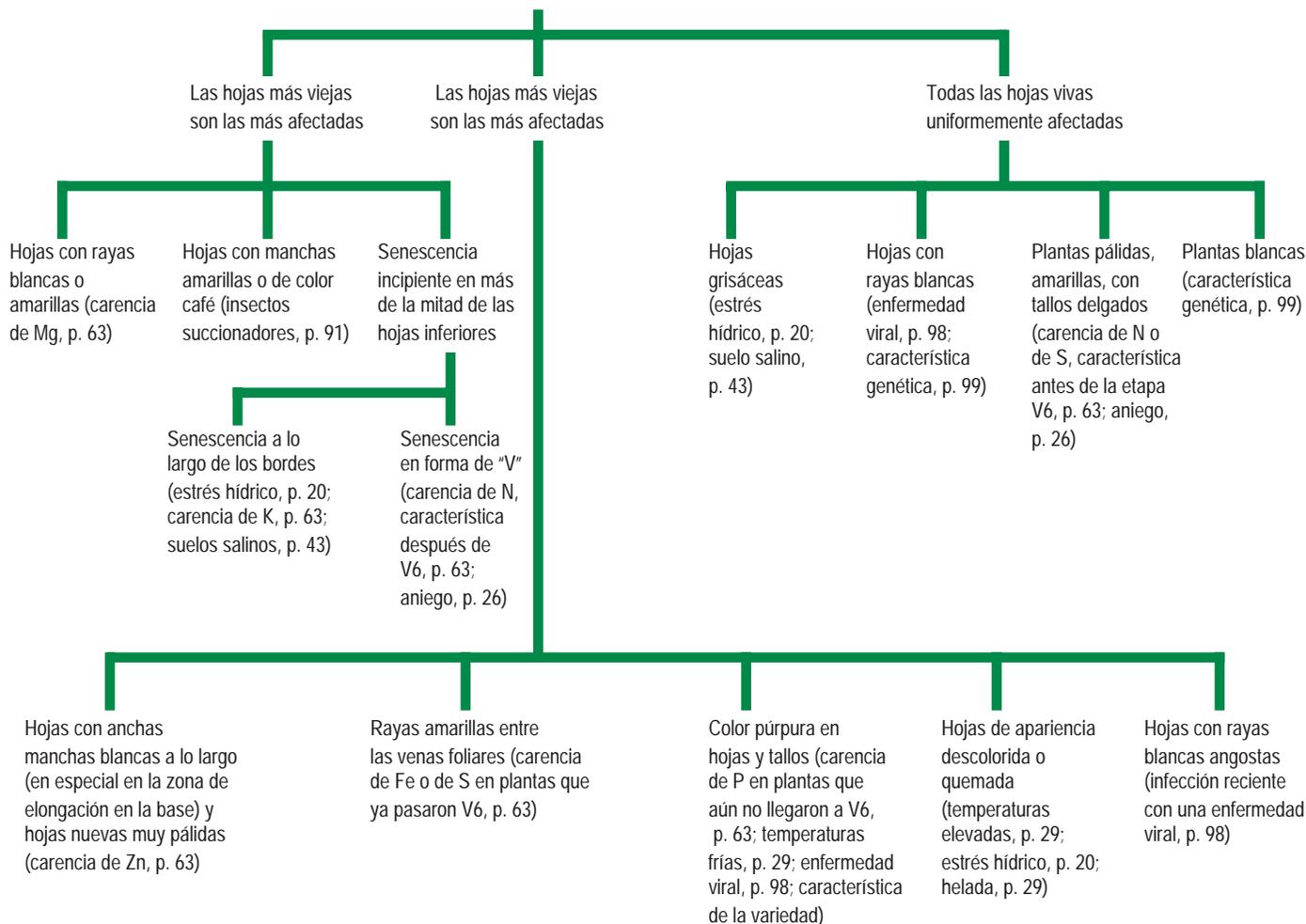
Clave 2a. Crecimiento vegetativo: V2 a V7



* Las plantas a veces se marchitan durante las horas más cálidas del día, aun cuando sea adecuada la humedad del suelo, si el aire es caliente y seco; estas plantas se habrán recuperado para la mañana siguiente.

Clave 2b. Crecimiento vegetativo: V2 a VT

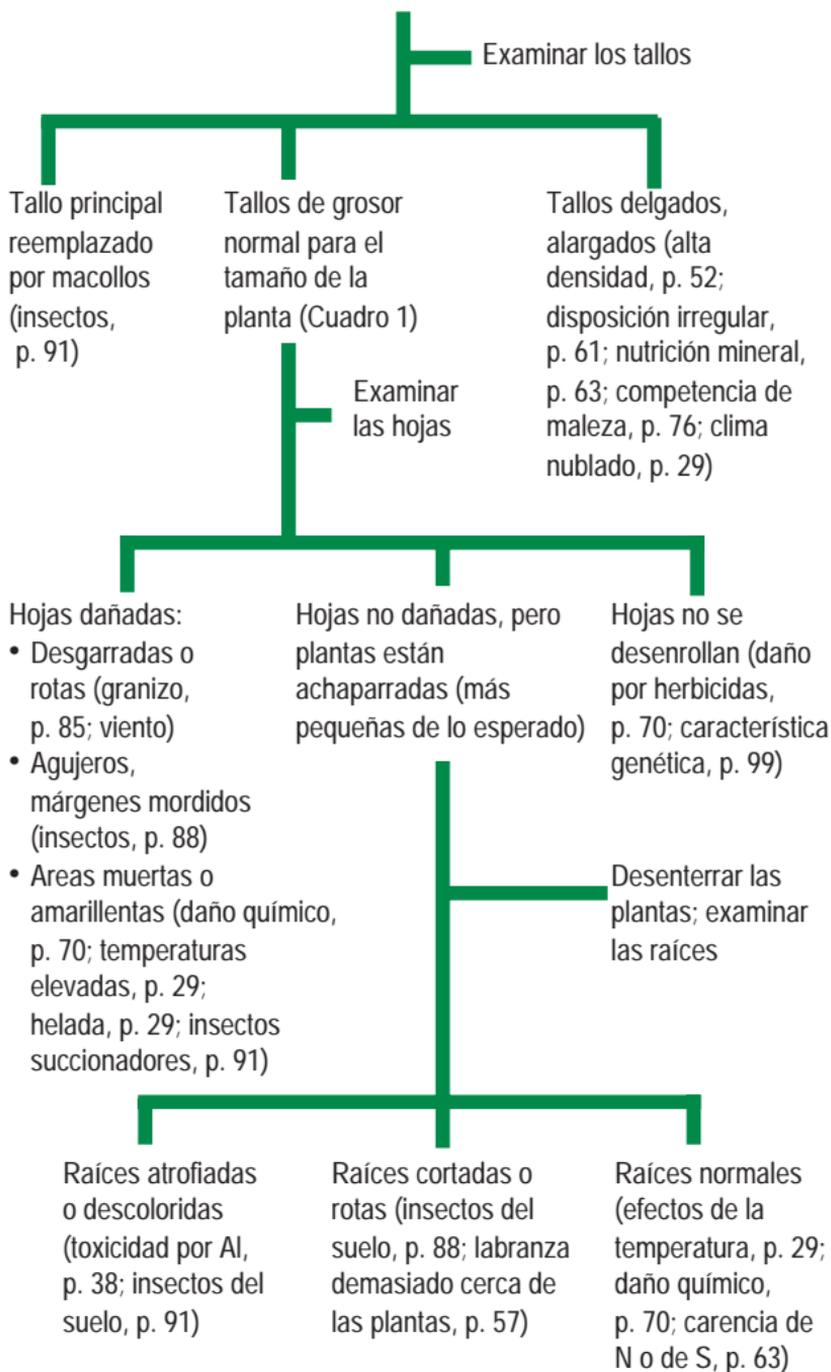
Sintoma:
Las plantas no tienen un color verde saludable



Clave 2c. Crecimiento vegetativo: V2 a VT

Síntoma:

Las plantas están achaparradas, dañadas o débiles



Cuadro 1. Circunferencia del tallo a nivel del suelo de maíz para tierras bajas tropicales cultivado con buen manejo, medida en distintas etapas del crecimiento.

Etapa de crecimiento	Circunferencia del tallo (cm)
V5	3.7
V8	6.0
V12	8.1

Fuente: Los datos sobre la etapa de crecimiento se tomaron de S. Chapman.

Lista de verificación 3: Del espigamiento a la madurez (continúa en la p. 14)

Observaciones/preguntas	Clave en la Sección 2 o descripción en la Sección 3
1. Evaluar la densidad de plantas.	Densidad, p. 52
2. Evaluar la distribución de plantas.	Distribución de plantas, p. 61
3. Evaluar la competencia de la maleza (¿La maleza da sombra al cultivo?)	Competencia de la maleza, p. 76
4. ¿Hay hojas físicamente dañadas?	Defoliación, p. 85
5. ¿Hay plantas acamadas?	Acame, p. 33

Nota: Hay que verificar los puntos 1 a 5 siempre que el cultivo se encuentre entre el espigamiento y la madurez. Además de esos puntos, se deben observar otros aspectos útiles en etapas específicas de crecimiento (ver la página siguiente).

Lista de verificación 3 (continúa): Del espigamiento a la madurez; observaciones en etapas específicas del crecimiento

Etapa de crecimiento	Observaciones/ preguntas	Clave en la Sección 2 o descripción en la Sección 3
R1	1. ¿Se ha demorado el 50% de la emisión de estigmas más de 4 días después de liberado el 50% del polen? 2. ¿Estigmas comidos por insectos?	Estrés hídrico, p. 20 Densidad, p. 52 Distribución de plantas, p. 61 Insectos, p. 88
R1 a R4	3. ¿Las hojas no tienen un color verde saludable? 4. ¿Hojas marchitas? Al tocar las hojas iluminadas por el sol, ¿se sienten calientes?	Clave 3a Clave 3b
R2 a la cosecha	5. ¿Número de mazorcas por planta inferior a 0.9?*	Estrés hídrico, p. 20 Densidad, p. 52 Distribución de plantas, p. 61
R4 a la cosecha	6. ¿Mazorcas bien llenas de granos? 7. ¿Puntas de mazorcas descubiertas?*** 8. Estimar el rendimiento.***	Estrés hídrico, p. 20 Clave 4 Densidad, p. 52

* Al contar las plantas con mazorcas es importante distinguir entre las que no produjeron mazorca (plantas estériles) y las que han perdido la mazorca (por robo o porque el agricultor ha cosechado los elotes [maíz tierno]). Algunas variedades no mejoradas tienen un bajo número de mazorcas por planta aun con un buen manejo.

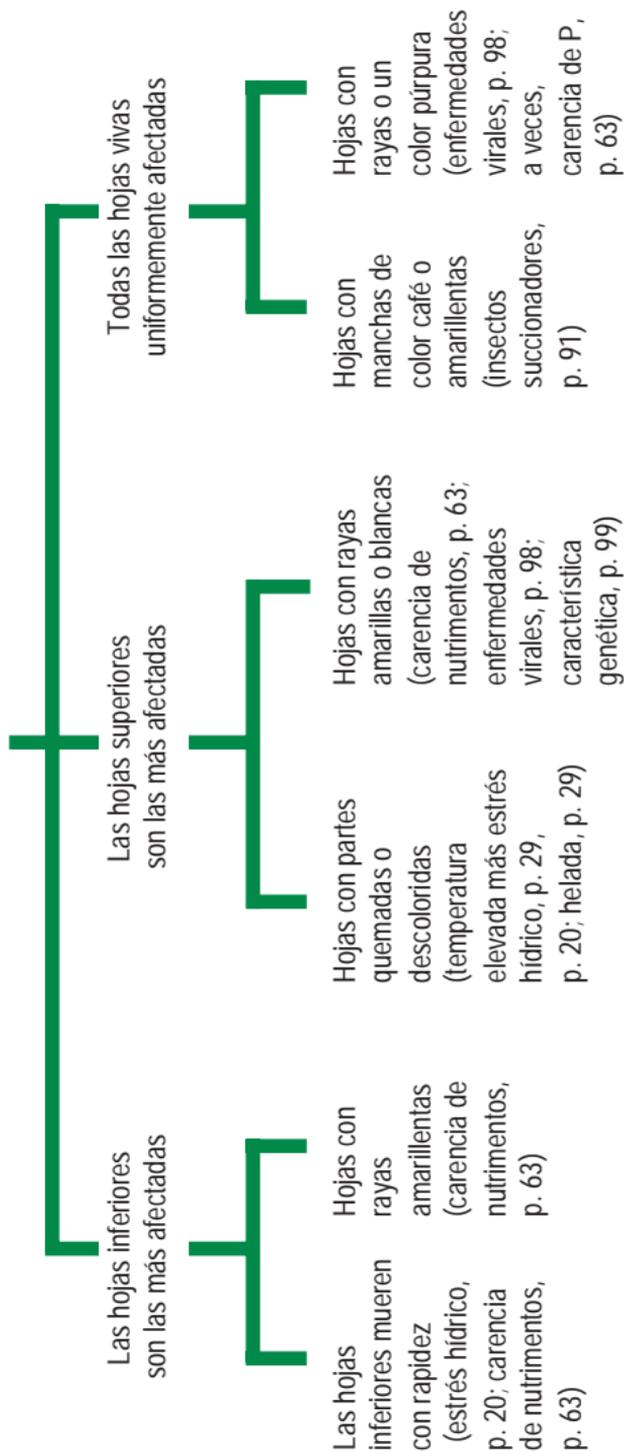
** La causa de la cobertura deficiente de mazorca puede ser la variedad. La cobertura tiene gran importancia cuando el agricultor almacena él mismo el grano, porque las mazorcas vienen del campo ya infestadas con insectos que dañarán el grano durante el almacenamiento.

*** Como ya se ha determinado el número definitivo de granos por mazorca, se puede estimar el rendimiento final. Ver en la p. 113 los detalles de este proceso.

Clave 3a. Desarrollo reproductivo: R1 a R6

Sintoma:

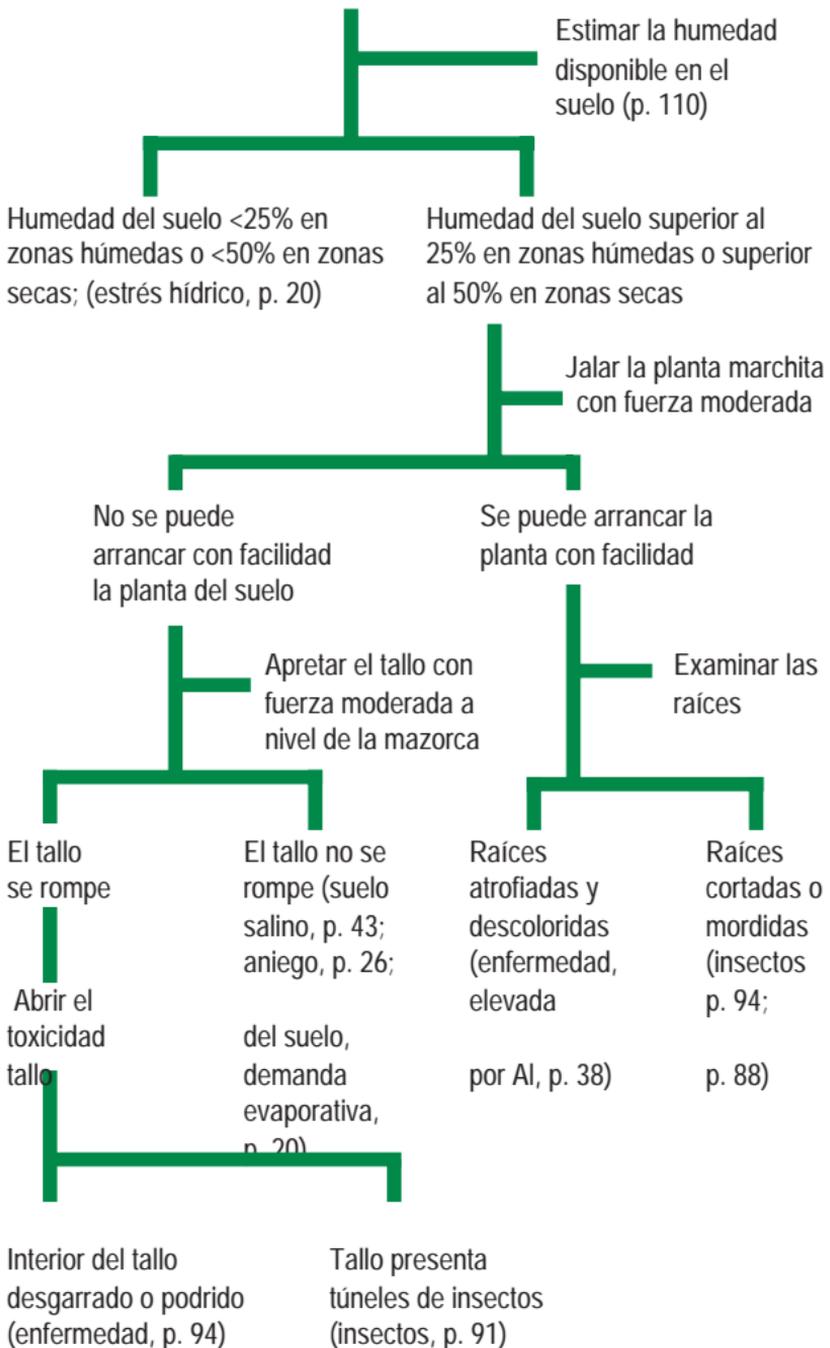
Las hojas no tienen un color verde saludable



Clave 3b. Desarrollo reproductivo: R1 a R6

Síntoma:

