

DIAGNOSTICO DE FACTORES QUE LIMITAN
LA PRODUCTIVIDAD DE TRIGO

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40 Apartado Postal 6-641 06600 México, D. F., México

DIAGNOSTICO DE FACTORES QUE LIMITAN

LA PRODUCTIVIDAD DE TRIGO

"PRINCIPIOS DE MANEJO DEL TRIGO"

Prefacio

Este módulo de capacitación forma parte de una serie de "paquetes" didácticos basados en el desempeño que el CIMMYT ha creado para los programas de capacitación en maíz, trigo y economía. Al igual que los otros módulos de la serie, éste incluye un conjunto de ejercicios diseñados para ayudar al estudiante a alcanzar objetivos específicos que fueron identificados y verificados mediante la investigación y que se consideran fundamentales para la aplicación satisfactoria de un programa de investigación encaminado a resolver los problemas del agricultor. Los módulos se pueden utilizar en el adiestramiento de científicos de los programas nacionales de cultivo que están encargados de planear y establecer este tipo de programas.

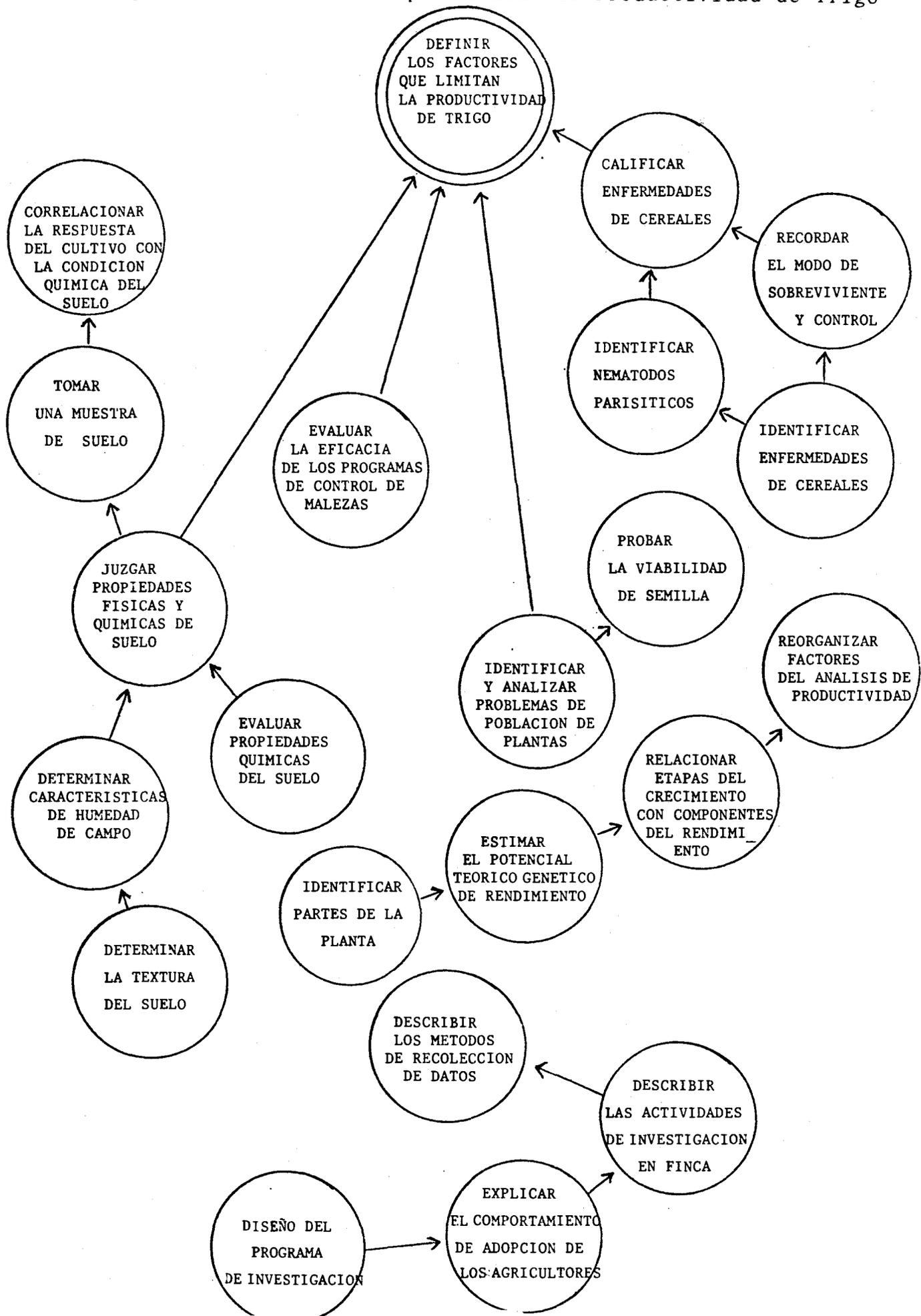
El diseño de este material permite un grado considerable de flexibilidad en la elaboración y realización de cursos basados en el desempeño competente. Se obtendrán mejores resultados si se le permite al estudiante progresar a su propio ritmo, trabajar con otras personas en la medida que lo desee, utilizar los recursos adicionales a su discreción, solicitar la prueba de competencia cuando se sienta preparado para ello y avanzar de acuerdo con su competencia demostrada.

Si bien estos módulos deben emplearse según el ritmo de cada estudiante, no deberán usarse en un ambiente de estudio independiente. En este curso el instructor es una fuente básica de información que enseña cuando se le pide, cuando no hay otro medio de instrucción o cuando se ha diagnosticado un problema que requiere de atención especial. Una de las mayores responsabilidades del instructor es proporcionar los materiales, recursos y actividades adecuados en el momento oportuno. La enseñanza es más eficaz con la presencia y la participación de un instructor experimentado.

E. BRONSON KNAPP
Responsable del desarrollo del curso
Programa de Capacitación
CIMMYT

MAPA DEL CURSO

"Diagnosticando Factores que Limitan la Productividad de Trigo"



DIAGNOSTICO DE FACTORES QUE LIMITAN
LA PRODUCTIVIDAD DE TRIGO

"PRINCIPIOS DE MANEJO DEL TRIGO"

Contenido

<u>Módulos</u>	<u>Página</u>
PMT-1 "IDENTIFICAR PARTES DE LA PLANTA"	1
PMT-2 "ESTIMAR EL POTENCIAL GENETICO TEORICO A PARTIR DE MEDICIONES DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO"	14
PMT-3 "RELACIONAR LA PRODUCCION DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO CON ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL TRIGO	29
PMT-4 "ORGANIZAR LOS FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCTIVIDAD"	62

PRINCIPIOS DE MANEJO DEL TRIGO

INTRODUCCION

La planta de trigo es una "fábrica" compleja que usa los rayos del sol para transformar materias primas tales como agua, elementos nutrientes, dióxido de carbono y oxígeno, en energía. Lo que la planta produce es materia orgánica que contiene, entre otras cosas, carbohidratos, proteínas, minerales y grasas.

La planta de trigo está integrando continuamente numerosos factores genéticos, ambientales y de manejo, que se influyen mutuamente. Desde la germinación hasta la producción de una nueva generación de semilla, el cultivo del trigo pasa por una secuencia ordenada de etapas de desarrollo.

Un cultivo es una comunidad de plantas (incluyendo algunas veces malezas), que están compitiendo constantemente por luz, elementos nutrientes y agua. El rendimiento es la suma de este proceso. Como agrónomo, usted desea una eficiencia máxima de rendimiento (calidad y cantidad) dentro de realidades económicas. Por lo tanto, es importante que sea capaz de diagnosticar los factores que limitan el rendimiento en cada etapa del desarrollo y, si fuere necesario, proponer la acción correctiva.

Esta serie de lecciones sobre los principios del manejo del trigo, está planeada para ayudarle a usted a:

1. Reconocer las partes internas y externas de la planta de trigo.
2. Demostrar el valor y el mérito de la investigación en producción, mediante la estimación del "potencial genético de rendimiento" a partir del "análisis de los componentes del rendimiento."
3. Identificar las fases críticas de la producción de los componentes del rendimiento potencialmente cosechable.
4. Organizar su conocimiento sobre factores limitantes de la producción, para facilitar la identificación, definición y análisis de información (como partes de su estrategia para resolver problemas).

IDENTIFICAR PARTES DE LA PLANTA

IDENTIFICAR PARTES DE LA PLANTA

OBJETIVO:

Dados instrumentos de diseccionar, un microscopio de diseccion y muestras de plantas de trigo en diferentes etapas de crecimiento, o fotografias y dibujos de plantas de trigo, identificar las diversas partes internas y externas.

PRUEBA DE CRITERIO:

Dadas muestras de plantas vivas, fotografias o dibujos de plantas de trigo en diferentes estados de desarrollo, identificar las siguientes partes:

Macollo	Limbo foliar o lámina
Tallo principal	Vaina
Corona	Hoja bandera
nudo	Axila foliar
Raíces coronarias	Coleóptilo
Raíces seminarles	Lígula
	Aurícula

Espiga
Espiguilla
Florequilla
Gluma
Tejido meristemático (o primordio o inicio)
Verticilo (o ápice de crecimiento)

FUENTES ADICIONALES:

Cereal Improvement Guide, PBI Cereal Unit.
Pages 7-12 & 31-45

INTRODUCCION

Para comprender las lecciones que siguen sobre el crecimiento y desarrollo del trigo, es muy importante que usted se familiarice primero con los nombres de las diversas partes; por ejemplo, con la morfología de una planta de trigo. Abajo aparece una lista de algunas de las partes de la planta que es importante que usted sea capaz de identificar:

Macollo	Limbo foliar (o lámina)
Tallo principal	Vaina
Corona	Hoja bandera
Nudo	Axila foliar
Raíces coronarias	Coleóptilo
Raíces seminales	Lígula
	Aurícula