Hojas marchitas y flácidas

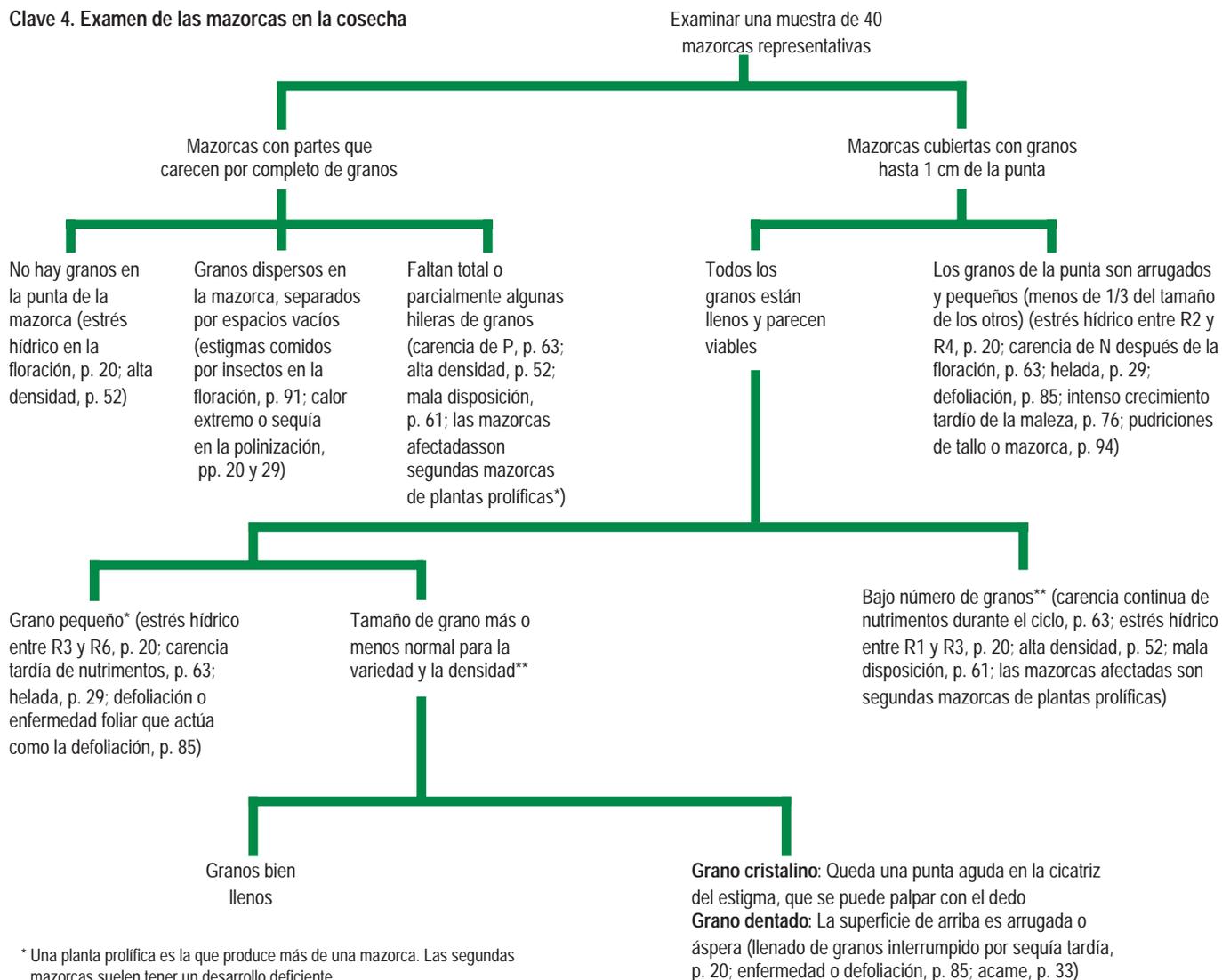


Lista de verificación 4: En la cosecha o después de ella

Observaciones/preguntas	Clave en la Sección 2 o descripción en la Sección 3
1. ¿Es el número de mazorcas por planta inferior a 0.9?*	Estrés hídrico, p. 20 Densidad, p. 52 Distribución de plantas, p. 61
2. ¿Están dañadas o podridas las mazorcas?	Acame, p. 33 Insectos de la superficie, p. 91 Enfermedades virales, p. 98 Características genéticas, p. 99
3. ¿Son pequeñas las mazorcas?	Clave 4
4. ¿Son pequeños los granos?	Clave 4
5. ¿Es incompleta la polinización?	Clave 4
6. ¿Están opacos o arrugados los granos de las variedades dentadas?	Clave 4
7. ¿Tienen puntas agudas los granos de las variedades cristalinas?	Clave 4

* Al contar las plantas con mazorcas es importante distinguir entre las que no produjeron mazorca (plantas estériles) y las que han perdido la mazorca (por robo o porque el agricultor ha cosechado los elotes [maíz tierno]). Algunas variedades no mejoradas tienen un bajo número de mazorcas por planta aun con un buen manejo.

Clave 4. Examen de las mazorcas en la cosecha



* Una planta prolífica es la que produce más de una mazorca. Las segundas mazorcas suelen tener un desarrollo deficiente.

** La apreciación de lo que es "normal", "bajo" o "pequeño" debe basarse en la experiencia propia.

SECCIÓN 3. DESCRIPCIONES Y SOLUCIONES DE LOS PROBLEMAS

FACTORES CLIMÁTICOS Y CONDICIONES DEL SUELO

Estrés hídrico

El agua es el factor que más comúnmente limita la producción de maíz en las zonas tropicales. La sequía durante la etapa de establecimiento del cultivo puede matar las plantas jóvenes y reducir la densidad de población. El principal efecto de la sequía en el período vegetativo es reducir el crecimiento de las hojas, de tal modo que el cultivo intercepta menos radiación solar. Alrededor de la floración (desde unas dos semanas antes de la emisión de estigmas hasta dos semanas después de ésta), el maíz es muy sensible al estrés hídrico, y el rendimiento de grano puede ser seriamente afectado si se produce sequía durante ese período. Durante el llenado de granos, el principal efecto de la sequía es reducir el tamaño de éstos.

En general, el maíz necesita por lo menos 500 a 700 mm de precipitación bien distribuida durante el ciclo de cultivo. Sin embargo, aun esa cantidad de lluvia no es suficiente si la humedad no puede ser almacenada en el suelo a causa de la poca profundidad de éste o del escurrimiento, o si la demanda evaporativa es muy grande a causa de las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa.

La incidencia del estrés hídrico por lo general varía mucho de un año a otro. Si se observan síntomas de carencia en un año, se deben examinar los registros meteorológicos y hablar con los agricultores para determinar si el problema es frecuente. Cuando lo es, reduce el rendimiento en más del 20% en un año de cada cuatro.

¿Es el estrés hídrico un problema?

Comprobación: mediciones

¿Es baja la densidad de plantas? Esto puede deberse a humedad inadecuada poco después de la siembra. ¿Cuántas mazorcas por planta se contaron? La sequía cerca de la floración puede causar plantas estériles (mazorcas por planta <0.9). Al visitar el campo en la etapa R1, ¿se ha demorado el 50% de la emisión de estigmas más de 4 días después de la liberación del 50% del polen? Es muy frecuente que aumente el intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas cuando hay sequía cerca de la floración, y el rendimiento tiende a declinar en un 9% (en comparación con las parcelas no afectadas) por cada día que se retrasa la emisión de estigmas.

Comprobación: cálculos

Se puede usar el contenido de humedad del suelo y los datos climáticos para estimar la probabilidad de que haya estrés hídrico en el momento en que se efectúan las observaciones. Se estima la humedad disponible en el suelo (p. 110), y si ésta es inferior al 25% en zonas húmedas o inferior al 50% en zonas secas, es probable que el cultivo ya sufra estrés hídrico. También se puede hacer el cálculo siguiente para ver cuántos días pueden pasar sin que el cultivo se vea afectado cuando no hay suficiente precipitación.

Paso 1. ¿Cuánta agua hay en el suelo que pueda ser aprovechada antes de que sea afectado el cultivo? Esto equivale a: (mm actuales de agua en el suelo) — (mm de agua presentes en el suelo cuando éste llega a 25% de humedad disponible en zonas húmedas o a 50% de esa humedad en zonas secas). Se calcula esto para la actual profundidad de enraizamiento del cultivo.

Paso 2. ¿Cuánta agua usa el cultivo cada día? Esto equivale a: (la demanda evaporativa en mm/día tomada de los datos climáticos o del Cuadro 2) x (el coeficiente del cultivo para la etapa de crecimiento, tomado del Cuadro 3).

Paso 3. El número de días sin una precipitación significativa que puede pasar el cultivo antes de ser afectado es:

$$\# \text{ de días} = \frac{\text{mm de agua en suelo que se usará, tomados del paso 1}}{\text{mm de agua/día que usa la planta, tomados del paso 2}}$$

Cuadro 2. Valores aproximados de evapotranspiración (ET_0) para distintos ambientes.* Los valores están en mm/día.

	Temperatura diaria media ($^{\circ}\text{C}$)		
	10-16	17-23	24-30
Trópico húmedo	3-4	4-5	5-6
Trópico subhúmedo	3-5	5-6	7-8
Trópico semiárido	4-5	6-7	8-9
Trópico árido	4-5	7-8	9-10

* Si la zona que rodea al cultivo es árida (sin vegetación), agregue 1 mm/día al valor de ET_0 para tener en cuenta las pérdidas por advección.

Fuente: *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*.

Cuadro 3. Valores del coeficiente del cultivo para el maíz sembrado a densidades normales.

Etapa de crecimiento	Coeficiente del cultivo (kc)
Establecimiento del cultivo (VE-V5)	0.4
Vegetativa temprana (V6-V10)	0.8
Vegetativa tardía a floración (V11-R2)	1.1
Llenado de grano temprano (R3-R4)	0.9
Llenado de grano tardío (R5-R6)	0.6

Fuente: *FAO Irrigation and Drainage Paper 24*.

Comprobación: observaciones

1. ¿Están enrolladas las hojas (antes de la floración) o marchitas (después de la floración)? ¿Tienen las plantas un color grisáceo opaco, en lugar de verde brillante? ¿Hay síntomas de fotooxidación (partes de la hoja están descoloridas y amarillentas) o panículas quemadas (sol y temperatura, p. 29)? ¿Se sienten calientes al tocarlas cuando están a pleno sol? Todos estos síntomas indican estrés hídrico.
2. Examinar los entrenudos arriba de la mazorca. ¿Son mucho más cortos que los que están justo debajo de la mazorca? Esto puede indicar que hubo estrés hídrico en las etapas vegetativas tardías, pero también puede ser síntoma del daño causado por barrenadores del tallo. Se abre el tallo para ver si la causa es el daño por esos insectos.
3. Comparar la altura de las plantas de los bordes con la de las que están más adentro y tienen que competir con las otras. Si hubo sequía o carencia de nutrimentos, las de los bordes tenderán a ser más altas que las que están completamente rodeadas.
4. Examinar la cantidad de luz solar que llega a la superficie del suelo alrededor del mediodía (densidad, p. 52). Cuando la densidad es apropiada para la variedad pero más de un 20% de la luz llega al suelo, es probable que el área foliar del cultivo haya sido reducida por sequía antes de la floración.
5. Durante el llenado de granos, examinar las hojas que están debajo de la mazorca. ¿Mueren con más rapidez de la que se esperaría? La senescencia causada por la sequía se ve algo

diferente de la normal; en esta última, el color amarillo tiende a formar una "V" que comienza en el ápice foliar. Cuando las hojas mueren por sequía, el color amarillo avanza a lo largo de sus bordes o por en medio en una línea bastante recta, y las hojas rápidamente se tornan color café y se secan.

Causas del estrés hídrico

1. Precipitación insuficiente, o una demanda ambiental muy grande provocada por altas temperaturas y baja humedad relativa.
2. Suelos poco profundos o compactados.
3. Suelos con poca capacidad de retener agua.
4. Crecimiento radical restringido por las propiedades químicas del suelo.
5. El agua de lluvia se pierde por escurrimiento.
6. La maleza o un cultivo intercalado usa el agua.

Datos adicionales requeridos

- Verificar en los registros meteorológicos la precipitación y la demanda evaporativa.
- Medir la profundidad del suelo (p. 110).
- Evaluar textura del suelo (p. 106) y estimar capacidad de retención de agua.
- Examinar las raíces.
Determinar pH del suelo.
- Estimar la pendiente del suelo.
Buscar signos de erosión o encostramiento.
- Estimar el porcentaje de luz solar que cae sobre la maleza o el cultivo intercalado, en lugar del maíz o del suelo. Por lo menos esta proporción del agua disponible es usada por la maleza o el cultivo intercalado.

Posibles soluciones

1. Aumentar la retención de agua en el suelo utilizando una cubierta, curvas de nivel o surcos con represas para mejorar la infiltración, o efectuando una aradura profunda. Usar la labranza de conservación para reducir la pérdida de agua en el suelo.
2. Reducir la demanda de agua del cultivo utilizando una densidad menor de siembra (densidad, p. 52).
3. Sembrar en un momento diferente del año para reducir el riesgo de sequía, o usar variedades precoces para evitar la sequía.
4. Encalar para que el pH favorezca el crecimiento radical.
5. Mejorar el control de malezas.
6. Reducir la densidad del cultivo intercalado o sembrarlo más tarde en el ciclo de cultivo.



Plantas de maíz afectadas por la sequía. Nótese las hojas enrolladas y marchitas, la senescencia temprana y el color verde grisáceo opaco. (A. Violic)

Aniego

El maíz es muy sensible al aniego, es decir, a los suelos saturados. Desde la siembra a la etapa V6, el aniego por más de 24 horas puede matar el cultivo (especialmente si las temperaturas son altas) porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos. Más tarde en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado durante períodos de hasta una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento.

¿Es un problema el aniego?

Comprobación: observaciones

1. Cuando ha llovido recientemente: ¿Hay agua en el campo durante más de 12 horas después de la lluvia? Examinar la superficie del suelo en las partes donde es deficiente el crecimiento del cultivo. ¿Está el suelo muy mojado y, tal vez, hay algas en la superficie? ¿Están las plantas marchitas al mediodía aun cuando el suelo está muy mojado? Estos síntomas indican aniego.
2. Cuando se visita el campo durante un período seco, buscar una costra delgada de limo en la superficie en las partes donde es deficiente el crecimiento del cultivo.
3. Examinar las plantas. ¿Hay partes del campo con plantas que parecen carecer de nitrógeno? Examinar de cerca las hojas inferiores de esas plantas. El aniego causa la senescencia de las hojas inferiores y las hojas muertas a menudo tienen un color bronceado. ¿Es menor el crecimiento de malezas en esas partes, o son las especies de maleza distintas de las del resto del campo? La importancia económica del aniego está relacionada con el tamaño del área afectada y la reducción del rendimiento en esa área.

Causas del aniego

Datos adicionales requeridos

- | | |
|--|---|
| 1. El campo no está nivelado. | Buscar partes bajas en el campo. |
| 2. Drenaje deficiente a causa de un horizonte endurecido. | Medir la profundidad del suelo en las partes afectadas. |
| 3. Lluvias muy intensas o riego excesivo. | Verificar la cantidad de agua recibida. |
| 4. Uso inapropiado de curvas de nivel o surcos con represas. | Examinar los métodos de preparar la tierra. |

Posibles soluciones

1. Nivelar el campo o no sembrar maíz en las partes bajas.
2. Romper el horizonte endurecido mediante el subsoleo o sembrando un cultivo de raíces profundas durante un ciclo.
3. Instalar canales de drenaje.
4. Sembrar en camas anchas y elevadas o en surcos.



Una planta joven de maíz afectada por el aniego. Obsérvese el color verde pálido de las hojas superiores y el color bronceado de las inferiores, que están envejeciendo prematuramente.

Efectos del sol y la temperatura

El maíz tolera una amplia gama de temperaturas (de 5 a 45 °C), pero las temperaturas muy altas o muy bajas pueden tener un efecto negativo sobre el rendimiento. En general, para modificar el efecto de la temperatura el agricultor no puede hacer otra cosa que cambiar ligeramente la fecha de siembra o sembrar una variedad mejor adaptada o más precoz. Las variedades de maíz difieren considerablemente en su respuesta a la temperatura.

La luz solar intensa no suele dañar el cultivo a menos que éste también padezca estrés por temperatura o sequía. El cultivo es afectado cuando hay poca luz solar durante períodos prolongados de tiempo nublado, en particular si coinciden con la floración. Nuevamente, el agricultor no puede hacer mucho para modificar la cantidad de luz solar de que dispone el cultivo, pero es importante reconocer los síntomas asociados con estos problemas para no confundirlos con otros factores.



Daño causado por temperaturas altas y radiación elevada, en especial cuando se combinan con una sequía. Obsérvese la senescencia a lo largo de los bordes de las hojas inferiores. Las hojas superiores presentan amarillamiento y decoloración causados por la fotooxidación. (J. Bolaños)

Comprobación: temperaturas bajas

1. Examinar el campo entre la emergencia y la etapa V3. ¿Crecen lentamente las plantas y tienen un color púrpura? Este síntoma puede indicar carencia de P, pero también puede ser consecuencia de las temperaturas bajas aun cuando la cantidad de P en el suelo sea adecuada.
2. Buscar síntomas de daño por helada (ver la fotografía).

Comprobación: temperaturas altas

1. ¿Es deficiente la germinación? Si la temperatura en los 5 cm superiores del suelo excedió los 40 °C, la semilla sembrada a esa profundidad o una menor puede haber sido dañada. La semilla está hinchada con agua, pero no germinará. La siembra a más profundidad puede evitar este problema.
2. Buscar síntomas de fotooxidación (amarillamiento o decoloración de las hojas), en especial en las partes de las hojas que forman un ángulo recto con los rayos del sol al mediodía.
3. Buscar panículas estériles, producción deficiente de granos y/o hojas superiores chamuscadas. Las hojas pueden tener un color verde pálido a causa de los efectos de las altas temperaturas en la formación de clorofila.

Comprobación: poca radiación solar

Nota: Estos síntomas también pueden ser consecuencia de muchas otras causas.

Antes de concluir que la poca radiación provocó estos síntomas, se deben examinar los registros de las horas de luz solar plena y los registros pluviométricos, y hablar con los agricultores acerca de las condiciones de cultivo durante el ciclo.

1. Buscar tallos delgados y plantas altas y delgadas (descoloridas).
2. Determinar si es bajo el número de mazorcas/planta (menos de 0.9) y si hay muchas plantas acamadas. Esto podría ser el resultado de poca radiación solar en la floración.

Comprobación: radiación solar excesiva

1. Buscar síntomas de fotooxidación. Nuevamente, se puede esperar un problema sólo si la fotosíntesis fue afectada por sequía, carencias de micronutrientes, salinidad, bajas temperaturas nocturnas o algún otro factor.



Daño por helada: las hojas expuestas son las más afectadas, mientras que las del interior del follaje están protegidas de las bajas temperaturas y permanecen verdes.



Una plántula de maíz que creció a bajas temperaturas. La aplicación adicional de P no corrigió el color púrpura, pero los síntomas desaparecieron a medida que la planta se hizo más grande y la temperatura aumentó.

Acame

El maíz a menudo es afectado por el acame, ya sea de raíz o de tallo. Se dice que una planta se acama de raíz cuando la parte más baja del tallo forma un ángulo de 45° o menos con la superficie del suelo. Hay acame del tallo cuando éste se quiebra debajo de la mazorca y la porción quebrada forma un ángulo de 45° o menos con el suelo. Suele haber poca relación entre el acame de raíz y el de tallo; el primero tiende a asociarse con factores ambientales como lluvias intensas con viento, o con factores de manejo como la alta densidad o la mala distribución de plantas, mientras que la quebradura del tallo con frecuencia está estrechamente vinculada con características genéticas como la resistencia a enfermedades e insectos, la prolificidad y el tipo de senescencia.

El efecto del acame sobre el rendimiento depende de cuándo se produce y de que las mazorcas permanezcan en contacto con el suelo el tiempo suficiente para que se produzca la pudrición o la germinación. Las pérdidas económicas también dependen del método de cosecha que se utilice. Cuando se usan máquinas, muchas plantas acamadas no serán cosechadas. Si el agricultor cosecha a mano, el acame aumentará el tiempo requerido y los costos de mano de obra.

¿Constituye un problema el acame?

Comprobación: mediciones

Contar la densidad de plantas (densidad, p. 52) e incluir un recuento de las plantas acamadas. Suele ser útil contar por separado las plantas acamadas de raíz y las acamadas de tallo. Anotar la etapa de crecimiento del cultivo y si las mazorcas están en contacto con el suelo. Examinar el campo y ver si hay partes específicas donde es muy intenso el acame. Si es así, estimar el área afectada. El coeficiente de variación del porcentaje de acame en general es muy elevado. Por consiguiente, estas mediciones siempre deben hacerse en varios campos de la zona y combinarse con observaciones y con lo que dicen los agricultores.

Comprobación: preguntas

Preguntar al agricultor cuándo ocurrió el acame y relacionar la fecha con una etapa del crecimiento. Si el acame se produce antes de la etapa R5, el rendimiento de las plantas afectadas probablemente disminuirá a causa de la menor captación de luz solar. En general, los agricultores tienen una buena idea de cuánto acame ocurre en un año normal y de cuándo se produce. Pedir al agricultor que compare este año con otros años.

Causas del acame (principalmente acame de raíz)

1. La variedad es susceptible al acame a causa del tipo de planta.
2. Lluvias intensas y viento después de que comienza la elongación del tallo.
3. El acame ocurrió cuando el agricultor derribó plantas o cortó raíces al efectuar operaciones de labranza.
4. Profundidad limitada del enraizamiento a causa de suelo poco profundo, horizonte endurecido o suelo ácido.

Datos adicionales requeridos

Observar otros campos de la zona sembrados con variedades diferentes. Examinar la altura de las plantas y de las mazorcas. Si la altura de estas últimas es superior al 60% de la altura de las plantas que crecen en buenas condiciones y la altura de las plantas es superior a 2 m, la variedad puede ser susceptible.

Revisar los datos meteorológicos; hablar con los agricultores acerca de los vientos y lluvias.

Ver si hay acame en partes específicas. Preguntar al agricultor acerca de la labranza.

Medir los factores del suelo.



Cuando el acame ocurre antes de la floración, la planta a menudo se recupera y el rendimiento no es gravemente afectado.

Causas del acame (principalmente acame de tallo)

1. Las plantas se acamaron por pudriciones de la raíz o daños por barrenadores del tallo.
2. La densidad es demasiado alta para la variedad.
3. Demasiadas plantas por postura o demasiada competencia de malezas o del cultivo intercalado.
4. Hubo una pérdida de área foliar efectiva durante el llenado del grano y se agotaron las reservas de azúcar del tallo.
5. Excesiva aplicación de N al germoplasma no mejorado.
6. Severa carencia de potasio.

Datos adicionales requeridos

Abrir el tallo y buscar áreas podridas de color café o túneles de insectos.

Comparar la densidad observada con la óptima para la variedad. Examinar los tallos. ¿Son delgados y débiles?

Contar las plantas por postura. Si el número es >3 , ésta puede ser la causa. Examinar cuánto compete la maleza o el cultivo intercalado por la luz. Examinar los tallos.

Buscar defoliación provocada por sequía, heladas, insectos, etc. Buscar pudriciones del tallo, que a menudo infectan las plantas que tienen concentraciones bajas de azúcar en el tallo.

Preguntar al agricultor cuánto fertilizante aplicó.

Buscar síntomas foliares de carencia de K (nutrientos minerales, p. 63). Ver si las plantas tienen tallos delgados.

Posibles soluciones

1. Cambiar a una variedad de menos estatura con una altura de mazorca más baja.
2. Alterar la densidad o el espaciamiento; reducir la densidad del cultivo intercalado; controlar la maleza.
3. Adelantar las operaciones de labranza para evitar dañar las plantas.
4. Aumentar la profundidad del suelo mediante el subsoleo. También se puede aumentar la profundidad efectiva del suelo con el surcado o el aporque.
5. Combatir las plagas de insectos que contribuyen al acame.
6. Reducir la aplicación de N a una variedad no mejorada, o cambiar a una variedad mejorada que responda mejor al N aplicado.
7. Corregir la carencia de K.

Suelos ácidos o alcalinos

El maíz en general crece bien con un pH entre 5.5 y 7.8. Un pH fuera de esos límites suele aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos y se produce toxicidad o carencia. Con un pH inferior a 5.5, a menudo hay problemas de toxicidad por Al y Mn y carencias de P y Mg. Con un pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos¹), tienden a presentarse carencias de Fe, Mn y Zn. Los síntomas en el campo de un pH inadecuado en general se asemejan a los de los problemas de micronutrientes (Figura 1, p. 42).

¿Constituye un problema el pH del suelo?

Comprobación: mediciones

Recoger una muestra de suelo y determinar el pH. Muestrear por separado la capa arable y el subsuelo. Hay estuches para efectuar pruebas confiables en el campo. Si el pH es inferior a 5.5 o superior a 7.8, probablemente no favorece un crecimiento adecuado del maíz.

¹ Se puede usar una prueba rápida para diagnosticar la presencia de carbonatos libres en suelos con un pH alto. Se agregan al suelo unas gotas de solución de CIH al 10%. Si éste borbotea, es calcáreo y es posible que haya carencias de Zn, Fe y Mn.

Comprobación: observaciones

Buscar en el campo síntomas de carencias de micronutrientos (nutrientes minerales, p. 63). Si hay síntomas foliares, es probable que se reduzca el rendimiento. Cuando el pH es bajo, se debe examinar las raíces de algunas plantas para detectar síntomas de toxicidad por Al. Las raíces de las plantas afectadas por el Al estarán atrofiadas y cortas, a veces a tal grado que parecen palos gruesos, en lugar de raíces normales. También pueden ser de color parduzco o negro. Los suelos con pH bajo pueden presentar toxicidad por Mn, que causa pequeñas manchas de color café rojizo en las hojas más viejas.

Causas de los problemas de pH

1. Propiedad inherente de la combinación de la roca madre y el clima.
2. Aplicación de fertilizantes acidificantes.
3. Encalado excesivo para corregir un problema de acidez del suelo.
4. Aplicación de agua de riego alcalina.

Datos adicionales requeridos

Revisar los mapas edafológicos de la zona. Los problemas de un pH bajo son frecuentes en los suelos muy lixiviados y viejos, con altas concentraciones de óxidos de Al y Fe. Los problemas causados por un pH elevado son comunes en suelos derivados de roca madre calcárea. Si el pH es bajo, realizar pruebas de suelo para detectar la presencia de Al^{+++} libre.

Preguntar al agricultor sobre los fertilizantes aplicados. Por ejemplo, el uso continuo de sulfato de amonio tiende a disminuir el pH del suelo.

Preguntar al agricultor sobre las prácticas de encalado.

Verificar el pH del agua de riego.

Posibles soluciones

1. Encalar para elevar el pH de un suelo ácido.
2. Aplicar micronutrientes al follaje o al suelo para corregir las carencias inducidas por el pH.
3. Cambiar a un fertilizante no acidificante cuando el pH es bajo, o a uno acidificante si el pH es alto.
4. Modificar las prácticas de encalado para evitar el encalado excesivo.
5. Cambiar a una variedad tolerante.
6. Aplicar azufre elemental para reducir el pH del suelo.
7. Disminuir el riego con agua alcalina.



Este maíz sembrado en un suelo con un pH alto y niveles elevados de carbonatos libres muestra los síntomas de una severa carencia de hierro. (G. Edmeades)

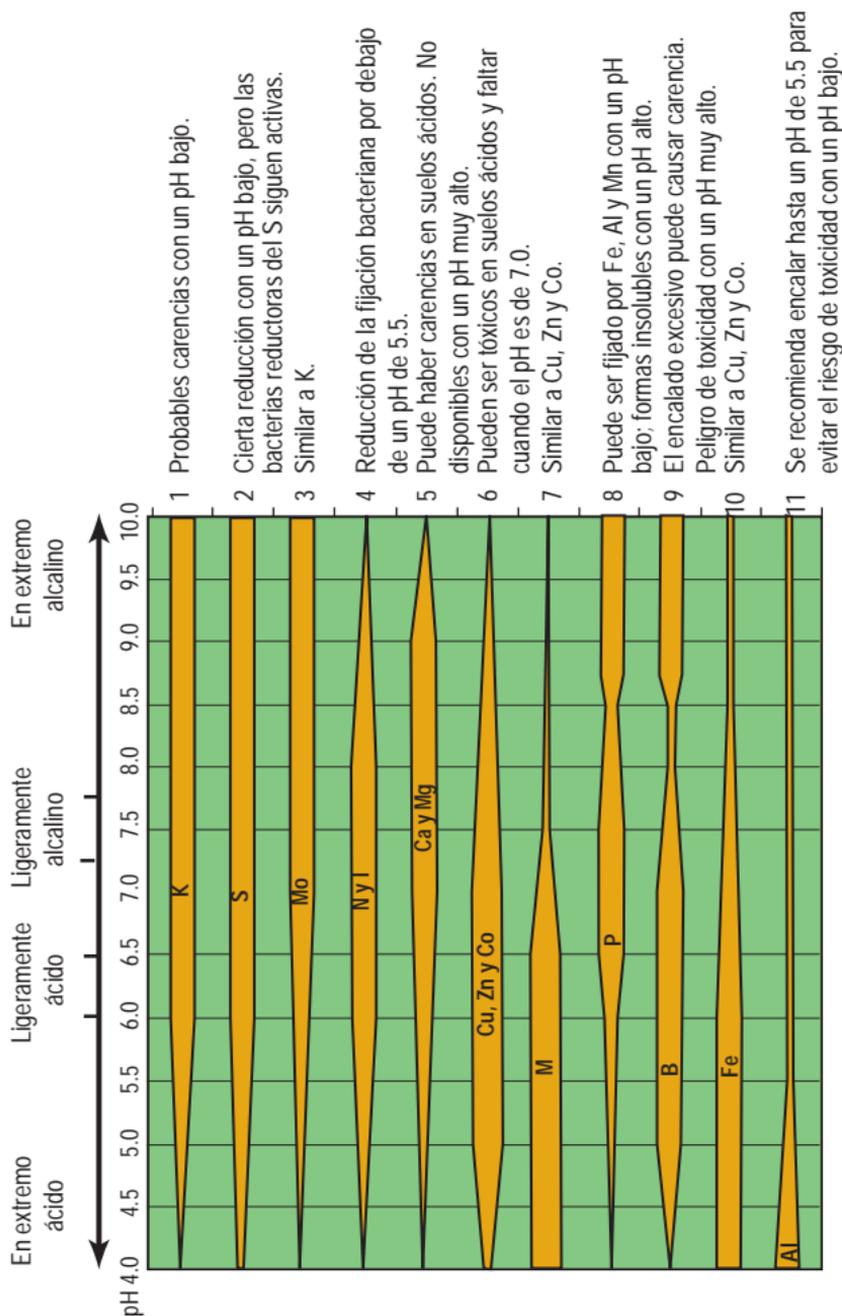


Figura 1. Efectos del pH sobre la disponibilidad de elementos comunes en el suelo. El ancho de la barra indica el grado de disponibilidad.

Fuente: *Booker Tropical Soil Manual*. J.R. Landon (editor), 1984, Pitman Press Limited, Gran Bretaña.

Suelos salinos

Se considera que el maíz es sensible a la salinidad. Cuando la conductividad eléctrica de un extracto de suelo saturado es de 2.5 milisiemens/cm (mS/cm, igual a milimhos/cm), se puede esperar una reducción del 10% en el rendimiento; un valor de 4 se asocia con una reducción del 25% en el rendimiento. Esta pérdida de rendimiento en general es consecuencia de que las plantas no pueden extraer suficiente agua de un suelo afectado por la sal. En ciertos casos, las sales son tóxicas para el cultivo.

¿Constituye un problema la salinidad del suelo?

Comprobación: mediciones

Tomar una muestra del suelo y determinar la conductividad eléctrica.

Comprobación: observaciones

1. Examinar el campo para detectar plantas que parezcan marchitas aunque la humedad del suelo aparentemente sea adecuada. Las hojas tal vez se vean opacas y los ápices o márgenes pueden verse grisáceos. Cuando la toxicidad es severa, el tejido a lo largo de los bordes de las hojas puede tornarse amarillo y morir.
2. Buscar una película blancuzca de sal en la superficie del suelo, en especial en los lomos de los surcos cuando el suelo está seco, en zonas donde se usa el riego por surcos.

Causas de la salinidad del suelo

1. Riego con agua salada o agua inadecuada aplicada para satisfacer la necesidad de lixiviación de la fuente de agua.
2. Aplicación excesiva de fertilizante en una región semiárida.
3. Manto freático poco profundo en una región semiárida.
4. Suelo inherentemente salino.

Datos adicionales requeridos

- Analizar el agua de riego.
- Preguntar al agricultor sobre las anteriores aplicaciones de fertilizante.
- Medir la profundidad del manto freático.
- Análisis del suelo.

Posibles soluciones

1. Lixiviar el suelo con agua de buena calidad para eliminar la acumulación de sal.
2. Sembrar un cultivo que sea menos sensible a la salinidad. La cebada, el algodón y el sorgo son más tolerantes que el maíz. Entre los genotipos de maíz, algunos son más tolerantes que otros a la salinidad.
3. Instalar drenaje.
4. Modificar el calendario de irrigación para efectuar menos riegos, pero aplicando más agua en cada uno.

FACTORES DEL MANEJO

Problemas de la siembra: Preparación de la tierra y métodos de siembra

Hay tres tipos de problemas que pueden surgir durante la siembra. Uno es que la tierra tal vez no haya sido preparada adecuadamente, de tal modo que hay terrones o encostramiento que impiden sembrar a una profundidad uniforme o, incluso, obstaculizan la germinación. Otro es que la preparación de la tierra quizá se haya realizado con demasiado tiempo antes de la siembra o no haya sido uniforme y, por consiguiente, la maleza tiene una ventaja sobre el cultivo. El tercero es que las semillas pueden haber sido colocadas a una profundidad inadecuada.

Los objetivos primarios de la preparación de la tierra consisten en crear una estructura del suelo favorable para el desarrollo del cultivo, incorporar los residuos y combatir malezas y enfermedades. En muchas zonas, la estructura del suelo permite un buen desarrollo del cultivo sin necesidad de labranza, siempre que la maleza se controle con otros métodos. Los residuos se pueden dejar en la superficie del suelo si no impiden las operaciones de campo.

Un buen método de siembra es aquel que permite colocar la semilla a la profundidad correcta y proporciona un buen contacto entre la semilla y el suelo. La profundidad correcta es suficientemente honda para que la semilla absorba el agua, esté protegida de la desecación y los pájaros y no germine con lluvias ligeras, pero no tan honda que la plántula no pueda alcanzar la superficie antes de agotar sus reservas de alimentos o ser atacada por insectos o enfermedades del suelo. La profundidad de siembra adecuada para el maíz de tierras tropicales bajas es en general de unos 5 a 7 cm, pero puede ser de hasta 10 cm cuando la semilla es grande y sana. Si siembran para aprovechar la humedad residual, en especial en las zonas altas, los

agricultores pueden colocar la semilla a profundidades de 20 cm. No obstante, se requieren variedades especializadas cuando se siembra a esa profundidad y se cubre por completo la semilla. Si la semilla se siembra en suelo desnudo y seco en zonas cálidas, la profundidad debe ser de unos 10 cm para evitar el daño por altas temperaturas.

¿Es un problema la preparación de la cama de siembra o el método de siembra?

Comprobación: mediciones

Averiguar si la densidad o la distribución de las plantas es un problema (pp. 52 y 61).

Comprobación: observaciones

Nota: Estas observaciones deben efectuarse poco después de la emergencia, cuando el maíz está en las etapas V1-V2.

1. Examinar el campo. ¿Es uniforme la emergencia? Si no es así, desenterrar las semillas en las partes en donde es deficiente la emergencia. Usar la Clave 1 (p. 6) para interpretar lo que se encuentra. Si las semillas han germinado, medir la longitud del mesocotilo tanto en las partes donde han emergido las plantas como donde éstas aún no han aparecido. Si las longitudes difieren en más de 3 ó 4 cm, entonces la profundidad de siembra fue muy diferente en distintas partes del campo.

2. Caminar a través del campo. ¿Hay plántulas arrancadas del suelo y comidas? Buscar indicios de que ha habido pájaros o roedores en la zona. Si las semillas han sido arrancadas, la profundidad de siembra tal vez haya sido insuficiente o no se afirmó adecuadamente el suelo sobre la semilla.
3. Examinar el campo. ¿Hay plántulas de maleza más grandes que el cultivo? Si es así, no fue adecuado el control de maleza proporcionado por la preparación de la tierra, o probablemente se sembró el cultivo demasiado tiempo después de preparado el campo. Otra posibilidad es que la preparación no fue cuidadosa y sólo se enterró la maleza en lugar de matarla.
4. ¿Es uniforme el espaciamiento? Las sembradoras mecánicas pueden bloquearse y dejar espacios sin semilla o con exceso de semillas.
5. Examinar el campo y observar el tamaño de los terrones que quedaron después de la labranza. Una cama de siembra con muchos terrones de más de 6 cm de diámetro puede causar variabilidad en la profundidad de la siembra, contacto deficiente entre la semilla y el suelo y obstáculos físicos para la emergencia.
6. Ver si hay encostramiento; si acaba de llover, tal vez no sea posible verlo. Desenterrar las plantas en las partes donde ha sido mala la germinación y buscar plántulas pálidas y retorcidas que no pudieron penetrar el encostramiento (ver la fotografía de la p. 50). Buscar una capa de limo en la superficie del suelo.