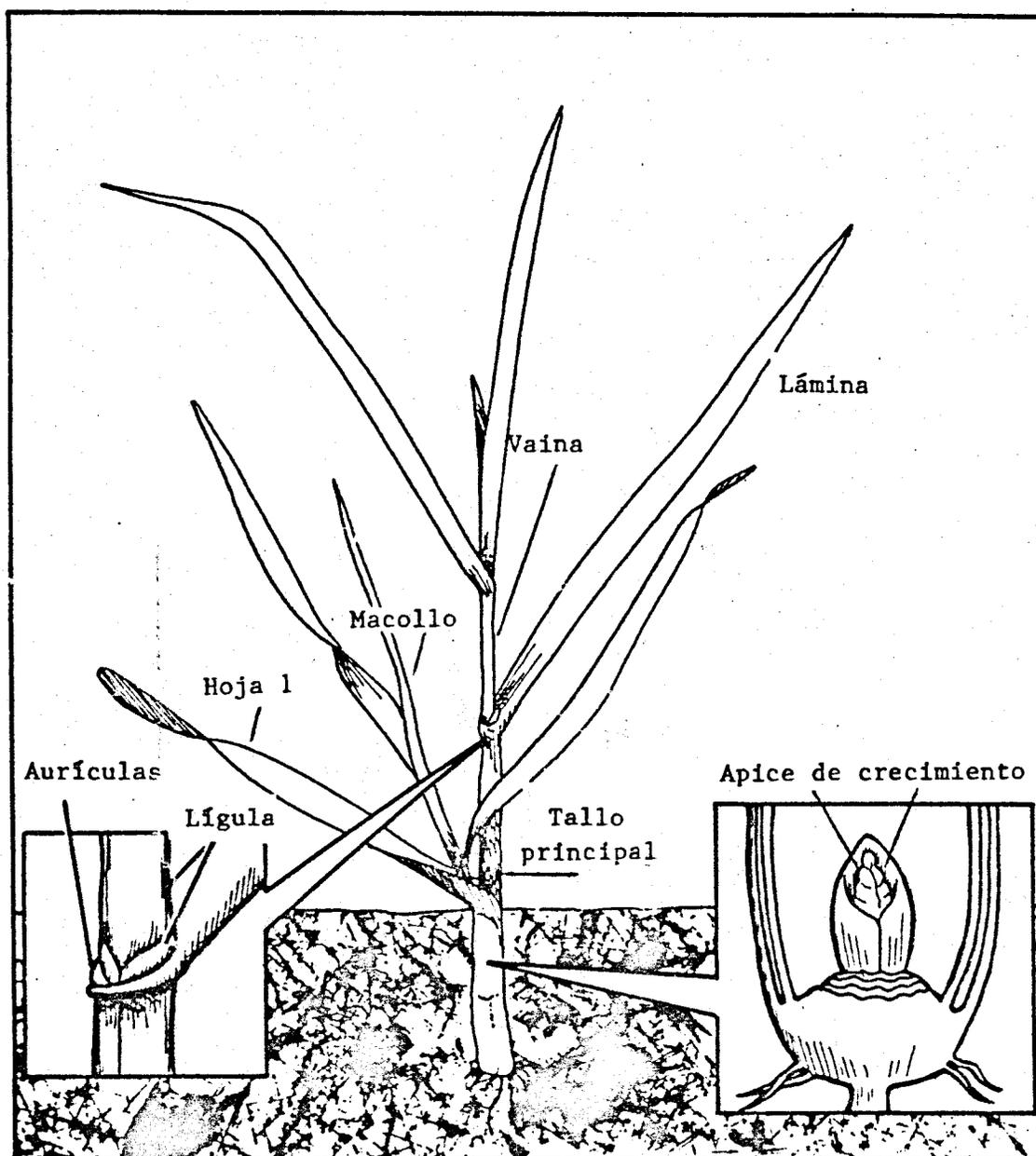
Espiga
Espiguilla
Florequilla
Gluma
Tejido Meristemático (o promordio o inicio)
Verticilo

Su instructor le proporcionará varios medios para que usted se familiarice con las diferentes partes de la planta. Algunas de estas partes pueden ser fácilmente visibles en la planta en crecimiento: partes externas. Algunas están localizadas en el interior de la planta y sólo pueden ser vistas mediante la disección: partes internas. Algunas partes solamente pueden ser vistas en las plantas durante momentos específicos dentro del ciclo del cultivo.

LAS PARTES EXTERNAS DE LA PLANTA

Para empezar a familiarizarse usted mismo con las partes externas de la planta, lea las siguientes figuras (Figura 1 y 2).

FIGURA 1.



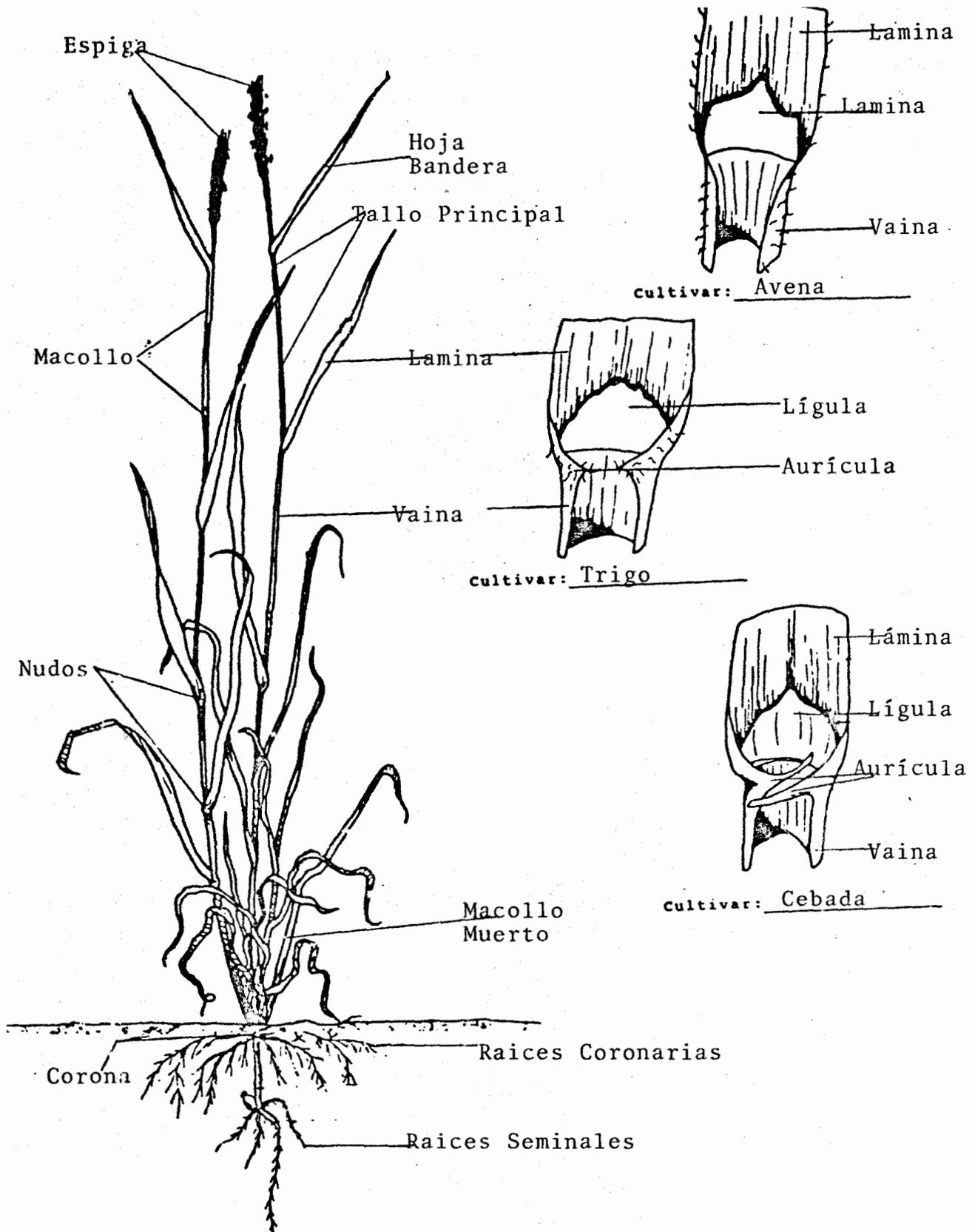


Figure 2. Diagrama de una planta madura de trigo. Este diagrama no fue dibujado a escala.

LAS PARTES INTERNAS DE LA PLANTA

Note en la Figura 1 una flecha rotulada ápice de crecimiento que apunta hacia una área baja del tallo principal. Para ver esta estructura tan pequeña y conocer sus partes, usted tendrá que diseccionar una planta y observar la estructura bajo un microscopio de disección. Para llevar a cabo tal disección, usted contará con las herramientas necesarias.

QUE HACER

Primero, lea las páginas 7 a 11 sobre la técnica de la disección, en la publicación Cereal Development Guide. En el aula de clases usted tendrá disponibles un cierto número de plantas de trigo, en varias etapas de desarrollo. escoja una planta y haciendo uso de las hojas de trabajo que siguen como una guía, anote las observaciones externas requeridas. Cuando haya completado su examen externo, siga las instrucciones de disección y exponga el ápice de crecimiento de la planta. Cuando haya expuesto dicho ápice con buen éxito, mire a la estructura bajo el microscopio y compárela con las fotografías que se encuentran en las páginas 31 a 45 en la Cereal Development Guide. Constate en su hoja de trabajo las partes que usted sea capaz de identificar. Si usted tuviera cualesquiera preguntas o si necesitara ayuda, pregunte a sus amigos o a un instructor.

Pistas:

1. Una hoja completamente expandida es una con una lígula visible.
2. El ápice de crecimiento de una planta de trigo (más tarde la espiga en desarrollo) se encontrará siempre justo arriba del nudo más alto del tallo.

HOJA DE TRABAJO # 1

Maceta # _____

Variedad: _____

Externas

Número de hojas (en el tallo principal) _____
- totalmente expandidas (lígula visible)..... _____
- aún emergiendo..... _____
Número de macollos..... _____
- vivos..... _____
- muertos (o muriendo)..... _____
Número de nudos visibles (en el tallo principal)..... _____
Espiga visible o no. ¿Dónde? _____

Hoja bandera visible o no. _____

Internas

	<u>Visible</u>	<u>No visible</u>	<u>Número</u>
Meristemo apical del tallo principal.			
Espiga.....			
Espiguillas.....			_____
Florecillas.....			_____
Espiguilla terminal.....			

HOJA DE TRABAJO # 2

Maceta # _____

Variedad: _____

Externas

Número de hojas (en el tallo principal) _____
- totalmente expandidas (lígula visible)..... _____
- aún emergiendo..... _____
Número de macollos..... _____
- vivos..... _____
- muertos (o muriendo)..... _____
Número de nudos visibles (en el tallo principal)..... _____
Espiga visible o no. ¿Dónde? _____

Hoja bandera visible o no.

Internas

	<u>Visible</u>	<u>No visible</u>	<u>Número</u>
Meristemo apical del tallo principal.			
Espiga.....			
Espiguillas.....			_____
Floreillas.....			_____
Espiguilla terminal.....			

HOJA DE TRABAJO # 3

Maceta # _____

Variedad: _____

Externas

Número de hojas (en el tallo principal) _____
- totalmente expandidas (lígula visible)..... _____
- aún emergiendo..... _____
- vivos..... _____
- muertos (o muriendo)..... _____
Número de nudos visibles (en el tallo principal) _____
Espiga visible o no. ¿Dónde?

Hoja bandera visible o no.

Internas

	<u>Visible</u>	<u>No visible</u>	<u>Número</u>
Meristemo apical del tallo principal.			
Espiga.....			_____
Espiguillas.....			_____
Floreillas.....			_____
Espiguilla terminal.....			

HOJA DE TRABAJO # 4

Maceta # _____

Variedad: _____

Externas

Número de hojas (en el tallo principal) _____
 - totalmente expandidas (lígula visible)..... _____
 - aún emergiendo..... _____
 Número de macollos..... _____
 - vivos..... _____
 - muertos (o muriendo)..... _____
 Número de nudos visibles (en el tallo principal)..... _____
 Espiga visible o no. ¿Dónde? _____
 Hoja bandera visible o no.