Causas de la mala calidad de las camas de siembra

Datos adicionales requeridos

- | | |
|---|---|
| <p>1. Labranza cuando el suelo no tenía el contenido adecuado de humedad y se formaron terrones.</p> | <p>Preguntar al agricultor sobre la cantidad de humedad que había en el suelo cuando preparó la tierra.</p> |
| <p>2. Labranza secundaria excesiva y lluvia después de la siembra, seguida de la desecación de la superficie, que provoca encostramiento.</p> | <p>Preguntar al agricultor sobre la preparación de la tierra y las lluvias después de la siembra.</p> |
| <p>3. Se postergó demasiado la siembra después de la preparación de la tierra, lo cual dio la ventaja a la maleza.</p> | <p>Preguntar sobre esto al agricultor.</p> |

Posibles soluciones

Nota: A menudo el agricultor no es dueño del equipo usado para preparar la tierra y no puede especificar con exactitud cuándo efectuará la labranza. Hay que considerar esta limitación al buscar soluciones.

1. Para reducir los terrones: establecer pautas sobre cuándo se debe trabajar la tierra, basadas en el contenido de humedad del suelo (Cuadro 4, p. 51). Usar la labranza secundaria para disminuir el tamaño de los terrones.
2. Para reducir el encostramiento: disminuir el número de operaciones de labranza secundaria y dejar algunos residuos en la capa superior del suelo. Otra solución es hacer una labranza superficial y ligera para romper el encostramiento, después de la siembra pero antes de la emergencia del cultivo.
3. Usar labranza mínima o cero para reducir los problemas causados por la preparación de la tierra.

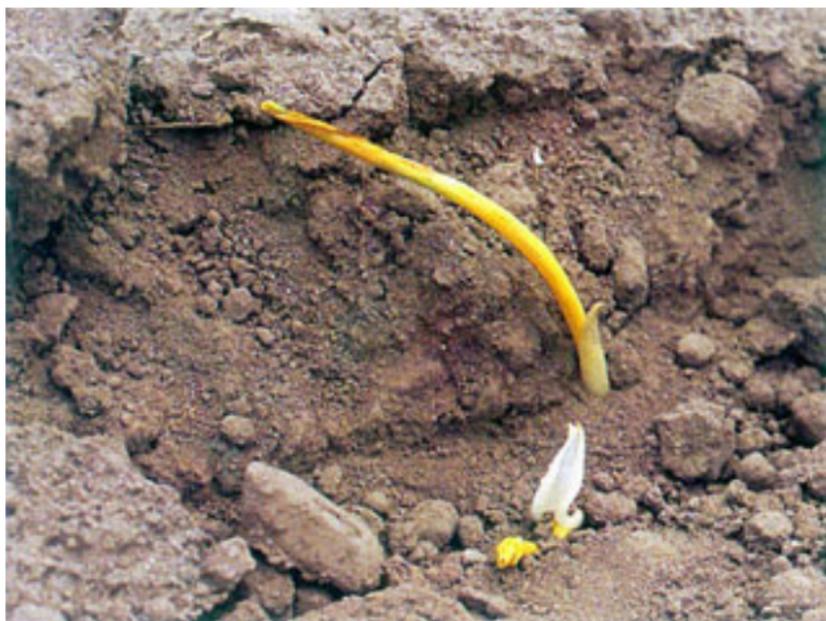
Causas de la siembra deficiente

Datos adicionales requeridos

- | | |
|---|---|
| 1. Suelo duro o polvoriento y las semillas se colocaron a poca profundidad. | Medir la profundidad de siembra (la distancia desde la semilla hasta la punta del coleoptilo de una planta normal). Si es < 5 cm, probablemente la siembra fue poco profunda. Preguntar al agricultor sobre las condiciones durante la siembra. |
| 2. Dispositivo de siembra ajustado incorrectamente dio por resultado profundidad inadecuada. | Medir la profundidad de siembra. Preguntar al agricultor cómo efectuó la siembra. |
| 3. El suelo estaba aterronado y, por lo tanto, el contacto entre la semilla y el suelo fue deficiente y la profundidad de siembra resultó variable. | Preguntar al agricultor si había terrones en la siembra y sobre el tipo de labranza que hizo. |
| 4. La siembra fue apresurada o descuidada o se bloqueó el implemento de siembra. | Preguntar si se contrataron jornaleros para la siembra, o si ésta fue apresurada a causa del tiempo requerido para otras tareas. Examinar el implemento de siembra. |

Posibles soluciones

1. Cambiar o ajustar el implemento de siembra o la preparación de la tierra para obtener la profundidad adecuada.
2. Modificar la preparación de la tierra para reducir los terrones y mejorar el contacto entre semilla y suelo, o agregar una operación para afirmar el suelo sobre la semilla. Tener en cuenta que si el suelo es arcilloso y está mojado en el momento de la siembra (humedad disponible >50%), no se debe afirmar después de colocar la semilla, ya que tal vez la plántula no pueda emerger a través del encostramiento así producido.
3. Efectuar las operaciones de labranza cuando el suelo tiene la humedad adecuada (Cuadro 4).



Esta plántula de maíz no pudo emerger a través del encostramiento en la superficie del suelo.

Cuadro 4. Contenidos aproximados de humedad en el suelo que son apropiados para las distintas operaciones de labranza, de acuerdo con la textura del suelo. (Ver las páginas 106 y 110 para identificar la textura y estimar la cantidad de humedad disponible en el suelo).

Textura	% de humedad disponible recomendado para:	
	Operaciones de labranza primaria	Operaciones de labranza secundaria
Franco arcilloso (fino)	25% (cerca del punto de marchitamiento)	No más de un día después de la labranza primaria
Franco (mediano)	25% - 40%	No más de un día (o dos, como máximo) después de la labranza primaria
Franco arenoso (moderadamente grueso)*	25% - 60%	30 - 50 %
Arenoso (grueso)*	Hasta 60%	30 - 50 %

* En suelos arenosos, el paso del equipo cuando la humedad es inadecuada puede originar horizontes endurecidos a profundidades mayores que en suelos francos o arcillosos.

Fuente: H. Muhtar, comunicación personal.

Densidad

La densidad óptima en condiciones no limitantes es distinta para variedades diferentes y debe ser establecida para las variedades importantes en la región. De manera aproximada, la densidad óptima se podría relacionar con la altura de la planta y la madurez en el germoplasma del CIMMYT para tierras tropicales bajas, cultivado en un solo ambiente (Cuadro 5, p. 60).

La densidad óptima en la cosecha para una variedad es aquella que produce el mayor rendimiento de grano cuando el cultivo se desarrolla en condiciones no limitantes, que casi nunca se encuentran en campos de agricultores. Por consiguiente, la densidad recomendada en la cosecha (aquella que da los mejores rendimientos de grano en campos de agricultores) es diferente de la densidad óptima. Además, la densidad que produce el mejor rendimiento de grano en un campo de agricultor varía cada año, según el clima y el manejo del cultivo. El agrónomo que trabaja en una zona debe encontrar la densidad de población que dará al agricultor las mayores utilidades en años tanto malos como buenos. Se ha comprobado que una reducción del 30% de la densidad de población por debajo de la óptima sólo reduce los rendimientos en alrededor del 5% en años buenos (Figura 2, p. 60), y esa densidad menor aumenta los rendimientos cuando se presentan factores desfavorables. En consecuencia, las densidades recomendadas por lo general están un 20-30% por debajo de la densidad óptima.

Si la sequía es muy frecuente en una región, tal vez se deban reducir las densidades recomendadas aún más del 30% con respecto a la óptima a fin de incrementar la cantidad de agua disponible para cada planta. En zonas semiáridas, el riesgo de que fracase el cultivo aumenta en forma marcada a medida que aumenta la densidad (Figura 2, p. 60). Si la densidad se ajusta debido a la sequía, es preciso recordar que el control de maleza también podría requerir más atención, ya que una menor población de maíz proyecta menos sombra.

Una vez que se haya decidido la densidad recomendada, es necesario calcular la cantidad de pérdidas que se espera desde la siembra a la cosecha para obtener la tasa de siembra recomendada. Comparar la densidad de cosecha en la zona con el número de semillas que siembra el agricultor. En muchos ambientes, la pérdida de plantas desde la siembra a la cosecha es de alrededor del 20%. La densidad recomendada se divide por uno menos el % de pérdida (1 - % de pérdida) para obtener la tasa recomendada de siembra. Por ejemplo, si se cultiva un material con una densidad óptima de 85,000 plantas/ha, la densidad recomendada para los campos de agricultores podría ser:

$$85,000 - (85,000 \times 0.30) = 60,000 \text{ plantas/ha}$$

Sin embargo, se espera que alrededor del 20% de las plantas se perderán entre la siembra y la cosecha a causa del ataque de insectos y las enfermedades. La tasa recomendada de siembra es entonces:

$$60,000 \div (1 - 0.20) = 75,000 \text{ semillas/ha}$$

Si hay 3,500 semillas en un kilo, esa tasa equivale a 21.4 kg de semilla por hectárea.

¿Es un problema la densidad de población?

Comprobación: mediciones

1. Si el cultivo está sembrado en surcos con las plantas en posturas (lugares individuales de siembra), se cuenta el número de posturas en 5 m de surcos, en 10 sitios escogidos al azar en el campo. Se cuenta también el número de plantas.* En cada sitio, se mide la distancia entre los surcos. Enseguida se calcula el número de plantas por postura (distribución de plantas) y el número de plantas por hectárea (densidad de población).

$$\text{Plantas/postura} = \frac{\text{número de plantas en 5 m}}{\text{número de posturas en 5 m}}$$

$$\text{Plantas/ha} = \frac{\text{número de plantas en 5 m}}{5 \text{ m} \times \text{distancia entre los surcos medida en metros}} \times 10,000$$

* Este procedimiento no tomará más de 30 segundos en cada punto de muestreo. Enganchar un mecate de 5 m de largo a una planta y caminar a lo largo del surco contando el número de posturas hasta llegar al extremo del mecate. Regresar al punto de partida contando el número de plantas. Esta es una forma rápida y fácil de reunir esos datos importantes.

2. Si el cultivo está sembrado en surcos pero no en posturas (por ejemplo, cuando se usa una sembradora mecánica), contar el número de plantas en extensiones de 5 m, en 10 sitios escogidos al azar en el campo. En cada sitio, se mide la distancia entre los surcos y luego se calcula el número de plantas por hectárea (densidad de población).

$$\text{Plantas/ha} = \frac{\text{número de plantas en 5 m}}{5 \text{ m} \times \text{distancia entre los surcos medida en metros}} \times 10,000$$

3. Si el cultivo se siembra sin seguir un método definido (al voleo), contar el número de posturas y el número de plantas en 10 áreas de 20 m² escogidas al azar.

$$\text{Plantas/postura} = \frac{\text{número de plantas en } 20 \text{ m}^2}{\text{número de posturas en } 20 \text{ m}^2}$$

$$\text{Plantas/ha} = \text{número de plantas en } 20 \text{ m}^2 \times 500$$

4. Comparar la densidad de población con la óptima para la variedad. Cuando no se conoce la densidad óptima para la variedad, se pueden usar las estimaciones presentadas en el Cuadro 5, p. 60.

Comprobación: observaciones

1. Examinar el campo. ¿Están las plantas distribuidas de manera uniforme o hay partes sin plantas? Problemas tales como insectos del suelo, roedores y aniego pueden reducir la densidad de población en partes que tal vez se hayan omitido en el muestreo, pero que son importantes para el agricultor.
2. Examinar cuidadosamente las plantas en cada sitio donde se efectúan las mediciones. ¿Son delgados y débiles los tallos? Eso puede indicar una densidad demasiado alta (o demasiadas plantas por postura).
3. Observar qué cantidad de luz solar llega al suelo entre las 11 a.m. y la 1 p.m. Para la floración, no más del 20% de luz debe llegar al suelo (el maíz debe captar por lo menos el 80%; ver las fotos en las pp. 58 y 59), a menos que haya un cultivo intercalado o se cultive el maíz en un ambiente donde es frecuente la sequía. Cuando hay un cultivo intercalado, la mayor parte de la luz que el maíz deja pasar debe caer sobre las hojas de ese cultivo.
4. Si el cultivo ya ha pasado la floración, determinar la cantidad de mazorcas por planta. (Contar el número de mazorcas en la muestra y dividir por el número de plantas.) ¿Es el número de mazorcas por planta inferior a 0.9? La densidad (o el número de plantas por postura) puede ser demasiado alta.
5. En la cosecha: si el peso medio de mazorcas secas individuales supera los 180 gramos, tal vez la densidad haya sido demasiado baja.

Causas de la escasa densidad de población

1. El agricultor siembra muy pocas semillas.
2. La semilla sembrada no es viable.
3. Mala preparación de la cama de siembra.
4. Se perdieron plantas después de la siembra (durante la germinación y posteriormente).
5. El agricultor destruyó algunas plantas al efectuar la labranza.

Datos adicionales requeridos

Preguntar al agricultor cuántas semillas sembró y por qué. Examinar los datos pluviométricos para ver si es frecuente la sequía. El productor tal vez haya reducido la densidad porque piensa que habrá sequía.

Verificar la viabilidad de la semilla (p. 102). Preguntar cómo se almacenó la semilla y comparar la respuesta con las "Normas generales para el almacenamiento de semillas", p. 102.

Preguntar al agricultor sobre la preparación de la tierra.

Buscar signos de enfermedades, plagas, aniego, sequía, pájaros o roedores. Preguntar al agricultor sobre estos problemas. Si el agricultor sembró en seco, preguntar cuántos días después de la siembra comenzó a llover. Examinar los registros de temperatura para ese período. Si las temperaturas del suelo superaron los 40 °C por más de dos días, la semilla puede haber sido dañada. (Tener en cuenta que la temperatura máxima del suelo seco y desnudo puede ser varios grados más alta que la temperatura máxima de la atmósfera.)

Preguntar al agricultor sobre las prácticas de labranza. Buscar trozos de plantas rotas o plantas arrancadas de raíz.

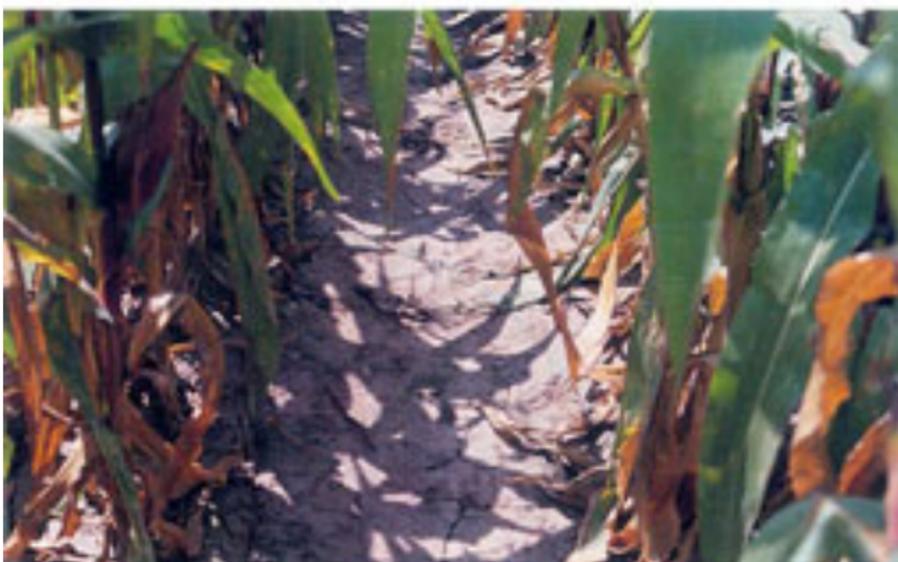
Posibles soluciones

1. Aumentar la densidad de siembra.
2. Sembrar semilla de mejor calidad (p. 102), o hacer una prueba de germinación antes de la siembra y ajustar la tasa de siembra de acuerdo con los resultados.
3. Mejorar la preparación de la tierra o las prácticas de labranza.
4. Tratar con fungicidas la semilla o hacer rotación de cultivos para reducir las pérdidas por enfermedades.
5. Tratar con insecticidas la semilla para disminuir las pérdidas por insectos.
6. Aumentar la profundidad de siembra o aplicar un mantillo para evitar la sequía temprana o las temperaturas altas en el suelo. Mejorar el método de cobertura y/o afirmar el suelo sobre la semilla para aumentar el contacto entre la semilla y el suelo en zonas con humedad marginal en el suelo. Estas medidas también pueden reducir las pérdidas causadas por pájaros o roedores (p. 100).
7. Nivelar el campo para evitar el aniego.

La luz solar que llega al suelo a través del follaje del cultivo suele ser un buen indicador de la adecuación de la densidad. Para la floración, el cultivo debe captar por lo menos el 80% de la luz solar en la mayoría de los ambientes donde el maíz no está intercalado con otro cultivo y la sequía no es frecuente. Las fotografías muestran captaciones del 40, 70 y 90% de la luz solar.



Captación del 40% de la luz. (G. Edmeades)



Captación del 70% de la luz. (G. Edmeades)

Captación del 90% de la luz. (G. Edmeades)



Cuadro 5. Densidades óptimas y densidades recomendadas (óptimas - 30%) para materiales del CIMMYT para tierras tropicales bajas.

Altura de planta (m)	Días a 50% de la floración masculina	Densidad óptima (plantas/ha)	Densidad recomendada (plantas/ha)
1.6-1.8	<50	85,000	60,000
1.8-2.0	50-55	78,000	55,000
2.0-2.2	56-60	70,000	50,000
2.2-2.4	>60	65,000	45,000

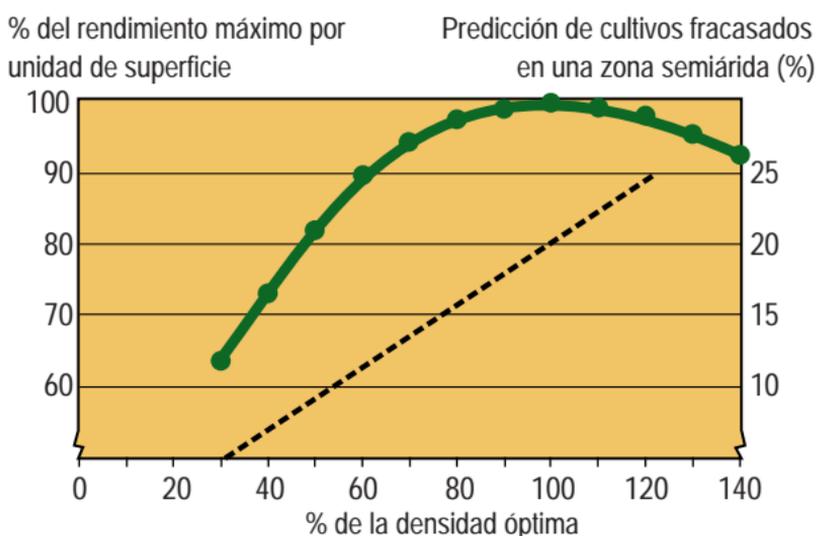


Figura 2. Relación entre el rendimiento de grano y la densidad de población.