Internas

	<u>Visible</u>	<u>No visible</u>	<u>Número</u>
Meristemo apical del tallo principal.			
Espiga.....			
Espiguillas.....			_____
Florecillas.....			_____
Espiguilla terminal.....			

HOJA DE TRABAJO #5

Maceta # _____

Variedad: _____

Externas

Número de hojas (en el tallo principal) _____
- totalmente expandidas (lígula visible)..... _____
- aún emergiendo..... _____
Número de macollos..... _____
- vivos..... _____
- muertos (o muriendo)..... _____
Número de nudos visibles (en el tallo principal)..... _____
Espiga visible o no. ¿Dónde? _____

Hoja bandera visible o no. _____

Internas

	<u>Visible</u>	<u>No visible</u>	<u>Númerc</u>
Meristemo apical del tallo principal.			
Espiga.....			
Espiguillas.....			_____
Florecillas.....			_____
Espiguilla terminal.....			

QUE HACER:

Si usted ya complementó las cinco hojas de trabajo y cree que ya está listo, pida su prueba de criterio. Se le proporcionarán esquemas con flechas que indican las partes externas e internas de una planta de trigo. Usted deberá identificar las partes de memoria sin consultar ninguna fuente de información.

ESTIMAR EL POTENCIAL GENETICO TEORICO A PARTIR
DE MEDICIONES DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

ESTIMAR EL POTENCIAL GENETICO TEORICO A PARTIR
DE MEDICIONES DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

OBJETIVO:

Estimar el potencial teórico de rendimiento del trigo, a partir de valores observados de los diferentes componentes del rendimiento.

ITEM DE PRUEBA DE UNA MUESTRA:

Espigas/m ²	1,600
Espiguillas/espiga	20
Floreциllas/espiguilla	10
Floreциllas/m ²	320,000
Granos/floreциllas	1
Peso 1000 granos	70 gramos

Rendimiento potencial ???? Kg/ha

FUENTES ADICIONALES:

INTRODUCCION

La medida más común de la productividad agrícola es rendimiento, medido como peso de grano por unidad de área (por ejemplo, toneladas por hectárea). En este módulo usted aprenderá a estimar rendimientos teóricos en trigo. Estimaciones del rendimiento que no consideran productividad del suelo, daño por enfermedades y plagas, manejo mediocre del cultivo, etc.

¿Cuál es el valor de examinar brevemente el potencial teórico de rendimiento del trigo? Es enfatizar el punto de que el potencial genético actual ha sido estimado como de varias veces mayor que los mejores rendimientos de hoy en día. El reto para los investigadores y los agricultores, deberá ser considerado como la preservación de tanto del rendimiento genético potencial como sea posible, dentro de un realismo económico.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO

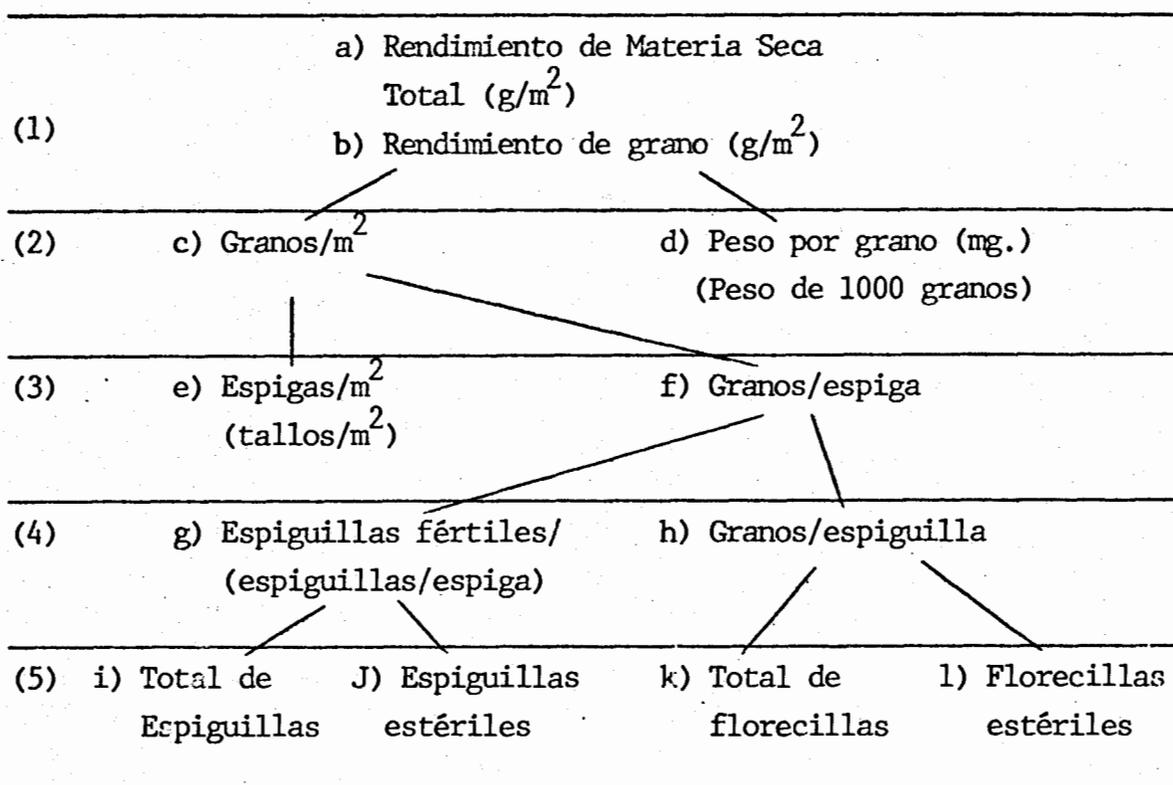
Si usted analiza de cerca el rendimiento del trigo, encontrará que el valor teórico del rendimiento puede ser descrito mediante una relación matemática simple, como sigue (y en la Figura 1):

$$\begin{aligned} \text{RENDIMIENTO (gramos/m}^2\text{)} = & \\ & (\# \text{ plantas/m}^2\text{)} \times (\# \text{ espigas/plantas)} \times (\# \text{ espiguillas/espiga)} \\ & \times (\# \text{ florecillas/espiguilla)} \times (\# \text{ granos/florequilla)}^1 \times (\text{gramos/grano)} \end{aligned}$$

1. Una florecilla fértil tiene grano. Una florecilla estéril no tiene grano.

FIGURA 1.

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO



* Componentes medidos: a, b, d, e, g, h.

* La medición de k y de l es muy difícil y casi nunca se hace. Para esta razón usaremos el término FLORECILLAS FERTILES O GRANOS/FLORECILLA=1

Fórmulas:

1. $b = c \times d$
2. $c = e \times g \times h$
 $= e \times f$
 $= b / (d \times 10)$
3. $f = h \times g$
 $= c / e$
4. $h = f / g$
5. % Índice de cosecha = $b / a \times 100$

Factores de conversión

- 1 kilogramo (kg) = 1000 gramos (g)
- 1 hectárea (ha) = 10,000 metros cuadrados (m²)
- 1 tonelada métrica = 1000 kilogramos (kg)

Aunque es imposible hacer una medición exacta del rendimiento teórico potencial, éste puede ser estimado a partir de valores observados de cada uno de los componentes individuales de rendimiento. Por ejemplo, haciendo uso de los siguientes valores:

# promedio de plantas/m ²	=	250
# promedio de espigas/planta	=	2
# promedio de espiguillas/espiga	=	15
# promedio de florecillas/espiguilla	=	2
# promedio de granos/florequilla	=	1
# promedio de gramos/grano	=	0.04 g

El rendimiento puede estimarse de la manera siguiente:

$$\begin{aligned}\text{RENDIMIENTO (g/m}^2\text{)} &= 250 \times 2 \times 15 \times 2 \times 1 \times 0.04 \\ &= 600 \text{ g/m}^2 \\ &= 6 \text{ toneladas por hectárea (t/ha)}\end{aligned}$$

POTENCIAL DE RENDIMIENTO

La manera más exacta de medir el rendimiento es, obviamente, pesar el grano cosechado por área. Sin embargo, para el propósito de este módulo, a usted se le pedirá que estime el potencial teórico de rendimiento, contando o midiendo el mayor número de componentes del rendimiento iniciados (potenciales) y computando el rendimiento mediante la relación matemática dada antes.

Para comenzar, considere primero los datos siguientes provenientes de parcelas de investigación del CIMMYT en Sonora, México. Las mediciones que siguen, de componentes del rendimiento iniciados (potenciales), fueron observadas y registradas:

Espigas/m ²	1,600
Espiguillas/espiga	20
Floreccillas/espiguilla	10
Floreccillas fértiles/m ²	320,000
(Granos/floreccilla	1)
Peso de 1000 granos	70 gramos*

RENDIMIENTO POTENCIAL. 224,000 kg/ha

* Peso de los 1000 granos más pesados

QUE HACER:

Haciendo uso de las fórmulas que se encuentran en la parte de abajo de la página 18 y de los valores que siguen, calcule el rendimiento teórico. El primer ejemplo ha sido resuelto para usted.

Ejemplo 1.

Espigas/m ²	1,000
Espiguillas/espiga	20
Florecillas/espiguilla	10
Florecillas fértiles/m ²	320,000
(Granos/florequilla	11)
Peso de 1000 granos	70 gramos*

RENDIMIENTO POTENCIAL ?????

Utilizando la fórmula 1 : c x d = b:

$$\frac{\text{Un grano}}{\text{florequilla}} \times \frac{200,000 \text{ florecillas}}{\text{m}^2} \times \frac{50 \text{ gramos}}{1000 \text{ granos}} = \frac{10,000 \text{ gramos}}{\text{m}^2}$$

Como usted se le ha pedido que dé su respuesta en kilogramos por hectárea, debe usar los factores de conversión que aparecen abajo del diagrama en la página 18. El cómputo es como sigue:

$$\frac{10,000 \text{ gramos}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{ kilogramo}}{1000 \text{ gramos}} \times \frac{10,000 \text{ m}^2}{\text{hectárea}} = \frac{100,000 \text{ kilogramos}}{\text{hectárea}} \\ = \text{RENDIMIENTO POTENCIAL}$$

Ejemplo 2.*

Plantas/m ²	250
Espigas/planta	6
Espiguillas/espigas	20
Florecillas/espiguilla	10
Florequilla fértil/m ²	????
(Granos/florequilla	1)
Peso de 1000 granos	50 gramos

RENDIMIENTO POTENCIAL ?????

*(Pista. Usted tendrá que usar más de una fórmula para trabajar este ejemplo.)

Ejemplo 3.

Plantas /m ²	1,300
Espigas/planta	4
Espiguillas/espigas	15
Florecillas/espiguilla	8
Florecillas fértiles/m ²	144,000
(Granos/florequilla	1)
Peso de 1000 granos	40 gramos

RENDIMIENTO POTENCIAL ?????

Ejemplo 4.

Espigas/m ²	1,300
Espiguillas/espigas	20
Florecillas/espiguilla	10
Florecillas fértiles/m ²	?????
(Granos/florequilla	1)
Peso de 1000 granos	50 gramos

RENDIMIENTO POTENCIAL ?????

Respuestas a los Ejercicios, en la página siguiente.....

Respuestas a los Ejercicios

Ejemplo 2.

Haciendo uso de la fórmula 2: $c = e \times g \times h$:

$$c = 300,000 \text{ florecillas/m}^2$$

entonces, si suponemos que todas las florecillas serán fertilizadas y que ninguna abortará:

$$300,000 \text{ florecillas/m}^2 = 300,000 \text{ granos/m}^2$$

usando luego la fórmula 1: $b = c \times d$

El rendimiento potencial teórico = 150,000 kg/ha

Ejemplo 3.

Usando la fórmula 1: $b = c \times d$ y los factores de conversión:

El rendimiento potencial teórico = 57,600 kg/ha

Ejemplo 4.

Rendimiento potencial teórico = 130,000 kg/ha.

Usted debe haber reconocido que los valores que obtuvo para los rendimientos teóricos, fueron extremadamente altos. Hay muchos factores que afectan la capacidad de un cultivo de trigo para producir. ¿Qué pasa, por ejemplo, si los macollos no crecen hasta producir una espiga? ¿Qué pasa si una espiguilla, una florecilla o una médula de grano abortan antes de madurar? La respuesta es que por cada médula de grano que aborta como florecilla o no crece, es reducido el potencial de rendimiento del cultivo. ¿"Cuánto"?, preguntará usted. Para obtener una idea de en cuánto se puede reducir el rendimiento potencial, considere el ejemplo siguiente de las parcelas experimentales del CIMMYT que fueron sembradas en Sonora, México. Las siguientes mediciones de componentes "inciados" y "maduros" del rendimiento fueron registradas:

<u>Potencial (iniciado)</u>		<u>Actual (maduro)</u>	
Espigas/m ²	1,600	Espigas/m ²	450
Espiguillas/espiga	20	Espiguillas con grano/espiga	18
Floreциllas/espiguilla	10(8-13)	Granos/espiguilla	1.5(1.4)
Total de florecillas/m ²	320,000	Total de florecillas/m ²	320,000
(Granos/floreциlla	1)	Floreциllas fértiles/m ²	12,150
Peso de 1000 granos	70 g	Peso de 1000 granos	40g
<hr/>		<hr/>	
RENDIMIENTO POTENCIAL	<u>224,000 kg/ha</u>	RENDIMIENTO ACTUAL	<u>4,860 kg/ha</u>

Note las gran diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento actual. ¿Qué sucedió durante el desarrollo del cultivo, qué limitó el rendimiento tan por debajo del potencial teórico? Más importante aún, ¿hay algo que pueda hacerse al respecto? Estas preguntas serán consideradas en las lecciones siguientes. Por ahora, usted debería estar listo para la prueba de criterio, en la cual se le pedirá que estime un potencial teórico de rendimiento, haciendo uso de valores de componentes del rendimiento que usted mismo observó y registró en el módulo precedente.

RELACIONAR LA PRODUCCION DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
CON ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL TRIGO

RELACIONAR LA PRODUCCION DE COMPONENTES DEL RENDIMIENTO
CON ETAPAS DE CRECIMIENTO DEL TRIGO

OBJETIVO:

Dada una guía diagramática, relacionar los estados de crecimiento observados (o estados de desarrollo de la espiga) de una planta de trigo, con las fases de producción de los componentes del rendimiento, tales como:

- a) Producción de yemas foliares y de macollos
 - b) Producción y aborto de macollos
 - c) Producción de espiguillas
 - d) Producción y aborto de florecillas
 - e) Formación y relleno del grano
- en cualquier campo de trigo

PRUEBA DE CRITERIO:

Haciendo uso de la guía diagramática incluida en esta lección, vaya a un campo de trigo que le indicará su instructor y reconozca e identifique las fases críticas de la producción de los componentes del rendimiento potencialmente cosechable.

FUENTES ADICIONALES:

Fisiología de los Cultivos, Evans, L.T., I.F. Wardlaw,
and R.A. Fischer, Editorial Hemisferio Sur, S.A., Edición 1983,
Capítulo 5, Páginas 113-164.

Crop Physiology and Cereal Breeding, Proceeding of a Eucarpia
Workshop, Wageningen. The Netherlands, 14-16 November 1978.
Chapter on Ear Development: processes and prospects pp. 3-9.

Regional Workshop on Cereal Diseases Methodology, Organized jointly
by: The Royal Government of the Netherlands and CIMMYT, (1983).
pp. 6-12

Cereal Development Guide, PBI Cereal Unit

Decimal Growth Stage Key For Cereals

(Shows the relationship between Feekes' Scale and Zadoks' scale).

Understanding Crop Production, Stoskopf, N.

Chapter 5 on Net Assimilation Rate, pages 193-198 on Plant
Competition.

Transparencias de las Etapas de Crecimiento del Trigo.

INTRODUCCION

La capacidad para estimar el rendimiento midiendo los componentes del mismo, no es ni con mucho tan importante como la capacidad para reconocer en qué punto durante el ciclo del cultivo, es que ocurre el desarrollo de cada componente. Este módulo describirá cómo un cultivo de trigo pasa a través de una secuencia ordenada de fases de desarrollo, desde la siembra hasta la cosecha. Primero, se forman las hojas; luego se inicia la espiga con sus espiguillas; luego con sus florecillas y finalmente después de la antesis y polinización, se forma y crece el grano. Cuando el cultivo madura, el rendimiento de grano es el producto de estos eventos predeterminados del desarrollo, en interacción con el ambiente y el manejo. El número de granos, por ejemplo, que es el factor principal que afecta el rendimiento, depende de cuántos macollos y florecillas son formados y sobreviven hasta formar grano. Como todas las especies de las Gramineas, la única manera segura de identificar los estados del desarrollo en trigo, es mediante el examen del ápice del vástago o de la espiga en desarrollo, en la planta misma y directamente. Su capacidad para reconocer e identificar los estados de desarrollo del trigo, es importante por las siguientes razones:

1. Para programar correctamente las operaciones de manejo del cultivo, tales como aplicaciones de fertilizante, de herbicida, etc., con el objeto de minimizar la pérdida de rendimiento potencial.
2. Para predecir los efectos de las tensiones (stresses) ambientales durante el ciclo del cultivo.
3. Para juzgar qué tan bien "acomoda" una variedad dentro de un ambiente o sistema de cultivo.

CRECIMIENTO CONTRA DESARROLLO

Crecimiento se define como el aumento irreversible en el peso o el volumen de un organismo, un órgano o una célula. Desarrollo es la diferenciación celular en las formas que tienen los órganos nuevos y distintos.

Un ejemplo de crecimiento es el aumento en peso del grano durante el relleno del mismo.

Algunos ejemplos de desarrollo, son el cambio de producción de hojas a la de espiguillas y la diferenciación de las florecillas.

PUNTO CLAVE:

CADA ORGANO DE LA PLANTA, SEA UNA RAIZ, UNA HOJA, UN MACOLLO, UNA ESPIGUILLA, UNA FLORECILLA O UNA MEDULA DE GRANO, SIGUE UN PATRON IDENTICO DE DESARROLLO, QUE ESTA DIVIDIDO EN 4 ETAPAS DISTINTAS: INICIACION, CRECIMIENTO, MADUREZ, SENECTUD.

Por ejemplo, una hoja es iniciada (por el meristemo apical del vástago), crece (aumenta en peso y en volumen), madura y envejece. Un macollo, como otro ejemplo, se inicia (como una yema de macollo), crece, madura para producir una espiga, envejece y muere.

PUNTO CLAVE

PARA CADA COMPONENTE DEL RENDIMIENTO, LA INICIACION Y EL CRECIMIENTO (AUMENTO EN NUMERO O EN PESO) Y EL ABORTO (MERMA EN NUMERO O EN PESO), SUCEDEN EN UNA SECUENCIA ORDENADA Y EN DIFERENTES TIEMPOS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO.

UN ANALISIS MAS PROFUNDO:

En las últimas dos lecciones, usted vio que la única manera segura de identificar los estados de desarrollo de la planta de trigo (Gramineae spp.), es mediante la observación directamente en la planta, del ápice de crecimiento o de la espiga en desarrollo.

En las páginas que siguen aparecen dibujos rotulados que ilustran los estados morfológicos críticos de una planta de trigo en desarrollo y su espiga, hay dos puntos que hay que tener presentes:

1. "Organos vegetativos" incluyen a todas las hojas (lámina y vaina) y los nudos correspondientes a los cuales están unidas las hojas.
2. Con el tiempo (en trigos de primavera tan pronto como a las 2 o 3 semanas), la actividad del crecimiento cambia a la producción y diferenciación de "órganos reproductivos" (las espiguillas y florecillas). Este cambio es denominado iniciación floral y es uno de los eventos principales en la vida de una planta.

Las variaciones alrededor de este patrón básico de desarrollo, ilustradas en esta lección, están explicadas en la publicación de Evans et al., que aparece entre las fuentes adicionales y que está disponible. Sin embargo, antes de que usted considere las variaciones, debe ser capaz de relacionar los diferentes estados de desarrollo de la planta observados, con las fases de producción de los componentes del rendimiento.

Para empezar, lea las 8 páginas siguientes y cualquier parte de la fuente de información que se enlista abajo:

1. Cereal Development Guide

Su instructor tiene también disponibles especímenes de plantas y diapositivas que muestran las etapas de desarrollo.

FIGURA 1.