Adaptada de: S.G. Carmer y J.A. Jackobs, 1965. An exponential model for predicting optimum plant density and maximum corn yield. *Agronomy Journal* 57:241-244. Usado con la autorización de la editorial, The American Society of Agronomy, Inc.; y de B.A. Keating, B.M. Wafula y J.M. Watiki. 1992. Exploring strategies for increased productivity—The case for maize in semi-arid eastern Kenya. En: M.E. Probert, ed., *A search for strategies for sustainable dryland cropping in semi-arid eastern Kenya*. Proceedings of a symposium held in Nairobi, Kenya, 10-11 December 1990. ACIAR Proceedings No. 41, pp. 90-100.

Distribución de las plantas

Como el maíz sembrado a mano a menudo está dispuesto en posturas (lugares individuales de siembra) con más de una planta por postura, la disposición espacial a veces puede ser un problema, aun cuando sea apropiada la densidad. Los estudios indican que, cuando crecen en la misma postura más de dos plantas, el rendimiento de grano es afectado por la competencia por el agua, los nutrimentos y la luz. Cuando crecen en la misma postura cuatro o más plantas, por lo general de una a tres de ellas no producen mazorcas.

¿Por qué siembran los agricultores muchas semillas en una sola postura? Cuando la siembra se hace a mano, toma mucho tiempo hacer más hoyos para las semillas. Si se recomienda al agricultor hacer más hoyos por hectárea, se debe estar seguro de que el incremento en el rendimiento cubrirá ese costo adicional y producirá utilidades mayores. Además, los agricultores a veces siembran demasiadas semillas para luego quitar plantas durante el ciclo para usarlas como alimento para los animales.

Causas de un alto número de plantas/postura

1. El agricultor siembra demasiadas semillas para protegerse de pérdidas causadas por plagas o enfermedades.
2. Se siembran varias semillas por postura para reducir los costos de la siembra.

Datos adicionales requeridos

Preguntar al agricultor cuántas semillas siembra por postura y por qué.

Preguntar al agricultor cuántas semillas siembra por postura y por qué.

Posibles soluciones

1. En las etapas V3-V4, ralea las posturas sembradas en exceso para dejar 2 ó 3 plantas/postura, manteniendo así una adecuada densidad de población total.
2. Proteger químicamente la semilla con fungicidas o plaguicidas para reducir la necesidad de sembrar en exceso.
3. Demostrar que cuando se siembran más posturas/ha se produce un incremento de rendimiento que compensa el aumento de los costos de mano de obra y genera mayores utilidades.

Nutrientes minerales

El maíz necesita ciertos elementos minerales en cantidades adecuadas para desarrollarse bien. Esos nutrientes son en general proporcionados por el suelo y por los fertilizantes aplicados. Aunque la planta de maíz usa 13 nutrientes diferentes, sólo tres son necesarios en cantidades relativamente grandes: el nitrógeno, el fósforo y el potasio. Estos son los nutrientes que con más frecuencia limitan la producción de maíz, aunque el azufre y algunos micronutrientes como el zinc y el magnesio pueden ser restricciones importantes en ciertas zonas.

A veces el rendimiento puede ser reducido en un 10-30% por carencias de nutrientes importantes antes de que aparezcan síntomas claros de carencia en el campo. Aun cuando no se vean los síntomas, es una buena idea evaluar el nitrógeno y analizar las concentraciones de P en el suelo.

¿Son un problema los nutrientes minerales?

Comprobación: observaciones

Caminar por el campo en distintas etapas del crecimiento. Si se encuentran los síntomas foliares mencionados a continuación, es probable que la carencia sea lo suficientemente importante para causar una reducción del rendimiento. Cabe recordar que ciertas enfermedades pueden provocar síntomas similares a los de las carencias de nutrientes. Sin embargo, cuando la causa es una carencia, los síntomas tenderán a presentarse en áreas extensas del campo. Si los síntomas se observan sólo en plantas aisladas, es más probable que sean provocados por una enfermedad.

1. Antes de la etapa V6, plantas amarillas y pálidas con hojas pequeñas y crecimiento lento indican carencia de nitrógeno o, con menos frecuencia, de azufre. Las plantas con un color morado rojizo en los bordes de las hojas pueden indicar carencia de fósforo (este síntoma se acentúa cuando el tiempo está fresco).
2. Durante el período de elongación rápida, las hojas inferiores con amarillamiento que comienza en el ápice y avanza a lo largo del centro de la hoja en forma de "V" indica carencia de nitrógeno. Si el amarillamiento avanza a lo largo de los bordes, el problema puede ser carencia de potasio. En esta etapa, pueden aparecer otros síntomas de carencias de nutrimentos, como rayas cloróticas pálidas en las hojas. Si esto sucede en las hojas superiores, la causa puede ser la falta de hierro o, en raros casos, de cobre. Las bandas blancuzcas anchas a lo largo del centro de las hojas nuevas o en la zona de elongación en la base de la hoja pueden indicar carencia de zinc. Las rayas amarillas (clorosis) en las hojas inferiores tal vez sean consecuencia de la carencia de magnesio.
3. ¿Cuál fue el cultivo anterior? Esto se puede determinar examinando los residuos en el campo, o preguntándole al agricultor. Cuando el maíz se siembra después de un cultivo comercial muy fertilizado, son menos probables las carencias de nutrimentos importantes.
4. Comparar la altura de las plantas del borde del campo con la de las que están en medio. Cuando se ha producido sequía o carencia de nutrimentos, las plantas del borde, que tienen menos competencia, tienden a ser más altas que las plantas que están completamente rodeadas por otras y que, por tanto, experimentan mucha competencia.

Comprobación: cálculos

Aun cuando no se vean síntomas claros de carencia de nitrógeno en el campo, no hay que suponer que no se pueda esperar una respuesta al fertilizante nitrogenado. Preguntar al agricultor cuánto fertilizante nitrogenado aplica y cuánto maíz cosecha. Luego se pueden hacer los siguientes cálculos para establecer si el nitrógeno es un factor limitante.

Primero se calcula la cantidad de N que el cultivo recibe de otras fuentes, aparte del fertilizante aplicado. La forma más sencilla de hacerlo es calcular el contenido de N de un cultivo no fertilizado que crezca en un suelo y ambiente similares y reciba el agua necesaria. Se trata de encontrar a un agricultor que no aplicó N al maíz ni al cultivo anterior para preguntarle qué rendimiento obtuvo cuando la sequía no fue intensa. Se supone que se requieren unos 25 kg de N/ha para producir una tonelada de grano.

Capacidad del suelo de proporcionar N/ha/ciclo = toneladas de grano
producido/ha x 25

Este nitrógeno proviene de varias fuentes. Una fuente importante es la materia orgánica del suelo, que es abundante en un campo recién roturado o después de un descanso prolongado, pero que tiende a disminuir cuando el campo es cultivado continuamente (ver el Cuadro 6, p. 67). Se puede mejorar la estimación de la capacidad del suelo de proporcionar N en la región averiguando los rendimientos de maíz de los campos no fertilizados y relacionándolos con los antecedentes de cultivo de esos campos. Los otros aportes de N vienen de la lluvia, el polvo y la fijación no simbiótica de N.

A esta cantidad, se agrega el N del fertilizante aplicado por el agricultor. La eficiencia de la recuperación del fertilizante aplicado varía, pero para este cálculo puede suponerse que alrededor del 40% del N del fertilizante aplicado está disponible para la planta. El aporte total de N es:

$$\text{N del suelo} + (\text{N del fertilizante aplicado} \times 0.4)$$

¿Equivale esta cantidad a la captada por un cultivo cuyo rendimiento es igual al rendimiento potencial de la zona? (Hay que suponer que, para un rendimiento de 4 toneladas, el cultivo toma unos 15 kg de N/ha por cada tonelada de grano; a esto se agregan otros 10 kg de N/ha por tonelada de grano cuando la paja es retirada del campo.) Si no es así, el nitrógeno puede ser un factor limitante.

Comprobación: análisis del suelo

Se pueden usar análisis del suelo para ver si es factible esperar una respuesta al fertilizante de fósforo o potasio. Sin embargo, para que estas pruebas sean realmente exactas, deben ser calibradas para los suelos de la región.

Fósforo. La prueba I de Bray se puede usar en suelos ácidos. Un valor de <7 ppm significa que es probable una respuesta al P; 7-20 ppm implican que es posible. Cuando se usa la prueba II de Bray, un valor de <15 ppm significa que es probable una respuesta al P; 15-30 ppm significan que es posible. Se puede usar la prueba de Olsen para suelos con un pH superior a 7. Un valor de <5 en esta prueba indica que es probable una respuesta al fertilizante de P; valores de 5-10 señalan que es posible.

Potasio. Los resultados deben ser expresados como miliequivalentes de K/100 g de suelo. Según el suelo, varían mucho los valores de suficiencia, pero, en general, se puede considerar que un valor de <0.2 es bajo y que, por tanto, es muy probable una respuesta al K. Los suelos arenosos son más propensos a presentar carencias de K que los arcillosos.

Cuadro 6. Cantidades aproximadas de N proporcionadas anualmente por la materia orgánica del suelo en distintos ambientes.

Ambiente	Antecedentes	kg de N/ha/año
Bosque en tierras tropicales bajas	Recientemente desbrozado	55
	Cultivado >4 años	22
Sabana tropical con mucha lluvia (1,250 mm/año)	Descanso prolongado	15
	Descanso breve o ausente	5
Sabana tropical con poca lluvia (850 mm/año)	Descanso prolongado	4
	Descanso breve o ausente	2
Bosque en tierras tropicales altas	Recientemente desbrozado	45
	Cultivado >4 años	18

Datos adaptados de P.A. Sánchez, 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. J. Wiley and Sons, Nueva York.

Causas de las carencias de nutrimentos

Datos adicionales requeridos

- | | |
|--|---|
| 1. No se aplicó suficiente fertilizante (NPK). | Preguntar al agricultor cuánto fertilizante aplicó. |
| 2. El fertilizante aplicado se perdió por lixiviación, escurrimiento o volatilización. | Preguntar a los agricultores sobre la fuente y la colocación del fertilizante y las lluvias después de la aplicación. |
| 3. Se aplica fertilizante cuando el cultivo no puede aprovecharlo bien o cuando el cultivo ya está achaparrado a causa de factores como control inadecuado de malezas. | Preguntar cuándo se aplicó el fertilizante y cuál era el estado del cultivo en ese momento. |
| 4. El aniego provoca carencia de N. | Buscar síntomas de aniego (p. 26). Preguntar al agricultor acerca de las lluvias. |
| 5. Hay competencia excesiva por los nutrimentos con la maleza o el cultivo intercalado. | Ver si hay maleza o cultivos intercalados. |
| 6. El pH del suelo hace que ciertos nutrimentos sean inaprovechables. | Determinar el pH del suelo. Cuando es de <5.2 , es frecuente carencia de Mg y tal vez sea inaprovechable el P. Si es de >8 , son comunes las carencias de Zn, Fe y Cu (p. 63; Fig. 1, p. 42). |
| 7. El suelo contiene escasas cantidades de ciertos micronutrimentos. | Las pruebas del suelo son difíciles de interpretar. Aplicar solución foliar o correctivos del suelo a una pequeña parcela de prueba y ver si los síntomas cambian. |

Posibles soluciones

1. Aumentar la dosis de fertilizante.
2. Cambiar el método o el momento de aplicación del fertilizante de tal modo que se pierda menos.
3. Mejorar el drenaje.
4. Reducir la competencia de la maleza.
5. Encalar para aumentar el pH del suelo.
6. Aplicar micronutrientes.



Síntomas de carencia de nitrógeno en la floración. Nótese las partes amarillas en forma de "V", que aparecen primero en las hojas inferiores.

Daño químico

El maíz puede ser dañado por el uso inadecuado de productos agroquímicos como herbicidas, fertilizantes o insecticidas. El daño en general resulta de aplicar el producto sin cuidado, en una dosis demasiado alta, en una etapa de crecimiento incorrecta o cuando las plantas sufren estrés por sequía o temperaturas desfavorables.

Comúnmente los daños químicos son consecuencia de accidentes y no constituyen importantes limitantes del rendimiento en una zona; no obstante, los agrónomos deben poder reconocer estos problemas.

El daño por herbicidas puede provocar la malformación de plantas jóvenes y amarillamiento, quemadura y muerte de las hojas. La malformación (por ejemplo, hojas retorcidas que no se desenrollan como deben, o raíces distorsionadas) resulta de aplicar herbicidas de ciertos grupos, como el 2,4-D, en una etapa de crecimiento incorrecta o en una dosis demasiado alta. Este problema puede producirse con los herbicidas fenoxi (como el 2,4-D), los de dinitroanilina (por ejemplo, la pendimetalina), los de ácido benzoico (como el dicamba) y los de amida (por ejemplo, el alaclor o el metolaclor). La aplicación excesiva de herbicidas de triazina (por ejemplo, la atrazina) puede provocar clorosis y muerte de las hojas. La quemadura de las hojas es el resultado de una aspersión dirigida con un herbicida como el paraquat, o de aplicar una concentración demasiado alta de otra sustancia química. El daño por herbicidas se puede distinguir de las enfermedades foliares por quemaduras que tienen formas producidas por la boquilla del rociador y que sólo aparecen en hojas de cierta edad, que estuvieron expuestas cuando se aplicó el producto químico.

Cuando los fertilizantes (especialmente de N y K) se colocan en contacto con la semilla o demasiado cerca de las plantas jóvenes, pueden provocar quemaduras, en particular cuando la humedad del suelo es insuficiente. Si el problema se produce en la siembra, las semillas tal vez no germinen o las plántulas emergen y luego mueren. Las plantas quemadas suelen verse marchitas o achaparradas. Cuando el fertilizante se aplica como abono lateral en cobertera, no se debe colocar a menos de 10 cm del tallo.

Los insecticidas de aplicación foliar o los fertilizantes en ocasiones causan quemaduras en las hojas del maíz. Esto se puede reducir aplicándolos temprano en la mañana o al anochecer, para evitar la luz solar directa sobre las hojas.

¿Es un problema el daño químico?

Comprobación

Estimar la proporción de plantas afectadas por el problema. Si más del 10% están lo suficientemente dañadas para que se reduzca el rendimiento (es decir, si más del 30% del área foliar de esas plantas está dañada), existe un problema. Es muy importante examinar varios campos pertenecientes a distintos agricultores para decidir si el problema es causado por la tecnología en uso o si un determinado agricultor sencillamente cometió un error durante ese ciclo.

Si el daño ha disminuido el establecimiento de las plantas, medir la densidad de la población restante. Cuando la disminución del establecimiento hace que la densidad se reduzca a menos del 70% de la óptima para la variedad, medida en condiciones no limitantes, el daño es importante (densidad, p. 52).

Causas del daño por herbicidas

1. Se aplicó un producto equivocado.
2. Fue demasiado alta la dosis aplicada.
3. Fue incorrecto el momento de la aplicación.
4. Se aplicó un herbicida no selectivo sin un escudo protector o con uno que no funcionó. El daño también pudo ser causado por aspersiones transportadas por el aire desde campos adyacentes.

Datos adicionales requeridos

Preguntar al agricultor cuál usó. Verificar si está aprobado el uso de ese producto en el maíz.

Preguntar al agricultor qué cantidad del producto químico usó por tanque de agua. Examinar el tanque para ver su tamaño. Calcular la dosis de aplicación. Compararla con la recomendada en la etiqueta o en el Cuadro 7, p. 74.

Preguntar al agricultor cuándo aplicó el producto. Relacionar esa fecha con una etapa de crecimiento aproximada y compararla con el momento indicado en el Cuadro 7, p. 74.

Pedir ver el escudo protector si es que se usó. Preguntar si las malezas eran más altas que el cultivo cuando se aplicó el producto.

Posibles soluciones

1. Cambiar a un producto menos nocivo o usar dosis más bajas. Investigar si hay agentes coadyuvantes que puedan utilizarse con herbicidas específicos.
2. Cambiar el momento o el método de aplicación.
3. Usar un escudo protector mejor diseñado. Si las malezas eran más altas que el cultivo en el momento de la aplicación y causaban problemas cuando el agricultor trataba de aplicar una aspersión dirigida, esto indica que hay un problema de preparación de la tierra (p. 45).

Causas de las quemaduras por fertilizantes

1. El producto se colocó directamente en el hoyo junto con la semilla.
2. Se colocó el fertilizante como abono lateral en cobertera demasiado cerca de la planta, en especial cuando las plantas sufrían estrés hídrico.

Datos adicionales requeridos

- Preguntar al agricultor cómo efectuó la siembra.
- Preguntar dónde se colocó el producto, cuánta humedad había en el suelo y si hubo marchitez después de la aplicación.

Posibles soluciones

1. Usar un espeque con dos puntas para hacer un hoyo especialmente para el fertilizante.
2. Aplicar fertilizante como abono lateral en cobertera cuando hay suficiente humedad en el suelo y colocar el producto por lo menos a 10 cm del tallo.
3. Diseñar experimentos para examinar los efectos del momento de la aplicación del fertilizante. En algunos ambientes se puede evitar la aplicación de fertilizantes en la siembra.

Cuadro 7. Herbicidas comunes aplicados al maíz, concentraciones recomendadas * y momento recomendado para la aplicación.

Producto químico	Dosis recomendada (kg/ha)	Momento de aplicación recomendado
2,4-D amina 2,4-D éster	0.5 - 1.0 0.3 - 0.6	Desde la emergencia hasta que el maíz tiene 6 hojas (30 cm de altura).
Paraquat	0.2 - 0.6	Cuando sea necesario después de la emergencia, pero como aspersión dirigida. Su contacto quema las hojas.
Dicamba	0.25 - 0.36	Igual que para el 2,4-D.
Glifosato	0.34 - 1.12 para malezas anuales; 1.12 - 4.48 para las perennes	Nunca dejar que el producto químico entre en contacto con el maíz. Se puede usar muy cuidadosamente como aspersión dirigida para controlar las malezas.

* Nótese que las concentraciones se indican en kg de ingrediente activo por hectárea. La cantidad del producto comercial se calcula de la siguiente manera:

$$\text{kg de producto comercial} = \frac{\text{kg de ingrediente activo}}{\text{cantidad de ingrediente activo en el producto comercial}}$$

Cuadro 7 (continúa)

Producto químico	Dosis recomendada (kg/ha)	Momento de aplicación recomendado
Atrazina	1.5 - 3	Antes de la emergencia. Se puede aplicar después de la emergencia, pero si se aplica con aceite y el cultivo sufre estrés, puede dañar el maíz.
Alaclor	1.7 - 4.5	Antes de la emergencia. Se puede aplicar poco después de la emergencia al cultivo, antes de que la maleza emerja.
Metolaclor	0.6 - 1.2	Antes de la emergencia, o después de ella antes de que el maíz alcance 8 cm de altura.
Pendimetalina	0.6 - 2.2	Antes de la emergencia.

Competencia de la maleza

La importancia que tiene para el maíz la competencia de la maleza depende de cuatro factores: la etapa de crecimiento del cultivo, la cantidad de malezas presentes, el grado de carencia de agua y nutrimentos y las especies de maleza. Las malezas dañan al cultivo principalmente al competir con él por la luz, el agua y los nutrimentos. El maíz es muy sensible a esta competencia durante el período crítico entre las etapas V3 y V8.

Antes de la etapa V3, generalmente las malezas son importantes sólo cuando están más desarrolladas que el maíz o cuando el cultivo sufre estrés hídrico. El maíz necesita que haya un período con pocas malezas entre las etapas V3 y V8. Desde la etapa V8 a la madurez, el cultivo suele reducir suficientemente la luz solar que llega a las malezas y las controla en forma adecuada. En las etapas posteriores del ciclo, las malezas son importantes principalmente cuando hay carencia de agua o nutrimentos, o cuando malezas muy agresivas sobrepasan al maíz y le dan sombra, o si tienen algún efecto alelopático. Algunas malezas dificultan la cosecha y aumentan los costos de producción.

Unas especies de malezas causan más daño que otras, a veces porque producen sustancias tóxicas que dañan el cultivo (alelopatía) o porque compiten demasiado bien por el agua o los nutrimentos. En el Cuadro 8, página 82, se enumeran algunas especies de malezas señaladas como alelopáticas.

¿Es un problema la competencia de la maleza?

Nota: Estas observaciones deben efectuarse antes de que el maíz alcance la etapa de 8 hojas. Si el agricultor controla la maleza, las observaciones deben hacerse justo antes de que realice las tareas de labranza o aplique herbicida, y hay que tomar nota de la etapa de crecimiento del cultivo. Si se visita el campo después de la floración, será difícil estimar el efecto de las malezas en el rendimiento.

Comprobación: observaciones

Examinar una extensión de 5 m entre los surcos en 10 sitios escogidos al azar.

1. ¿Hay muchas malezas más altas que el cultivo? ¿Recibe el cultivo la sombra de las malezas? Si es así, éstas son un problema.
2. ¿Sufre estrés por sequía el cultivo? Estimar el porcentaje de luz solar que cae sobre las malezas en lugar de sobre el cultivo o el suelo desnudo. Ese porcentaje se acerca al porcentaje del agua disponible que aprovechan las malezas y no el cultivo.
3. Observar la etapa de crecimiento del cultivo. Entre las etapas V3 y V8, la densidad de la maleza debe ser baja para evitar una reducción del rendimiento.
4. Las plantas de maíz en los sitios con maleza, ¿se ven diferentes de las que crecen en los sitios limpios? Esto puede indicar una intensa competencia por los nutrientes, el agua y la luz, y/o efectos alelopáticos.
5. Comparar distintas partes del campo con las fotografías de las pp. 80-81. Estimar la cantidad de rendimiento que podría perderse. Esta comparación debe efectuarse alrededor de la etapa V8.
6. ¿Cuáles son los principales tipos de maleza presentes? ¿Son de hoja ancha o angosta? ¿Anuales o perennes? Es necesaria esta información para identificar el método de control y saber si podrían ser importantes las toxinas producidas por las malezas.

Causas de la competencia intensa de la maleza

Datos adicionales requeridos

1. Control manual deficiente. Preguntar al agricultor sobre el momento, la frecuencia y los métodos de deshierba.
2. Se deshierbó demasiado tarde. Buscar malezas grandes muertas y tiradas en el campo y maíz achaparrado. Preguntar al agricultor cuándo deshierbó.
3. Aplicación ineficaz de herbicidas. Preguntar al agricultor acerca de las condiciones durante la aplicación.
4. Se retrasó la siembra después de la preparación de la tierra. Preguntar al agricultor las fechas en que efectuó las operaciones de campo.
5. Especies de maleza no controladas con el método utilizado. Identificar las especies de maleza. Las perennes no se controlan bien a mano. La mayoría de los herbicidas sólo controlan ciertos tipos de maleza (Cuadro 9, p. 83).
6. Maleza alelopática. Identificar las especies de maleza (Cuadro 8, p. 82).
7. Si se ha cultivado continuamente maíz en el campo durante muchos años, puede ser muy alta la carga de semillas de maleza. Preguntar al agricultor los antecedentes de cultivo del campo.

Posibles soluciones

1. Recomendar que mejore el método de control de maleza o cambie la fecha.
2. Reducir los problemas de sequía o carencia de nutrimentos (pp. 20, 63).
3. Aumentar la densidad de población del cultivo y/o la dosis de aplicación de N para que las malezas reciban más sombra.
4. Trasladarse a otro sitio o rotar con otro cultivo que permita controlar mejor las malezas.

Maíz en la etapa V8 con un control de maleza bueno, regular y deficiente, y sin ningún control. Si posteriormente no se efectuara una deshierba, los rendimientos respectivos serían aproximadamente de 100, 75, 25 y 8% del potencial. Cuando no ha habido ningún control, aunque se combatieran las malezas desde esta etapa en adelante, el cultivo ya habría sufrido un daño irreversible (observar el tamaño reducido de las plantas y la senescencia precoz de las hojas).



Buen control de maleza. Rendimiento = 100%.



Control regular de maleza. Rendimiento = 75%.



Control deficiente de maleza. Rendimiento = 25%.



Ningún control de maleza. Rendimiento = 8%.

Cuadro 8. Malezas comunes que se ha informado que tienen propiedades alelopáticas.

Nombre científico	Nombre común
<i>Abutilon theophrasti</i>	Yute chino
<i>Agropyron repens</i>	Triguillo, grama del norte
<i>Amaranthus</i> sp.	Bledo rojo, quelite
<i>Ambrosia</i> sp.	Amargosa
<i>Avena fatua</i>	Avena loca
<i>Brassica</i> sp.	Mostaza
<i>Chenopodium album</i>	Quelite cenizo
<i>Cynodon dactylon</i>	Zacate grama
<i>Cyperus esculentus</i>	Coquillo amarillo
<i>Cyperus rotundus</i>	Coquillo cebollín
<i>Digitaria sanguinalis</i>	Fresilla
<i>Echinochloa crusgalli</i>	Zacate de agua
<i>Helianthus annuus</i>	Girasol
<i>Imperata cylindrica</i>	Espiguilla, hierba de punta
<i>Poa</i> sp.	Zacate azul
<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga común
<i>Rottboelia exaltata</i>	Caminadora
<i>Setaria faberi</i>	Cola de zorro
<i>Sorghum halepense</i>	Zacate Johnson

Fuentes: S.O. Duke, 1985. *Weed Physiology*, Vol. 1: *Reproduction and Ecophysiology*. CRC Press.

E.L. Rice, 1984. *Allelopathy*. Academic Press, Nueva York.

Cuadro 9. Selectividad de algunos herbicidas importantes usados en sistemas de cultivo basados en el maíz.

Producto químico	Especies controladas	Especies no controladas*
2,4-D	Muchas malezas anuales de hoja ancha. Se pueden usar dosis altas contra <i>Cyperus</i> sp.	Muchas gramíneas anuales y perennes.
Paraquat	La mayoría de las gramíneas anuales y malezas de hoja ancha.	Malezas perennes, también <i>Parthenium hysterophorus</i> .
Dicamba	Muchas malezas anuales de hoja ancha.	La mayoría de las malezas perennes.
Glifosato	La mayoría de las plantas anuales (incluido el maíz) y muchas malezas perennes, como <i>Cyperus</i> , <i>Imperata</i> y <i>Sorghum halepense</i> .	Las especies con tubérculos de almacenamiento subterráneos pueden requerir tratamientos adicionales. Se debe aplicar el producto cuando las malezas están creciendo.

* Cuando el producto se aplica en la dosis recomendada.

Cuadro 9 (continúa)

Producto químico	Especies controladas	Especies no controladas*
Atrazina	La mayoría de las malezas anuales de hoja ancha, algunas gramíneas anuales.	La mayoría de las malezas perennes, muchas gramíneas anuales.
Alaclor	Muchas gramíneas anuales y malezas de hoja ancha.	La mayoría de las malezas perennes.
Metolaclor	La mayoría de las gramíneas anuales, algunas malezas de hoja ancha.	La mayoría de las malezas perennes, muchas malezas de hoja ancha.
Pendimetalina	Muchas gramíneas anuales y malezas de hoja ancha, incluida <i>Rottboelia</i> .	La mayoría de las malezas perennes.

* Cuando el producto se aplica en la dosis recomendada.

Defoliación

Muchos factores pueden causar defoliación (pérdida de hojas verdes) en el maíz. A menudo se pierde superficie foliar a causa del ataque de insectos, daños por viento o granizo, o daños por ganado.

Además, en muchas zonas los agricultores cortan hojas antes de que el cultivo llegue a la madurez para usarlas como forraje. El efecto de la defoliación en el rendimiento de grano depende de la cantidad de hojas perdidas, de cuáles sean las hojas afectadas y del momento en que se produzca la pérdida (Cuadro 10, p. 87).

¿Es un problema la defoliación?

Comprobación: observaciones

¿En qué etapa del crecimiento se produjo la defoliación? Si el cultivo no ha llegado a V4-V5, la defoliación generalmente tiene poco efecto en el rendimiento. Después de la etapa V6, este efecto aumenta cuánto más cerca de la floración ocurra la defoliación, ya sea antes o después.

Estimar la cantidad de hojas perdidas en 5 plantas de 10 sitios diferentes del campo. Si el cultivo no ha llegado a la floración, se observan las 10 hojas superiores. Si el cultivo ya ha llegado a la floración, se observan las hojas que están más arriba de la mazorca. Comparar la cantidad de pérdida de hojas y la etapa de desarrollo con los datos del Cuadro 10, p. 87. Cuando la pérdida de rendimiento que puede esperarse es superior al 5%, la defoliación es un problema.

Nota: Cuando el forraje forma parte importante del sistema de producción de maíz, no debe causar preocupación el hecho de que la eliminación de hojas reduzca en cierta medida el rendimiento. Se elabora un presupuesto para el sistema, incluyendo el valor del forraje y recordando que las hojas verdes suelen ser un alimento de mejor calidad que las hojas secas. El agricultor necesita obtener el mayor beneficio posible del sistema y, en este caso, puede estar dispuesto a perder cierta cantidad de grano para contar con más o mejor forraje.

Causas de la defoliación

En general, las causas de la defoliación no son difíciles de identificar. Preguntar al agricultor lo que provocó la pérdida de hojas. Los daños causados por el granizo, los insectos, las enfermedades y el ganado dejan huellas características.

Posibles soluciones

1. Pérdida causada por insectos: aplicar insecticidas; usar variedades resistentes; cambiar la labranza, la fecha de siembra o la rotación para reducir las poblaciones de insectos.
2. Pérdida provocada por enfermedades: cambiar a una variedad resistente; modificar la fecha de siembra.
3. Pérdida debida a la defoliación por el agricultor: recomendar un cambio en la fecha de eliminación de hojas si es necesario.
4. Pérdida provocada por el granizo: algunas variedades (en especial los maíces para tierras altas) son menos dañadas por el granizo que otras. Cuando el granizo es un problema frecuente, puede ser útil cambiar las variedades o la fecha de siembra.

Cuadro 10. Pérdida porcentual del rendimiento asociada con distintos grados de defoliación producidos en diferentes etapas de crecimiento.

Grado de defoliación	Etapa de crecimiento			
	V6	V12	VT	R2
Se eliminó 33% del área ¹	3	7	22	10
Se eliminó 66% del área ¹	3	23	50	26
Se eliminaron todas las hojas ¹	2	40	92	80
Se eliminaron las hojas debajo de la mazorca ²	-	-	-	2
Plantas cortadas justo arriba de la mazorca ²	-	-	-	45
Se eliminó 54% del área, baja densidad ³	-	-	-	28
Se eliminó 51% del área, alta densidad ³	-	-	-	18
Se eliminó 73% del área, alta densidad ³	-	-	-	37

Fuentes:

¹ C.A. Shapiro, T.A. Peterson y A.D. Flowerday. 1986. Yield loss due to simulated hail damage on corn: a comparison of predicted and actual values. *Agronomy Journal* 78:585-589. (Maíz para zonas templadas.)

² R.F. Soza, A.D. Violic y V. Claire. 1975. Maize forage defoliation. Trabajo presentado en la XXI Reunión del PCCMCA, El Salvador. (Maíz para zonas tropicales.)

³ G.O. Edmeades y H.R. Lafitte. 1993. Defoliation and plant density effects on maize selected for reduced plant height. *Crop Sci.*, en prensa. (Maíz para zonas tropicales; las hojas restantes estaban cerca de la mazorca.)

FACTORES BIÓTICOS*

Plagas del suelo

Los insectos del suelo pueden ser particularmente nocivos para el maíz porque reducen la densidad de población y el maíz no se recupera con facilidad de las densidades bajas. Estos insectos, junto con los nematodos, pueden también afectar las raíces y causar problemas de estrés hídrico o acame.

¿Son un problema los insectos del suelo?

Comprobación: observaciones

1. ¿Es irregular la emergencia de las plantas? Desenterrar las semillas en las partes donde es deficiente la emergencia y usar la Clave 1 (p. 6) para interpretar lo que se encuentra.
2. ¿Están las plantas marchitas aun cuando es adecuada la humedad del suelo? Jalar ligeramente la planta. Los gusanos cortadores o las gallinas ciegas pueden haberla perforado en la base. Desenterrar una planta marchita y examinar las raíces. Buscar dentro de las raíces larvas o partes que hayan sido mordidas. Abrir el tallo a todo lo largo y ver si hay larvas o túneles horadados por éstas.

Otra causa posible (aunque no frecuente) del daño de la raíz son los nematodos. Estos diminutos organismos pueden provocar descoloración y atrofia del sistema radicular, pero para un diagnóstico definitivo se requiere un análisis de laboratorio.

* Esta sección no trata de describir todas las enfermedades y problemas por insectos que pueden afectar el rendimiento del maíz. Los factores que se examinan son aquellos que podrían confundirse con problemas agronómicos, o que podrían corregirse modificando las prácticas agronómicas.

3. Buscar plantas que tengan tallos curvados o estén acamadas de raíz. Jalar ligeramente el tallo; cuando muchas raíces están dañadas, la planta se arranca con facilidad. Desenterrar algunas plantas y ver si las raíces están cortadas o tienen túneles. Cavar el suelo alrededor de las plantas afectadas; a menudo se encuentran gusanos cortadores en el suelo cerca de la planta.
4. Buscar montículos de termitas en los campos en las zonas donde son frecuentes esos insectos. Las termitas cortan las raíces del maíz y pueden provocar acame en la etapa VT o posteriores.

Causas de los problemas por plagas del suelo

1. Alto grado de infestación natural, o gran cantidad de insectos a causa del cultivo constante de maíz.
2. Control de maleza deficiente o mala incorporación de los residuos de cultivos.
3. Las termitas suelen preferir el maíz a otros cultivos.

Datos adicionales requeridos

Excavar alrededor de las plantas afectadas en la mañana temprano. Buscar larvas. Se requiere una prueba de infestación por nematodos. Preguntar al agricultor sobre las rotaciones que suele hacer.

Preguntar al agricultor sobre las poblaciones de malezas durante el período de descanso y sobre la preparación de la tierra. Examinar el campo para detectar malezas persistentes que sirvan como hospedantes de insectos, o residuos en la superficie del suelo.

Ver si los campos de maíz están más afectados que los campos adyacentes sembrados con otros cultivos.

Posibles soluciones

Nota: Todas las soluciones requieren que se identifique correctamente al insecto.
Usar una guía para la identificación de insectos o pedir ayuda a un experto.

1. Tratar la semilla con un producto químico protector o aplicar un insecticida sistémico.
2. Rotar el maíz con otro cultivo para reducir la infestación.
3. Modificar las prácticas de labranza para disminuir las poblaciones de insectos.
4. Sembrar una variedad resistente si se dispone de ella.
5. Cultivar el maíz lejos de los campos infestados por termitas.



Los insectos han perforado el cogollo de esta planta joven. (A. Violic)

Insectos de la superficie

Los barrenadores del tallo, que pueden causar marchitez y macollamiento en las plantas jóvenes y acame en las más viejas, a menudo se asocian con síntomas que se asemejan a los del estrés hídrico. Algunos de los pequeños artrópodos succionadores que atacan las hojas pueden causar un daño similar al de las carencias de nutrimentos. Otros insectos se alimentan de los estigmas, lo cual provoca una polinización deficiente. El principal objetivo de la presente sección es ayudar al agrónomo a reconocer estos problemas.

En esta sección no se consideran los insectos que comen las hojas, ya que el daño que éstos provocan se puede identificar fácilmente y los umbrales de daño económico tendrían que ser determinados para cada región. La sección de esta guía sobre la defoliación da una idea de los umbrales de daño económico por la pérdida de hojas (defoliación, p. 85).

¿Son un problema los insectos de la superficie?

Comprobación: observaciones

1. *Barrenadores del tallo.* ¿Se ven marchitas las plantas jóvenes?

Jalar el cogollo hacia arriba. Cuando los barrenadores del tallo lo han perforado, puede ser arrancado fácilmente del tallo. Las plantas afectadas suelen producir macollos cuando tienen dañado el meristemo. Los barrenadores también producen hileras de perforaciones (como balazos) en las hojas de las plantas jóvenes. Más tarde en el ciclo, buscar pequeñas perforaciones de entrada en el tallo. Si las plantas se acaman, abrir los tallos y buscar túneles hechos por las larvas. Los barrenadores del tallo a menudo causan densidades de población bajas y acame (ver las pp. 33 y 52 para estimar la importancia económica), pero una infestación temprana también puede dejar a las plantas severamente achaparradas y provocar rendimientos bajos.

2. *Artrópodos succionadores que atacan las hojas (arañuelas y trips).* Buscar manchas amarillas o plateadas en las hojas. En zonas áridas, examinar cuidadosamente el envés de las hojas para detectar estos diminutos insectos o sus delicadas telarañas. En zonas húmedas, examinar el haz de las hojas. (Estos insectos rara vez tienen importancia económica; simplemente es útil determinar que la carencia de nutrientes, las enfermedades o el daño químico no son las causas de los síntomas.)

3. *Insectos cortadores de los estigmas.* Examinar el cultivo en la floración. ¿Están los estigmas comidos hasta las brácteas? Visitar el campo al anochecer o temprano en la mañana y buscar gusanos o catarinitas en los estigmas. En la cosecha, ver si es alta la incidencia de mazorcas mal polinizadas. Cuando la formación de granos se ha reducido más del 20% en más del 20% de las plantas, es considerable la pérdida de rendimiento.