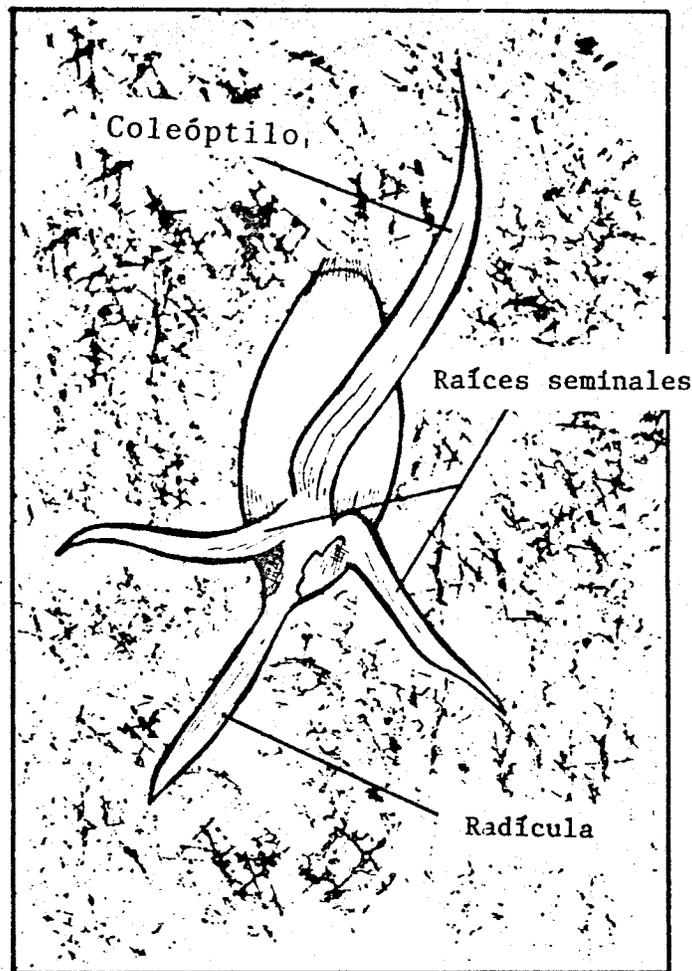
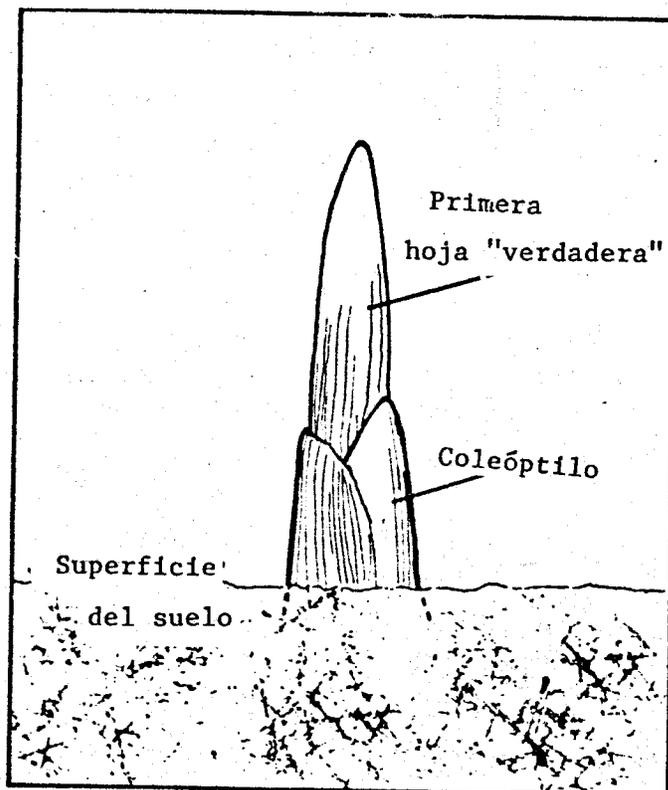


FIGURA 2.



GERMINACION Y EMERGENCIA

A la izquierda hay dos ilustraciones. La Figura 1 muestra la semilla en el proceso de la germinación. El embrión, que está latente dentro de la semilla seca, reanuda su crecimiento cuando se le supe con suficiente agua, oxígeno y una temperatura adecuada. Durante la germinación, el embrión se hincha y rompe el pericarpio. Por esta ruptura es que salen la radícula (raíces) y la plúmula (coleóptilo y verticilo).

La Figura 2. Muestra el coleóptilo de la joven planta, abriéndose paso a través de la superficie del suelo: emergencia.

FIGURA 3.

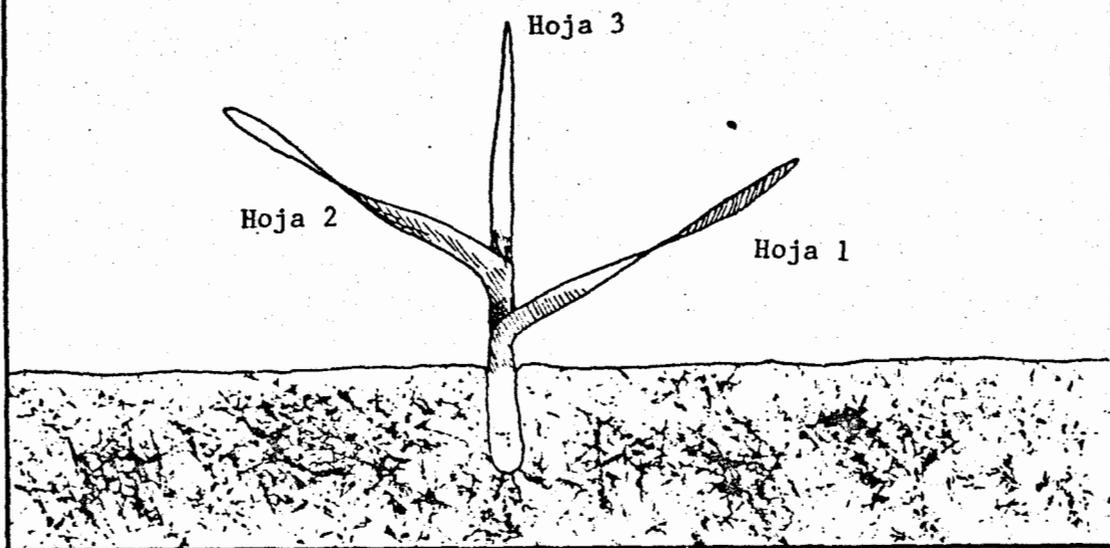
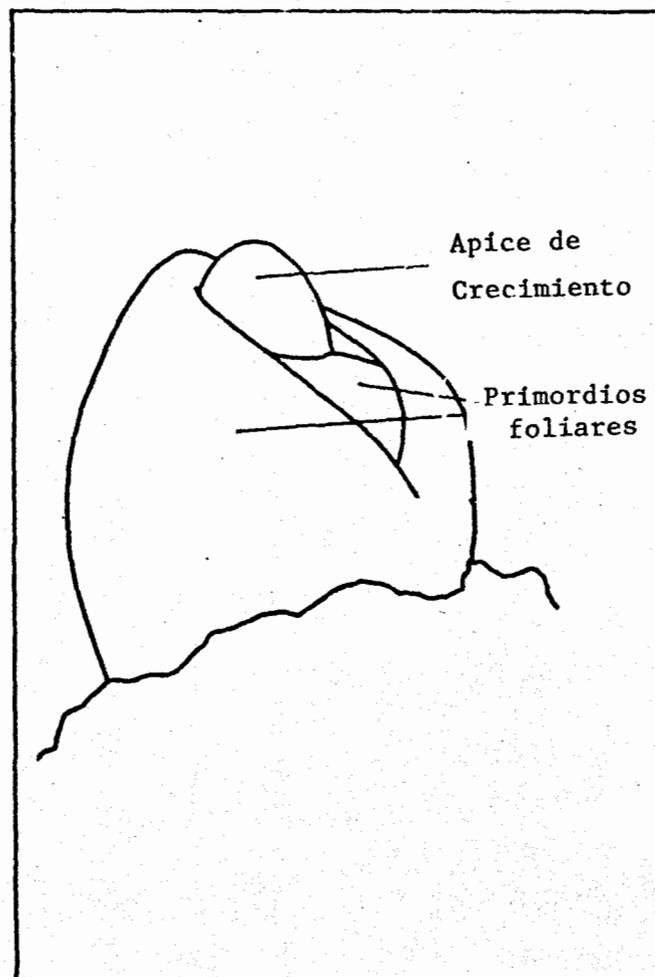


FIGURA 4.



PLANTULA VEGETATIVA

La Figura 3 a la izquierda, muestra una planta con tres hojas visibles. En esta etapa, la primera hoja (1) está totalmente expandida y madura (el coleóptilo ya está envejecido), la segunda hoja (2) apenas se ha expandido y la tercera (3), todavía está emergiendo de la vaina foliar. La cuarta hoja no es aún visible.

La Figura 4, abajo de la ilustración de la plántula, es un dibujo a pluma del ápice o punto de crecimiento de la plántula vegetativa. Para ver el ápice de crecimiento, es necesario disecar la planta en la corona, localizada justo abajo de la superficie del suelo, y examinar la estructura bajo el microscopio. El dibujo muestra esta estructura, conocida también como meristemo apical del tallo, en el proceso de producir inicios foliares alrededor de su borde. Dos primordios foliares están visibles en este caso. Con cada primordio foliar que se inicia, es formada una yema de macollo asociada en la axila de la hoja, pero éstas están ocultas por la joven hoja en desarrollo.

FIGURA 5.

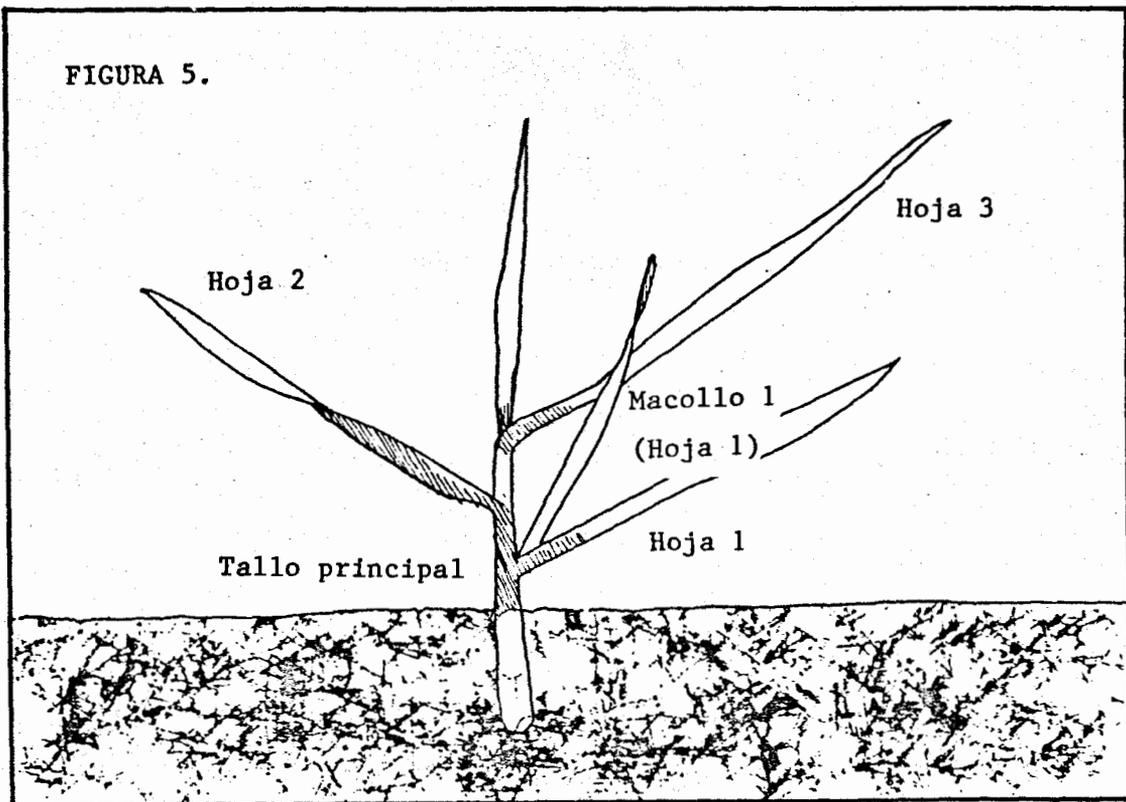
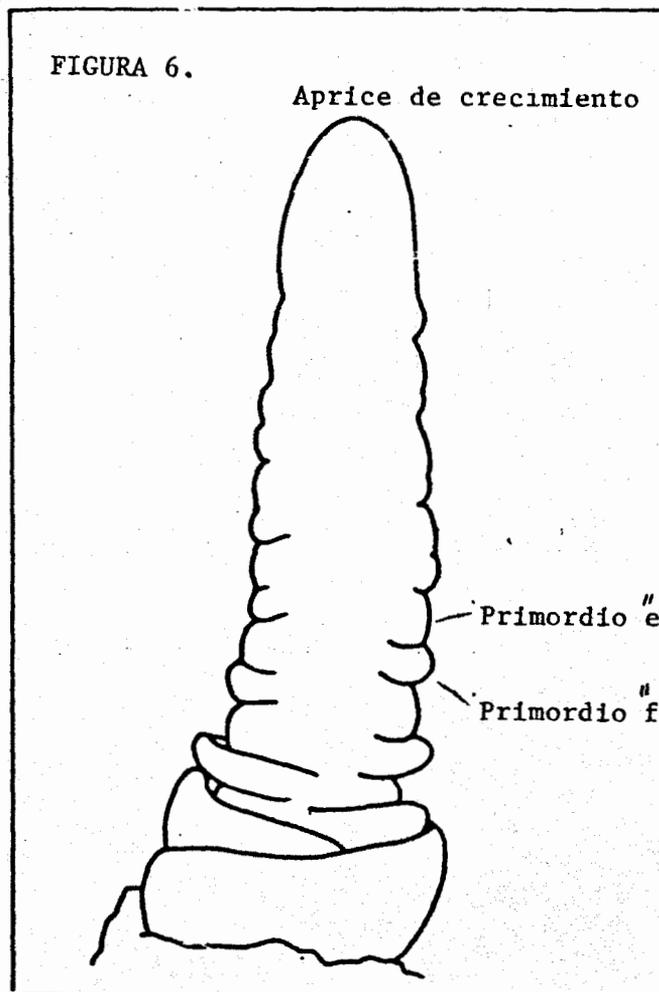