Causas de los problemas de insectos

1. El cultivo continuo de maíz permite que aumenten las poblaciones de insectos, en particular cuando no se incorporan los residuos.

2. El ciclo del maíz coincide con el aumento natural de las poblaciones de insectos cada año.

3. El clima seco propicia las plagas de arañuelas.

Datos adicionales requeridos

- Preguntar al agricultor sobre las rotaciones. Observar el manejo de residuos.
- Preguntar al agricultor sobre otros cultivos que sembró ese año y que quizá hayan servido como hospedantes de insectos.
- Revisar los registros meteorológicos.

Posibles soluciones

Nota: Todas las soluciones requieren que se identifique correctamente al insecto.
Usar una guía para la identificación de insectos o pedir ayuda a un experto.

1. Aplicar un insecticida.
2. Rotar el maíz con otro cultivo.
3. Sembrar una variedad resistente si se dispone de ella.
4. Sembrar más temprano en el año para evitar las grandes poblaciones de insectos.
5. Incorporar los residuos inmediatamente después de la cosecha.



Daño por arañuelas. Nótese las manchas amarillas en las hojas.

Enfermedades bacterianas y fúngicas que atacan la plántula*

Muchas enfermedades que atacan las semillas y las plántulas reducen la densidad de población y el vigor de las plantas. Como la densidad de población es crítica para un buen rendimiento de maíz, es preciso identificar y controlar esas enfermedades. En muchos casos, es posible reducir sus efectos modificando las prácticas agronómicas. Por ejemplo, algunas enfermedades que no son importantes cuando las condiciones de siembra son buenas pueden volverse mortales si se siembra cuando las temperaturas del suelo son bajas (<15 °C).

Las pudriciones del tallo pueden matar las plantas si atacan temprano en el ciclo y disminuyen la densidad de población. Más tarde, las pudriciones del tallo causan acame.

Los tizones foliares provocan una reducción de la superficie foliar que realiza la fotosíntesis. Sus efectos iniciales suelen ser similares a los de la defoliación, aunque más tarde puede ser importante la producción de toxinas. Los tizones foliares se asemejan a la carencia de nutrimentos en las fases muy tempranas de la enfermedad, pero más tarde generalmente pueden ser identificados usando una guía de enfermedades.

¿Son un problema las enfermedades?

Comprobación: mediciones

Estimar la densidad de población alrededor de la floración (p. 52).
¿Es apropiada la densidad para la variedad?

* Enfermedades de las semillas en germinación y de las plántulas, tizones foliares y pudriciones del tallo.

Comprobación: cálculos

Preguntar al agricultor cuánta semilla sembró. Dividir el número de plantas por el número de semillas para obtener el porcentaje de supervivencia. Si la semilla es buena (una germinación superior al 90%), se puede esperar una supervivencia de aproximadamente el 80% en la floración. (Cabe recordar que los insectos del suelo y el estrés hídrico también pueden reducir la supervivencia.)

Comprobación: observaciones

1. Antes de la etapa V4. Examinar el campo para detectar partes donde es deficiente la emergencia. Desenterrar las semillas. ¿Están hinchadas con agua, pero podridas o negras? Este es un signo de enfermedad. La importancia económica depende básicamente del grado de disminución de la densidad de población.
2. Antes de la etapa V8. Buscar plantas que se vean marchitas a pesar de que la humedad del suelo es adecuada, o que se tornan de color café y mueren. Arrancar las plantas y abrirlas a lo largo del tallo. Buscar manchas café o partes que parezcan empapadas. Estos signos indican pudrición del tallo. La importancia económica depende básicamente del grado de disminución de la densidad de población.
3. Cerca de la madurez. Contar las plantas acamadas de tallo (p. 33). Si hay muchas, abrir algunos tallos y ver si los tejidos tienen un color café o están desgarrados. La importancia económica depende básicamente del grado de acame, pero, si la enfermedad atacó la planta a comienzos del ciclo, también puede haber un considerable efecto directo en el rendimiento. ¿Se ha perdido mucha superficie foliar arriba de la mazorca a causa de los tizones foliares? La superficie afectada se puede relacionar con las pérdidas, como en el caso de la defoliación, para efectuar una estimación del daño mínimo que se puede esperar.

Causas de las enfermedades de las plantas

1. Se sembró a demasiada profundidad, o con clima frío y sin fungicida.
2. La variedad es susceptible a enfermedades importantes en la zona.
3. Hay en la zona un hospedante alternativo de la enfermedad.

Datos adicionales requeridos

Verificar la profundidad de siembra y examinar los registros de temperatura.

Preguntar al agricultor qué variedad sembró. Preguntar si otras variedades son menos afectadas.

Buscar otras plantas (o residuos) que puedan servir como cohospedantes de la enfermedad.

Posibles soluciones

Nota: Todas las soluciones requieren que se identifique exactamente la enfermedad. Consultar a un patólogo o una guía de enfermedades si no se está seguro.

1. Aplicar un fungicida como tratamiento de la semilla para combatir las enfermedades de la semilla y la plántula; sembrar semilla de buena calidad.
2. Sembrar una variedad que sea resistente a la enfermedad en cuestión. Existe una considerable variación genética para la resistencia a la mayoría de las enfermedades importantes del maíz.
3. Cambiar la fecha de siembra o la rotación.



La pudrición del tallo fue una importante causa de la pérdida de plantas en este campo.



Un extenso tizón foliar ha defoliado la mayoría de las plantas a la izquierda, provocando que el llenado de grano termine antes de tiempo. (J. Mihm)

Enfermedades virales

Las enfermedades virales son las causadas por organismos del tipo de los micoplasmas y frecuentemente provocan síntomas semejantes a las carencias de nutrimentos. En el Cuadro 11, p. 99, aparecen las enfermedades más frecuentes junto con los problemas causados por nutrimentos con los que podrían ser confundidas. Muchas de estas enfermedades son propagadas por un insecto vector. Los síntomas pueden aparecer sólo en las hojas superiores o en toda la planta, según el momento en que se haya producido la infección.

Para distinguir las enfermedades virales de los problemas por nutrimentos, plantearse las siguientes preguntas:

1. ¿Se encuentran las plantas afectadas en áreas donde la mayoría de las plantas presentan síntomas, o están dispersas por todo el campo? La enfermedad generalmente afecta plantas dispersas, aunque éstas pueden concentrarse a lo largo del borde del campo, por donde ingresó el vector. Las carencias de minerales suelen afectar a todas las plantas de una parte del campo. Buscar hojas moteadas o con manchas en mosaico, características de algunas enfermedades virales. En general, el rayado provocado por una enfermedad se concentrará en las venas, mientras que las rayas cloróticas causadas por carencias de nutrimentos a menudo se encuentran entre las venas.
2. ¿Ha sido afectado el desarrollo de la planta? Las enfermedades virales, cuando atacan a comienzos del ciclo, con frecuencia provocan el achaparramiento de las plantas, que presentan hojas distorsionadas y mazorcas no desarrolladas. Las carencias minerales pueden afectar el crecimiento, pero el desarrollo de la planta suele ser bastante normal.

El control de las enfermedades virales en general se basa en la siembra de variedades resistentes, el control de insectos vectores y/o la eliminación de los hospedantes alternativos de la enfermedad.

Cuadro 11. Enfermedades causadas por virus u organismos del tipo de los micoplasmas, que podrían ser confundidas con carencias de nutrimentos.

Enfermedad	Síntomas	Carencia de minerales con síntomas similares
Rayado fino, achaparramiento del maíz	Rayas blancas angostas	Mg, Fe, S (hojas jóvenes)
Rayado	Rayas blancas	Zn especialmente en la base de hojas jóvenes
Enanismo arbustivo del maíz	Bordes foliares rojizos	P

Características genéticas

Algunas características genéticas (mutaciones) se parecen a las carencias de minerales, las enfermedades virales o los daños químicos. Generalmente, son pocas las plantas que muestran estas características y no se concentran en áreas definidas del campo.

Pájaros y roedores

Los pájaros y los roedores reducen la densidad de población porque suelen comerse las semillas o las plantas, en particular a comienzos del ciclo. Más tarde en el ciclo, también pueden dañar el maíz al comerse el grano de las mazorcas maduras. Los roedores llegan a ser un problema más grave si las plantas se han acamado, dejando las mazorcas a su alcance.

¿Es un problema el daño causado por pájaros o roedores?

Comprobación: mediciones

¿Es baja la densidad de población (p. 52)?

Comprobación: observaciones

1. Antes de la etapa V4. Buscar partes donde hayan sido desenterradas las semillas. A menudo los pájaros arrancan la planta joven y se comen lo que queda de la semilla. Buscar huellas o excremento de pájaros o roedores en las partes donde es deficiente la emergencia. El daño suele presentarse en áreas definidas o en los bordes del campo, donde los arbustos o los árboles proporcionan un hábitat a estos animales. La importancia económica de este daño depende de cuánto afecta la densidad de población.
2. Alrededor de la madurez. Examinar las puntas de las mazorcas en distintas partes del campo. ¿Están mordidas o desgarradas las brácteas? Estimar cuánto grano se perdió. Cuando más del 20% de las mazorcas están dañadas en más del 25%, la reducción del rendimiento es superior al 5% y el problema puede tener importancia económica. Aun cuando el daño sea menor a éste, el problema puede causar pérdidas económicas porque permite que los insectos y las enfermedades invadan las mazorcas.

Causas del daño provocado por pájaros y roedores

1. Se sembró a muy poca profundidad, o no se afirmó el suelo sobre la semilla.
2. Cobertura deficiente de mazorca y el grano fue fácilmente atacado por los pájaros.
3. Acame, que permitió que los roedores alcanzaran las mazorcas.
4. Se sembró el maíz fuera de temporada, o se sembró una variedad muy precoz que fue la única fuente de alimento para los pájaros y roedores en la zona.

Datos adicionales requeridos

- Desenterrar la semilla y medir la profundidad de siembra. Preguntar al agricultor qué método de siembra usó.
- Examinar la cobertura de mazorca.
- Contar las plantas acamadas.
- Observar la madurez del cultivo y compararla con la de otro maíz en la zona. Ver si hay daños en los campos sembrados tardíamente.

Posibles soluciones

1. Cambiar el método de siembra.
2. Aplicar un repelente para pájaros a la semilla.
3. Poner veneno en las madrigueras cercanas al campo.
4. Sembrar una variedad con mejor cobertura de mazorca.
5. Doblar el maíz (abajo de la mazorca, después de la etapa R5) para limitar el daño causado por pájaros.
6. Sembrar variedades de madurez similar para la región.
7. Emplear un pajarero (hombre que espanta los pájaros).

SECCIÓN 4. PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN Y CÁLCULOS

COMPROBACIÓN DE LA VIABILIDAD DE LA SEMILLA

El deficiente establecimiento de las plantas (poblaciones escasas) con frecuencia es el resultado de sembrar semilla de mala calidad. Las principales causas de la mala calidad son el almacenamiento en condiciones de humedad relativa y/o temperatura alta, y el daño por insectos o el secado excesivamente rápido. Algunas normas generales* sobre las condiciones de almacenamiento del maíz son:

1. Por cada 5 °C de aumento en la temperatura de almacenamiento por arriba de 50 °C, se reduce a la mitad la vida de la semilla.
2. La humedad relativa del lugar de almacenamiento debe ser inferior al 65%. A temperaturas entre 6 y 30 °C, el maíz debe tener un contenido estable de humedad del 12%. Si la humedad relativa del lugar de almacenamiento se eleva al 80%, el grano absorberá vapor de agua del aire y su humedad aumentará al 15%. A ese nivel de humedad, los hongos pueden atacar la semilla y reducir su viabilidad.
3. La temperatura de almacenamiento y la humedad relativa están relacionadas: si la suma de la temperatura (en °C) y la humedad relativa (en porcentaje) es 80, la semilla comenzará a deteriorarse después de 1 a 5 meses. Si la suma es 70, se puede almacenar sin riesgo la semilla durante 18 meses.

* Fuente: Rules for testing seeds. Association of Official Seed Analysts. *Journal of Seed Technology* 6:30-35, 1981.

4. La calidad de la semilla puede disminuir si ésta no se seca con cuidado, en especial si presentó un alto contenido de humedad en la cosecha. Nunca se debe secar la semilla de maíz con aire cuya temperatura supere los 45 °C. Si la humedad de la semilla sobrepasa el 25%, el secado debe ser lento (con aire cuya temperatura no sea más de 10 °C superior a la temperatura ambiente) para evitar que ésta se agriete.

Otra causa de la mala calidad de la semilla son las enfermedades que atacan el grano en el campo antes de la cosecha o mientras está almacenado. Las principales enfermedades que afectan la viabilidad de la semilla son las pudriciones de mazorca y de grano.

Prueba de la viabilidad de la semilla (pruebas de germinación)

1. Obtener una muestra de semilla del agricultor cerca del momento de la siembra, es decir, no inmediatamente después de la cosecha. Preguntar al agricultor durante cuánto tiempo almacena su semilla y examinar el lugar de almacenamiento. Esto ayudará a interpretar los resultados de la prueba de germinación. Preguntar al agricultor si selecciona sólo las semillas buenas, o si siembra sin desechar las dañadas. Esta información permitirá escoger semilla para la prueba de germinación que sea similar a la que siembra el agricultor.
2. Se deben obtener unas 500 semillas. Si el grano ya ha sido separado de la mazorca, se introduce una mano con los dedos estirados bien adentro de la bolsa o pila; cerrar los dedos para sacar la muestra. Se toman muestras de cinco lugares diferentes en la bolsa o pila (especialmente del centro). Si el maíz todavía está en las mazorcas, se recogen por lo menos 10 mazorcas de distintos sitios de la pila y se toma el grano de la parte central de cada mazorca.

3. Examinar las semillas para detectar insectos, perforaciones, grietas u otro tipo de daño. Si el agricultor siembra sólo semilla buena, se debe usar únicamente semilla buena para la prueba.
4. Contar 400 semillas y separarlas en grupos de 50. Tomar una toalla de papel y humedecerla de tal modo que esté mojada pero que no caigan gotas al sacudirla. Colocar las semillas sobre la toalla de papel en línea recta a lo largo del medio, sin que se toquen entre sí. Plegar el papel sobre las semillas y luego enrollarlo sin apretar. Colocar las ocho muestras de 50 semillas cada una en una bolsa de plástico abierta con los rollos dispuestos en forma vertical, en un lugar donde la temperatura permanezca entre 20 y 30 °C. Verificar diariamente que las toallas de papel no se sequen.

También se puede usar una fuente con arena húmeda para la prueba. Separar las 400 semillas en muestras de 50 semillas cada una y sembrarlas a unos 2 cm de profundidad; asegurarse de que la arena no se seque.

5. Después de cuatro días, contar el número de semillas germinadas en cada toalla o en la fuente con arena. Se deben contar sólo las plántulas normales, es decir, las que tienen raíces y vástagos. Se hace un segundo recuento en el día 6 y el último, en el día 7. El porcentaje de germinación equivale a la cantidad total de plántulas normales multiplicada por 0.25 (ya que se utilizaron 400 semillas).

6. Hay que recordar que la tasa de emergencia en el campo no será tan alta como la de germinación, ya que el vigor también es importante para que la plántula emerja. Para estimar el porcentaje de emergencia en el campo, comparar con la Figura 3 el porcentaje de germinación que se obtuvo; cabe recordar que el encostramiento, la profundidad de siembra, etc., también influirán en la tasa final de emergencia. Para tener una idea de la tasa de emergencia en el campo, sembrar semillas en una caja pequeña con tierra del lugar, a la profundidad que usan los agricultores.

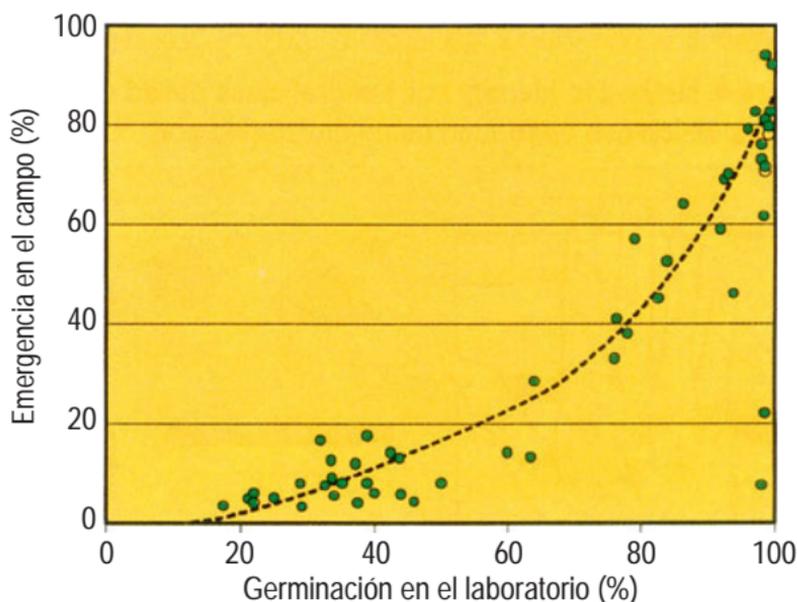


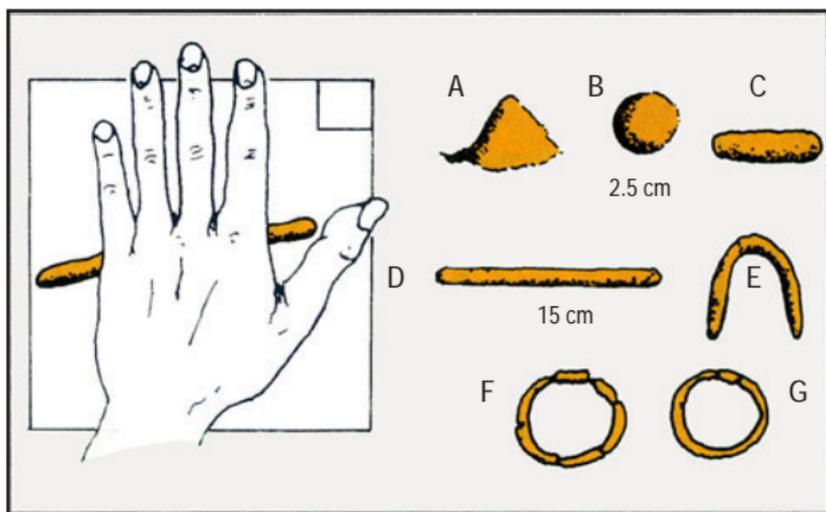
Figura 3. Ejemplo de la relación entre la germinación en el laboratorio y la emergencia del maíz en el campo. Cada punto representa uno de 60 lotes de semilla.