FIGURA 6.



"Cresta
Doble"

INICIACION FLORAL

El tiempo exacto de la iniciación floral, depende del genotipo y de la interacción de la planta con su ambiente (e.g., vernalización y respuestas al fotoperíodo). Puede ocurrir en el estado de 3, 4, 5 o 6 hojas. La figura 5, a la izquierda, representa una planta con cuatro hojas visibles (etapa 3 x 1 hoja): 3 completamente expandida y la cuarta todavía emergiendo. También está visible el primer macollo o hijo.

En la Figura 6, que es un dibujo del ápice de crecimiento durante la iniciación floral, pueden verse los inicios que han sido producidos. Estos inicios, que están siendo producidos muy rápidamente durante esta etapa, aproximadamente 3 veces más ligero que antes, se están apilando. Algunos de estos inicios nuevos no son foliares sino florales y finalmente se desarrollarán formando espiguillas. La primera indicación definitiva de que ha ocurrido la iniciación floral, es cuando el ápice del tallo alcanza la etapa llamada de "cresta doble". En esta etapa los inicios aparecen como protuberancias dobles: crestas en los flancos del ápice. La cresta superior representa un primordio de espiguilla y el inferior uno foliar. No está bien claro cuál de los primordios llegará a ser la última hoja. Las líneas preoces comienzan la iniciación floral más pronto que las tardías y producirán un número menor de hojas. Algunas líneas preoces pueden producir solamente 7 u 8 hojas, mientras que las tardías pueden llegar a 11 o 12. Para un genotipo específico en un ambiente específico y con una fecha de siembra casi la misma, el patrón de iniciación floral es generalmente el mismo.

El ápice del tallo continúa formando primordios de espiguillas, hasta que finalmente se alcanza una etapa en la que se logra el número máximo de éstas.

Figura 7

H=Hoja
M=Macollo

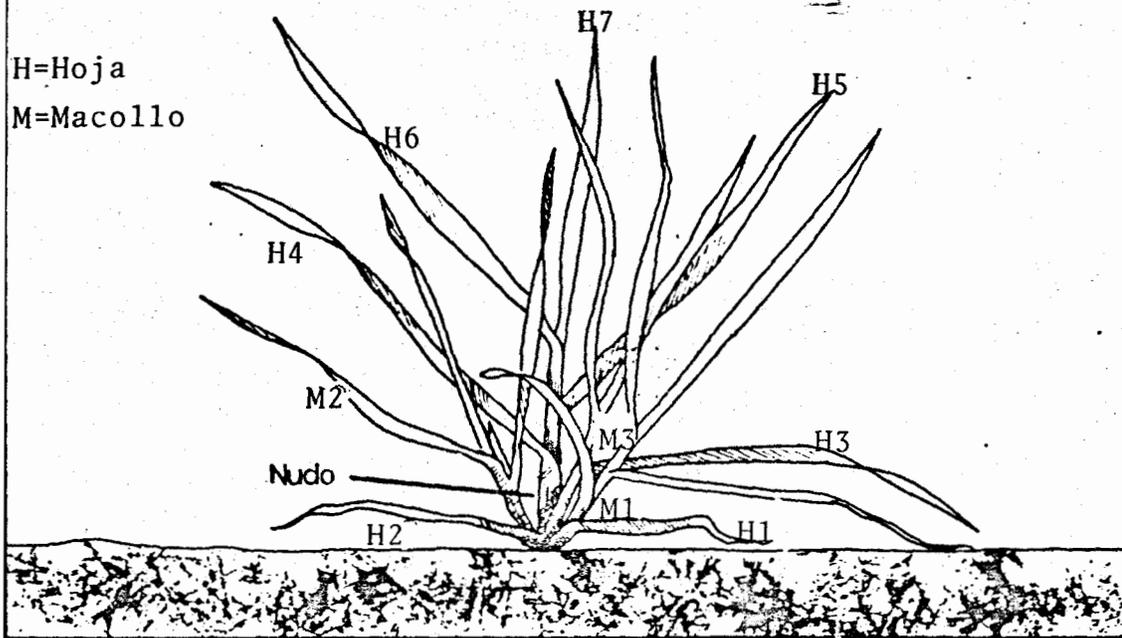
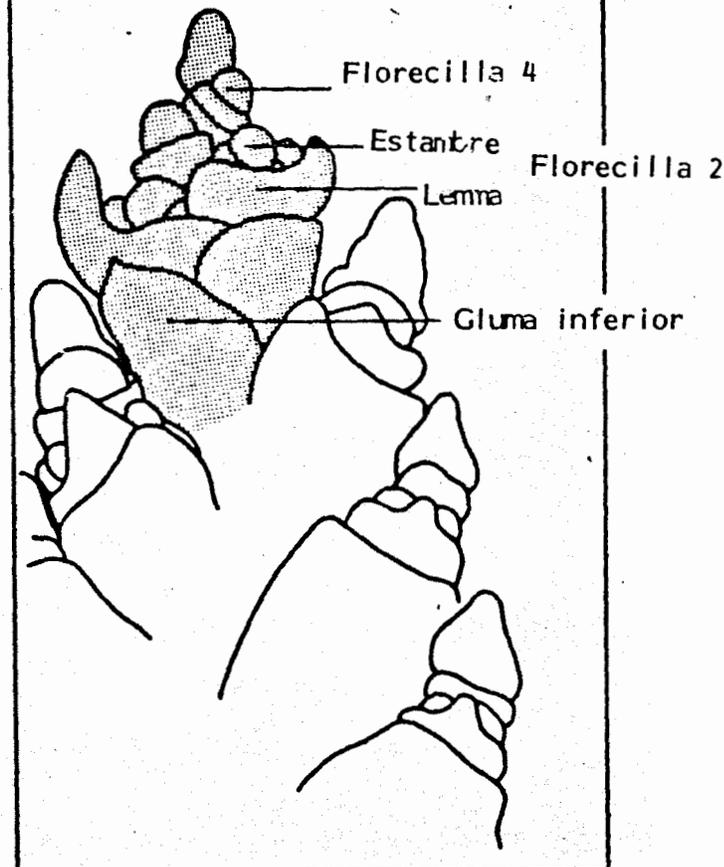


FIGURA 8.



ESPIGA A 1 CENTIMETRO - PRIMER NUDO PERCEPTIBLE

El ápice de crecimiento mismo, con el tiempo desarrolla en un primordio de espiguilla y finaliza su producción de inicios de espiguillas, un proceso conocido como "iniciación de la espiguilla terminal." Esta etapa es difícil de determinar exactamente, sin disecar la planta y observar el ápice de crecimiento. No obstante, usted puede determinar con bastante exactitud cuando ha ocurrido esta etapa, nada más que observando la planta en el campo. Cuando se puede percibir una ligera hinchazón (nudo) en el tallo principal justo arriba del nivel del suelo, usted sabe que se ha llegado a esta etapa. En este punto la planta ha cesado de macollar y ha comenzado la extensión del tallo.

Al ápice de crecimiento puede ser examinado disecando la planta y observando la espiga localizada alrededor de 1 a 2 centímetros sobre la superficie del suelo. La Figura 8, a la izquierda, muestra la espiguilla terminal en la punta de la espiga (porción sombreada) y, en este caso, cuatro florecillas han sido ya formadas. El alargamiento del tallo (extensión de los entrenudos) coincide con el final del macollamiento y ocurre muy pronto después de la iniciación de la espiguilla terminal.

Dése cuenta de que en esta etapa está presente el número máximo de espiguillas en la espiga. Esta no puede iniciar ninguna otra espiguilla adicional. Sin embargo, la producción de florecillas continúa más allá de este punto.

FIGURA 9.