Tomado de David A. Priestly: *Seed Aging: Implications for Seed Storage and Persistence in the Soil*. Copyright 1986 por la Universidad de Cornell. Usado con la autorización de la editorial, Cornell University Press.

IDENTIFICACIÓN DE LA TEXTURA DEL SUELO

La textura del suelo influye en el movimiento del agua y los nutrientes a través del perfil y también afecta el crecimiento de las raíces. Es posible determinar la textura del suelo en el campo ya sea moldeando distintas formas con tierra humedecida (Figura 4) o mediante el tacto (Figura 5). La textura afecta la capacidad de retención de agua: un suelo arcilloso puede almacenar unos 200 mm de agua por metro, uno franco retendrá unos 160 mm por metro, y uno arenoso puede almacenar alrededor de 60 mm por metro.

Figura 4. Método para identificar la textura del suelo, basado en la forma que se puede moldear usando tierra humedecida.



Colocar aproximadamente 1 cucharada de tierra fina y seca en la palma de la mano. Dejar caer lentamente unas gotas de agua sobre la tierra hasta que empieza a pegarse en la mano. Luego formar una bola de unos 2.5 cm de diámetro. La medida en que la tierra húmeda se puede moldear indica su textura.

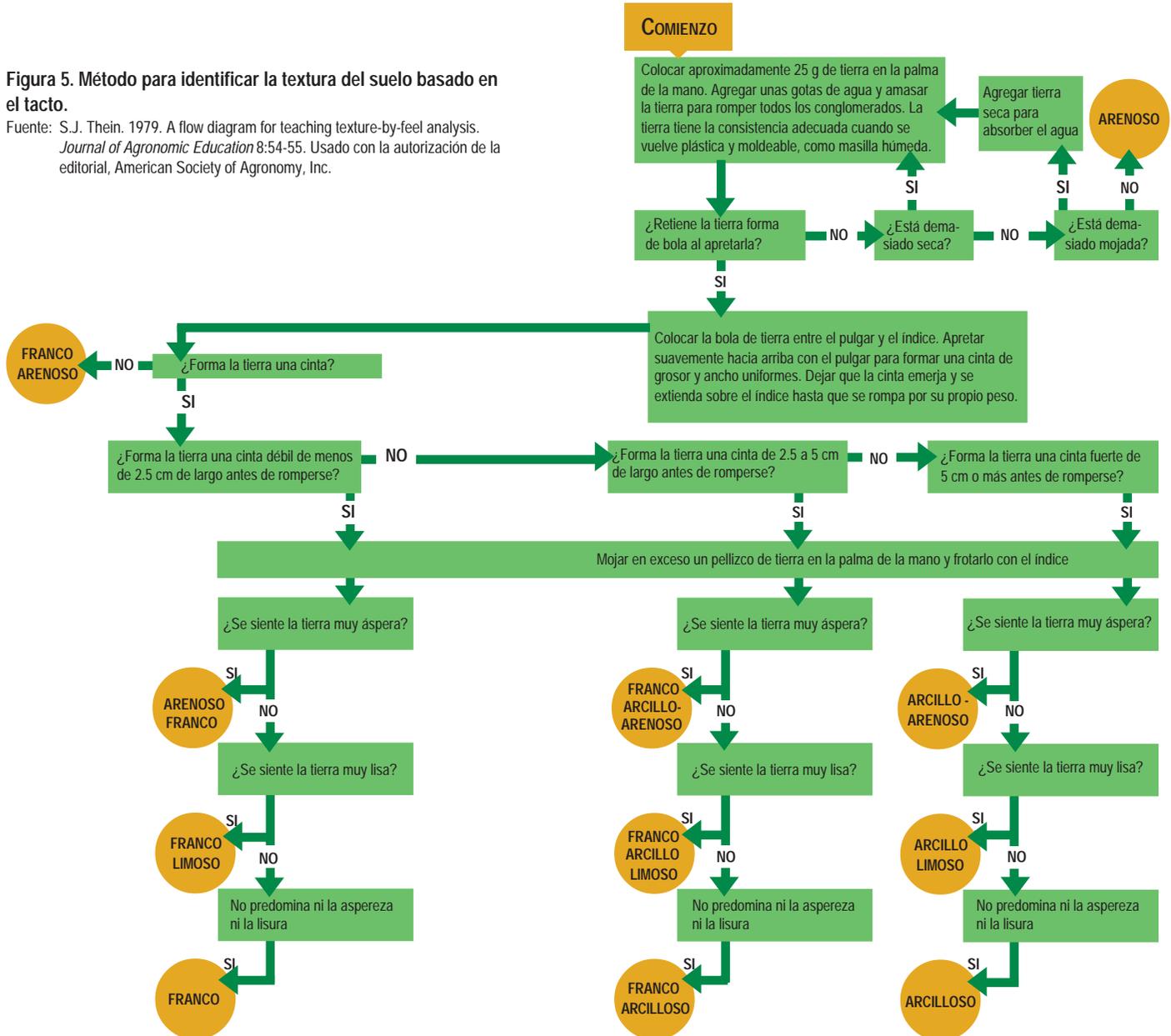
Fuente: *Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 1985. Elsevier Science Publishers. Países Bajos.

Tipo de textura:

- (A) Arenoso. La tierra permanece suelta y con granos separados; sólo se puede amontonar en una pirámide.
- (B) Franco arenoso. La tierra contiene suficiente limo y arcilla para tener cierta cohesión; se puede moldear para formar una bola que se desmorona fácilmente.
- (C) Franco limoso. Lo mismo que el franco arenoso, pero se puede moldear la tierra rodándola con la mano para formar un cilindro grueso y corto.
- (D) Franco. Cantidades casi iguales de arena, limo y arcilla, hacen que la tierra se pueda rodar con la mano para formar un cilindro de 15 cm de largo, que se quiebra al doblarlo.
- (E) Franco arcilloso. Igual que el suelo franco, aunque el cilindro se puede doblar en U (pero no más allá) sin que se rompa.
- (F) Arcilloso ligero. Se puede moldear la tierra en un anillo que se agrieta.
- (G) Arcilloso pesado. Se puede formar un círculo con la tierra sin que se agriete.

Figura 5. Método para identificar la textura del suelo basado en el tacto.

Fuente: S.J. Thein. 1979. A flow diagram for teaching texture-by-feel analysis. *Journal of Agronomic Education* 8:54-55. Usado con la autorización de la editorial, American Society of Agronomy, Inc.



ESTIMACIÓN DE LA HUMEDAD DISPONIBLE EN EL SUELO

Una vez establecida la textura del suelo, se puede usar este cuadro para estimar la humedad disponible. Observar que la cantidad de humedad disponible (mm) a la capacidad de campo se expresa por metro de suelo. Si la profundidad de enraizamiento es inferior a 1 m, se reduce proporcionalmente la cantidad de humedad disponible.

MEDICIÓN DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO

El sistema radical de una planta de maíz madura en general se extiende a una profundidad de más de un metro. No obstante, cuando existe una barrera en el suelo, las raíces no pueden extenderse y el cultivo padecerá carencia de agua en el limitado volumen de suelo. Una medición de la profundidad efectiva del suelo puede alertar al científico acerca de posibles problemas en la producción.

Para medir la profundidad del suelo

Se utiliza una pala, aunque también se puede usar un barreno para suelo, pero con éste el usuario puede no detectar los horizontes endurecidos si no está familiarizado con los suelos de la zona. Además, el barreno a menudo choca con piedras en suelos rocosos, lo cual da la impresión de que el suelo es menos profundo de lo que en realidad es.

Cuadro 12. Guía del contenido de humedad del suelo.

Textura				
	Gruesa (arenoso, franco arenoso)	Moderadamente gruesa (arenoso o franco limoso)	Mediana (franco, franco arcilloso, franco arcillo- limoso, arcillo- arenoso)	Fina (arcilloso, arcillo limoso o arcilloso ligero)
A la capacidad de campo, contiene:	60-100	100-150	150-200	200-250
		(mm de humedad disponible por metro de suelo)		
Contenido de humedad del suelo				
Más que la capacidad de campo.	Aparece agua cuando se hace rebotar la tierra en la mano.	Se escurre agua cuando se amasa la tierra.	Al apretar la tierra, sale agua.	Se forman charcos y hay agua en la superficie.
Capacidad de campo.	Al apretar la tierra, no aparece agua pero queda marcado en la mano el contorno húmedo de la bola.			
75-100% de humedad disponible.	Tiende a mantenerse ligeramente unida, a veces forma una bola débil al presionarla.	Forma una bola débil que se rompe fácilmente; no se alisa.	Forma una bola y es muy dúctil; se alisa fácilmente si tiene una cantidad relativamente alta de arcilla.	Forma fácilmente una cinta entre los dedos, es lisa al tacto.
50-75% de humedad disponible.	Parece seca, no forma una bola al presionarla.	Tiende a formar una bola al presionarla, pero rara vez se mantiene unida.	Forma una bola; algo plástica, a veces se alisa ligeramente con la presión.	Forma una bola; forma una cinta al apretarla entre el pulgar y el índice.
25-50% de humedad disponible.	Parece seca. No forma una bola con la presión.	Parece seca. No forma una bola con la presión.	Se desmorona un poco, pero forma una bola.	Algo moldeable. Forma una bola con la presión.
0-15% humedad disponible.	Seca, con granos sueltos. Se escapa entre los dedos.	Seca, suelta. Se escapa entre los dedos.	Polvorienta, seca, a veces con encostramiento ligero, pero éste rápidamente se convierte en polvo.	Se ve húmeda, pero no forma bien una bola.

Fuente: Irrigation Practice and Water Management 1 Rev. 1, FAO, 1984.

En general, se tendrá que verificar la profundidad del suelo en dos o tres lugares del campo. Un solo lugar puede ser adecuado cuando el cultivo se ve uniforme y está en una zona llana. Si el cultivo se ve diferente en distintas partes del campo, tendrá que medirse la profundidad del suelo en cada parte.

Escoger un área donde las plantas se vean uniformes y comenzar a cavar. Es mejor si el suelo está cerca de la capacidad de campo ya que, de otro modo, puede ser muy difícil cavar. Cavar hasta chocar con alguna barrera que las raíces no puedan penetrar. Puede tratarse de un pie de arado, un horizonte endurecido, uno rocoso, uno de arcilla impermeable, un subsuelo ácido, un manto freático o, en zonas irrigadas, un horizonte salino. Si no se está seguro de que lo se ha encontrado es una barrera, examinar las raíces del cultivo para ver si penetran esa parte. Raspar la pared del hoyo con una navaja a menudo ayuda a detectar un horizonte compactado. Registrar esa profundidad.

En el caso del maíz, comúnmente no es necesario medir una profundidad mayor de un metro. Como es difícil cavar hoyos de esta profundidad, se pueden cavar unos 40 cm porque los pies de arado en general se forman arriba de ese nivel. Usar un barrenador para tomar muestras del suelo abajo de ese nivel y tomar varias muestras del fondo del hoyo para evitar errores causados al chocar con rocas. Pueden romperse las muestras en varios lugares para ver si aún hay raíces a distintas profundidades.

Un examen de los cortes de carreteras o las canteras en la zona también puede dar una idea del perfil del suelo, pero esto no sustituye por completo la medición de la profundidad del suelo en el campo porque la profundidad varía dentro de una región.

ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO ANTES DE LA COSECHA

Después de la etapa R4, ha quedado establecida la cantidad final de granos por mazorca. En este momento es posible estimar el rendimiento definitivo. Al medir la densidad de población (p. 52), se abren tres mazorcas de cada punto de muestreo y se cuenta el número de granos por mazorca. Usar la primera, la quinta y la décima planta del surco de medición si esas plantas tienen mazorcas cosechables. Si la planta seleccionada no tiene una mazorca cosechable, avanzar a la próxima planta del surco para efectuar el recuento. Es esencial evitar la selección deliberada de plantas con mazorcas grandes, ya que esto introducirá un sesgo en los resultados. Contar las hileras de granos y el número de granos en una hilera representativa. No se cuentan los granos de la punta cuyo tamaño sea inferior a la mitad de el de los granos del centro de la mazorca. Multiplicar el número de hileras por los granos por hilera para obtener los granos por mazorca. Es necesario suponer un peso final del grano, así que ésta es sólo una estimación del rendimiento. Puede suponerse que hay 3,500 granos/kilo, con una humedad del 15% en el caso de muchas variedades mejoradas. La estimación del rendimiento final en kilogramos por hectárea con una humedad del 15% se efectúa como sigue:

$$\frac{\text{plantas}}{\text{ha}} \times \frac{\text{mazorcas}}{\text{planta}} \times \frac{\text{granos}}{\text{mazorca}} \times \frac{1}{\text{número de granos por kilo}}$$

APÉNDICE: EJEMPLOS DE HOJAS DE DATOS

Diagnóstico en el campo - Hoja de datos 1: De la siembra a V2

Fecha _____

Identificación del campo - Agricultor: _____

Etapa de crecimiento del cultivo: _____

Ubicación: _____

	Punto de muestreo								Prom.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
¿Es buena la emergencia?									
Si no es así, ver si la semilla está germinada, podrida, etc. (p. 11)									

Malezas:

¿Son más grandes o más pequeñas que el cultivo?

Especies presentes

Muestra 1: _____

Muestra 2: _____

Muestra 3: _____

Muestra 4: _____

Muestra 5: _____

Muestra 6: _____

Muestra 7: _____

Muestra 8: _____

Resumen: _____

Características

del suelo: Anotar la profundidad del suelo, la textura, la humedad disponible (si es necesario), el pH, la pendiente, los residuos u otros aspectos en 4 sitios.

Muestra 1: _____

Muestra 3: _____

Muestra 5: _____

Muestra 7: _____

Resumen: _____

Comentarios: Anotar si hay variación pronunciada en el campo, las preguntas que se harán al agricultor, otras observaciones y datos adicionales que hay que reunir.

Diagnóstico en el campo - Hoja de datos 2: De V3 a la cosecha

Fecha _____

Identificación del campo - Agricultor: _____

Etapa de crecimiento del cultivo: _____

Ubicación: _____

	Punto de muestreo								Prom.
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Posturas/5 m									
Plantas/5 m									
Plantas acamadas/5 m									
Después de R2: Mazorcas/5 m									
Después de R4: Granos/mazorca									
Después de R4: Cobertura de mazorca (1 = buena; 5 = deficiente)									

Cálculos:

Plantas/ha = _____ Plantas/postura = _____ Mazorcas/planta = _____ Después de R4: Rendimiento estimado = _____

Cultivo: En cada punto de muestreo, hacer observaciones e incluir la causa probable de los síntomas encontrados.

	¿Hojas enrolladas? ¿marchitas? ¿calientes?	¿Color saludable? ¿senescencia precoz?	¿Plantas achaparradas? ¿dañadas?	Después de VT: % de captación de luz.
Muestra 1:	_____	_____	_____	_____
Muestra 2:	_____	_____	_____	_____
Muestra 3:	_____	_____	_____	_____
Muestra 4:	_____	_____	_____	_____
Muestra 5:	_____	_____	_____	_____
Muestra 6:	_____	_____	_____	_____
Muestra 7:	_____	_____	_____	_____
Muestra 8:	_____	_____	_____	_____
Resumen:	_____			

Comentarios generales

sobre la variedad: Altura media de la planta y de la mazorca, variabilidad, etc.

Malezas: Observar lo siguiente en cada punto de muestreo:

	Tamaño en comparación con el maíz	Especies importantes	% de luz captada por las malezas
Muestra 1:	_____	_____	_____
Muestra 2:	_____	_____	_____
Muestra 3:	_____	_____	_____
Muestra 4:	_____	_____	_____
Muestra 5:	_____	_____	_____
Muestra 6:	_____	_____	_____
Muestra 7:	_____	_____	_____
Muestra 8:	_____	_____	_____
Resumen:	_____	_____	_____

Plagas y enfermedades: Anotar daños significativos por enfermedades, insectos o animales (incluir el % de plantas afectadas, el % de superficie foliar afectada y cuándo se produjo probablemente el daño).

Muestra 1:	_____
Muestra 2:	_____
Muestra 3:	_____
Muestra 4:	_____
Muestra 5:	_____
Muestra 6:	_____
Muestra 7:	_____
Muestra 8:	_____
Resumen:	_____

Características del suelo: Observar la profundidad del suelo, su textura y humedad disponible (si es necesario), el pH, la pendiente, los residuos, u otros comentarios en 14 sitios.

Muestra 1: _____

Muestra 3: _____

Muestra 5: _____

Muestra 7: _____

Resumen: _____

Comentarios: Anotar si hay una variación pronunciada en el campo, las preguntas que se harán al agricultor, otras observaciones y datos adicionales que es necesario reunir.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es una organización internacional, sin fines de lucro, que se dedica a la investigación científica y la capacitación. Tiene su sede en México y lleva a cabo, a nivel mundial, un programa de investigación sobre el maíz, el trigo y el triticale, orientado a mejorar la productividad de los recursos agrícolas en los países en desarrollo. El CIMMYT es uno de los 17 centros internacionales sin fines de lucro que realizan investigaciones agrícolas y capacitación con el apoyo del Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), que a su vez cuenta con el patrocinio de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (Banco Mundial) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). El CGIAR está compuesto por un grupo de 40 donadores, entre los que figuran países, organismos tanto internacionales como regionales y fundaciones privadas.

A través del CGIAR, el CIMMYT recibe fondos para su presupuesto básico de varias fuentes, entre ellas, los organismos de ayuda internacional de Alemania, Australia, Austria, Bélgica, Brasil, Canadá, China, Dinamarca, España, Estados Unidos de América, Filipinas, Finlandia, Francia, India, Italia, Japón, México, Noruega, Países Bajos, Reino Unido y Suiza, así como la Comisión Económica Europea, la Fundación Ford, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Fundación OPEP para el Desarrollo Internacional, el PNUD y el Banco Mundial. Asimismo, fuera del CGIAR, el Centro percibe apoyo económico para proyectos especiales del Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional (IDRC) de Canadá, la Fundación Rockefeller y muchos de los donadores arriba mencionados.

El CIMMYT es el único responsable de esta publicación.

Cita correcta: H.R. Lafitte. 1993. *Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo*. México, D.F.: CIMMYT.

ISBN: 968-6127-96-8

Descriptor AGROVOC: *Zea mays*; agentes nocivos; efectos del medio ambiente; etapas de desarrollo de la planta; diagnóstico; zonas tropicales.

Códigos de categoría AGRIS: F01, H50

Clasificación decimal Dewey: 633.15

Impreso en México.

ISBN: 968-6127-96-8



CIMMYT^{MR}

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO

Apartado Postal 6-641, C.P. 06600, México, D.F., México