H = Hoja

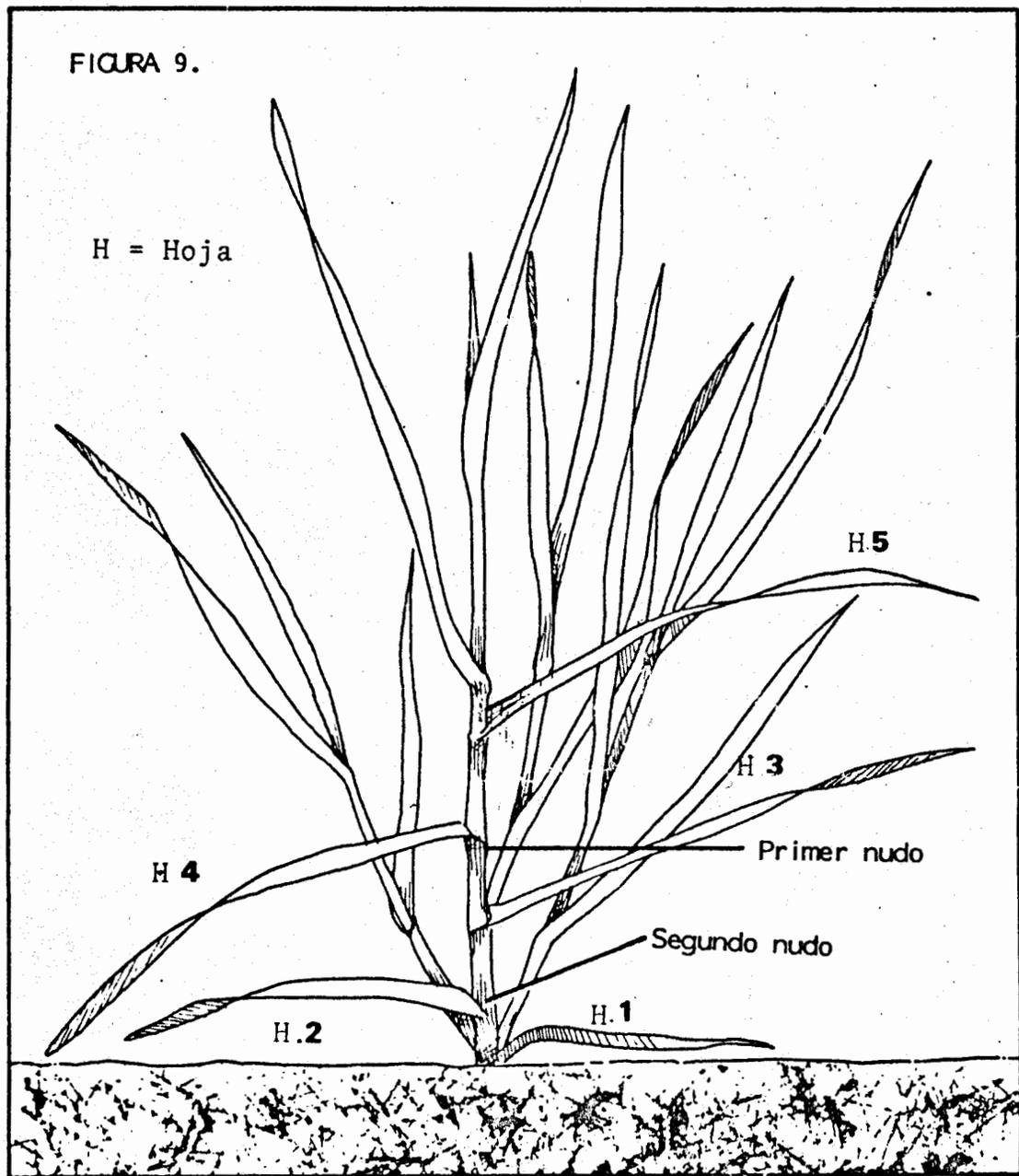
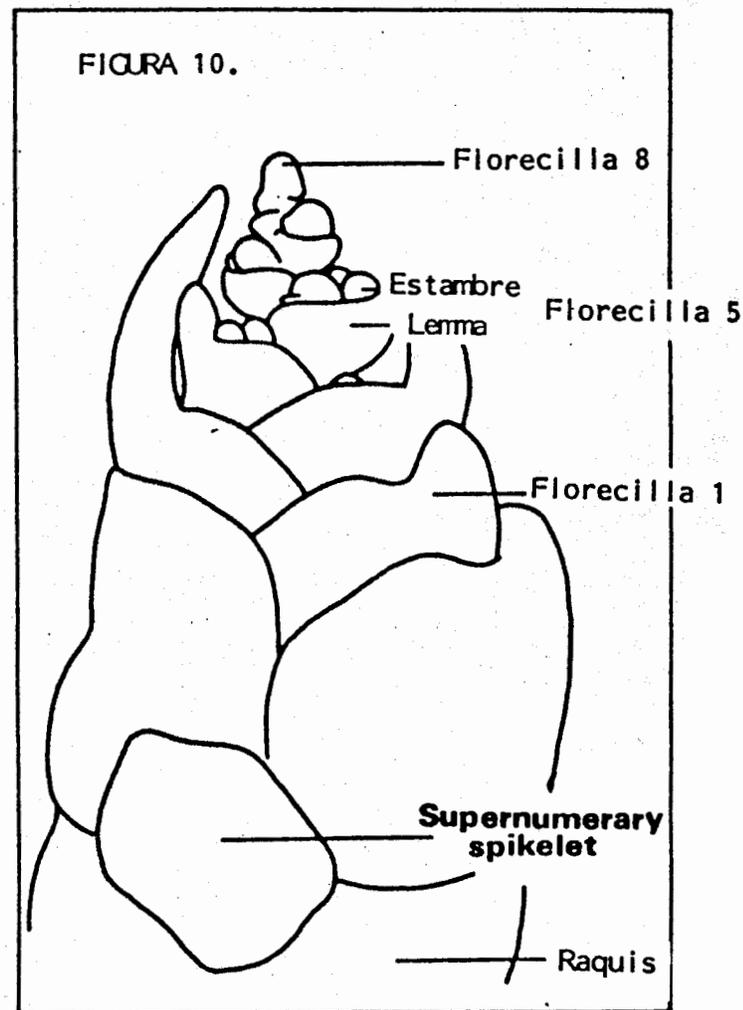


FIGURA 10.



ETAPA DE SEGUNDO NUDO

Esta etapa puede ser también percibida en el campo. Como en el caso de la determinación de la "Etapa de Espiga a 1 cm", se logra palpando en busca de protuberancias en el tallo principal. Estos hinchamientos son los nudos. El segundo nudo puede sentirse justo arriba del nivel del suelo. El primero se encuentra más arriba en el tallo. Estos aparecen indicados en la Figura 9 a la izquierda.

El dibujo a la derecha (Figura 10), representa la espiguilla terminal (final). Note que el meristemo apical del tallo se ha diferenciado en una florecilla. En esta etapa, ha sido determinado el número máximo de florecillas. No serán producidos más sitios para grano. La espiguilla terminal es la última en ser formada y con un desarrollo retrasado en comparación con las otras. En el caso ilustrado, la espiguilla terminal ha producido ocho florecillas. En las florecillas más avanzadas (basales), están bien desarrolladas las partes reproductivas masculinas y femeninas, aunque están ocultas por la lemma.

FIGURA 11.

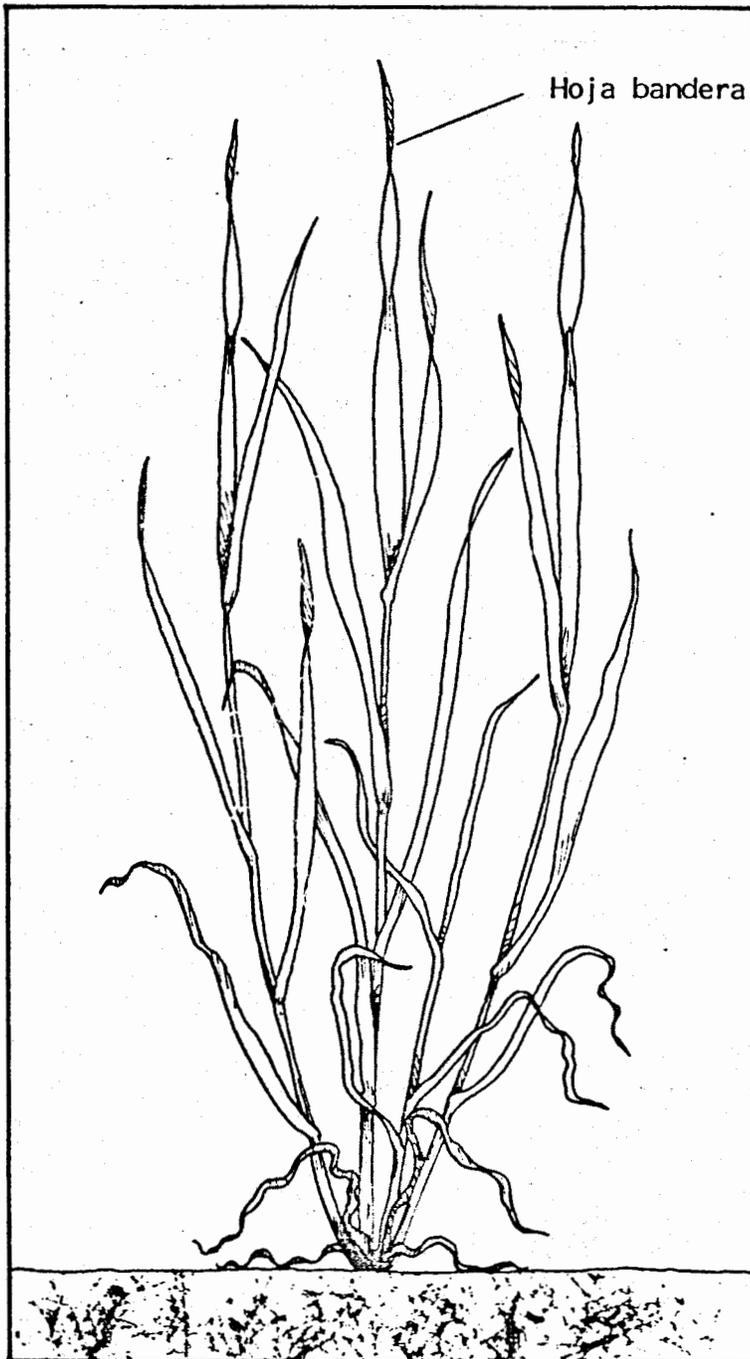
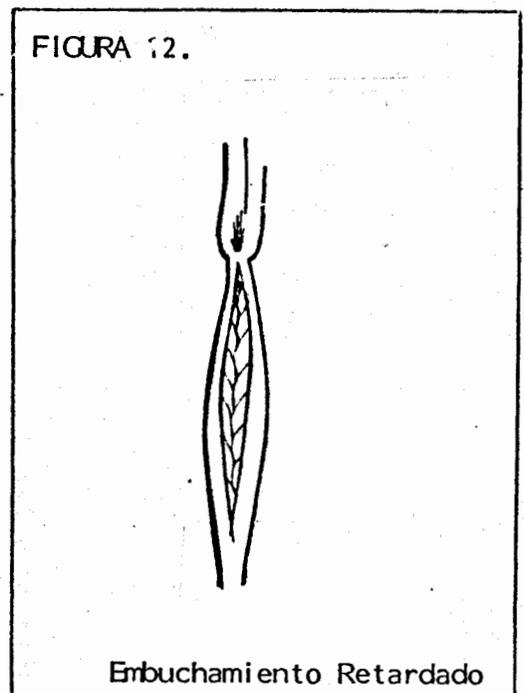
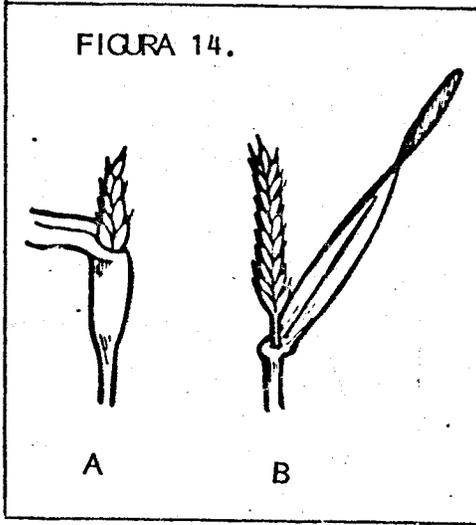
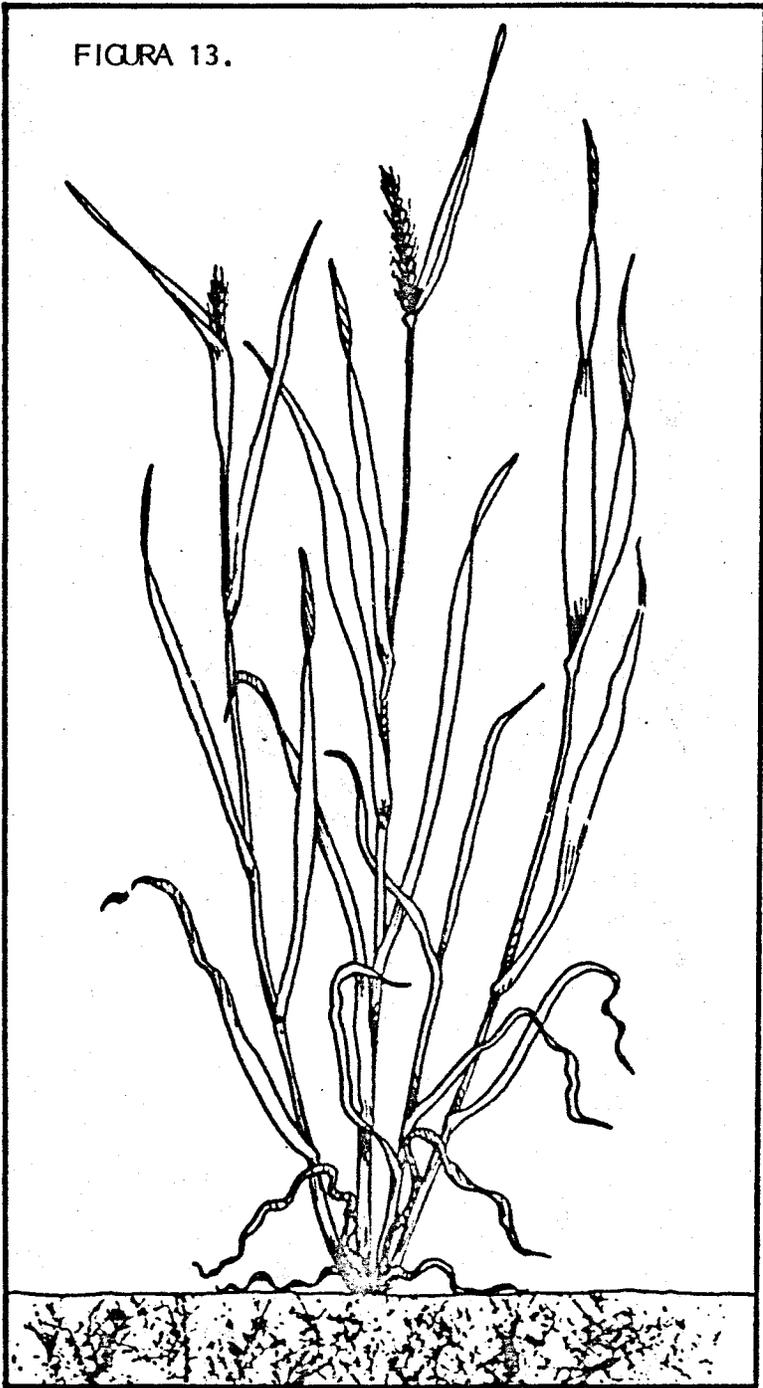


FIGURA 12.



ETAPA DE HOJA BANDERA

La etapa de hoja bandera se alcanza con la aparición de la hoja final (bandera) en el tallo principal (Figura 11). Poco después de que la hoja bandera ha emergido totalmente, puede encontrarse la espiga dentro de la vaina de esa hoja, etapa conocida como "Embuchamiento" (Figura 12). El número de florecillas ha declinado desde la etapa de segundo nudo y continúa el aborto de florecillas (muerte de las mismas), debido principalmente a la competencia interna por metabolitos (carbohidratos, minerales, agua, etc.).



ETAPA DE ESPIGAMIENTO

Durante el espigamiento, la vaina de la hoja bandera se hiende exponiendo la espiga (cabeza). Esta emerge y está lista para empezar la floración. Durante su paso hacia arriba, durante la extensión del tallo, la espiga por regla general ha abortado más de la mitad de los sitios de grano (floreillas) que fueran iniciados originalmente.

La Figura 13, muestra una planta de trigo a espigando. La espiga del tallo principal es visible arriba de la aurícula de la hoja bandera. La Figura 14 (a y b) muestra la secuencia de la emergencia de la espiga de la vaina de la hoja. La etapa de espigamiento es determinada cuando 50% de las espigas en el campo, están arriba de la aurícula de la hoja bandera.

FIGURA 15.

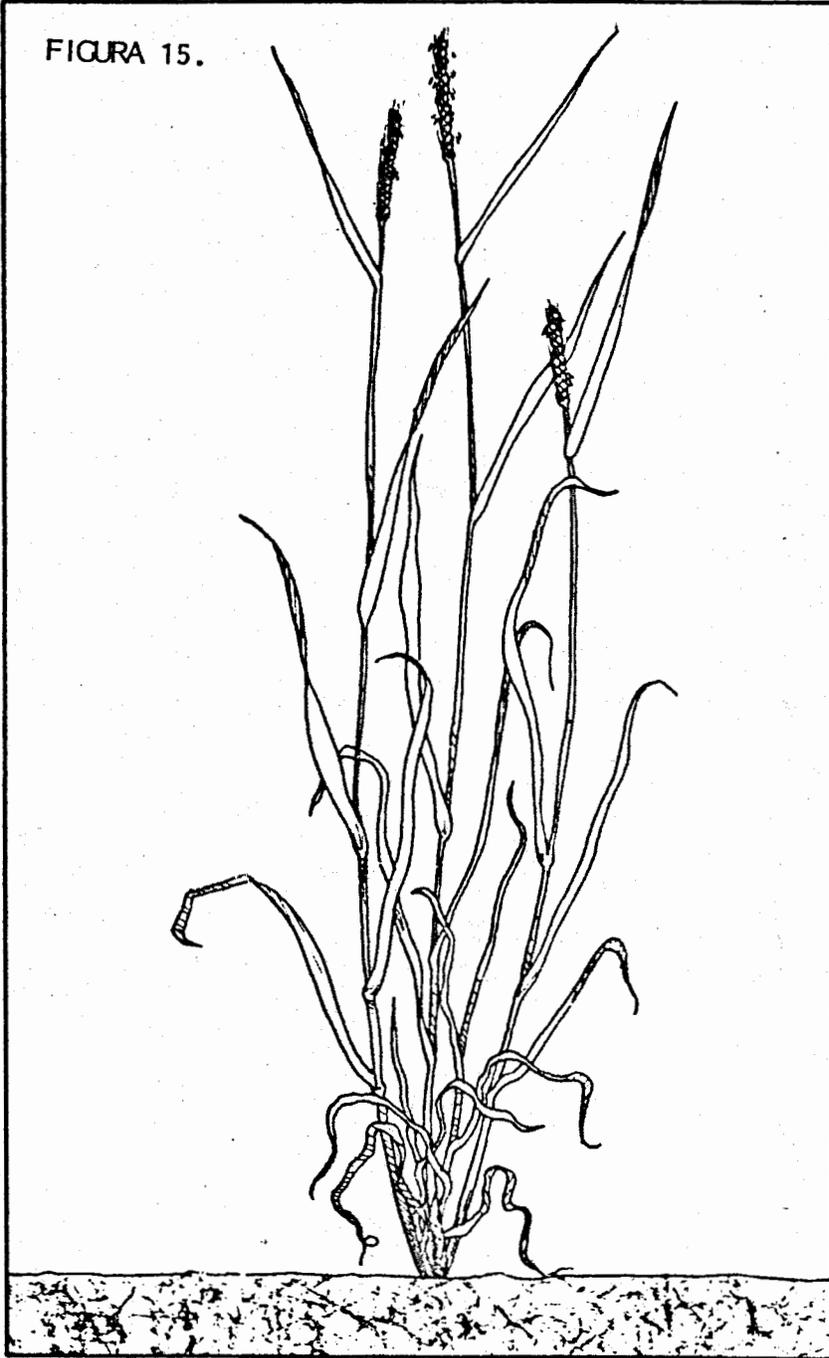
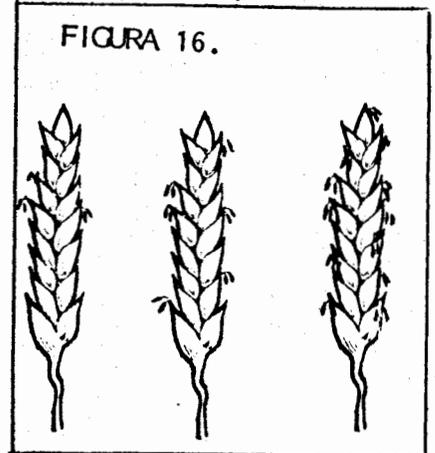


FIGURA 16.



ETAPA DE FLORACION (Antesis)

Durante la floración, las partes masculinas de la flor (anteras) son expuestas. En trigo casi toda la polinización ocurre antes que las anteras sean expuestas. Esto es conocido como un cultivo AUTO-POLINIZADO. En una espiga individual, la liberación del polen, lleva apenas unas pocas horas. En el cultivo todo, la floración puede tomar una semana o más, si las espigas están en diferentes estados de madurez. La Figura 16 muestra espigas con varios grados de floración.

AQUI ESTA LO QUE HAY QUE HACER AHORA:

Antes de continuar con la lección, lea las páginas 64 a 70 de Cereal Development Guide, preparada por el Instituto de Fitomejoramiento Genético de Inglaterra. Encontrará un resumen excelente del desarrollo de la espiguilla y la florecillas, y del crecimiento del grano (vea la lista de referencias). Una vez que haya leído este material, continúe con la siguiente sección de este módulo.

UNA GUIA DIAGRAMATICA DE IDENTIFICACION DEL DESARROLLO

La que sigue es una presentación diagramática de las diferentes etapas del desarrollo de una planta de trigo, mostrando la secuencia y las fases del desarrollo de los componentes del rendimiento. Usted puede usar este diagrama como una guía que le ayudará a visualizar cómo se desarrolla un cultivo de trigo desde la siembra hasta la cosecha.

PUNTO CLAVE: NO SE DA FECHAS CALENDARIO QUE MUESTREN CUANDO SON ALCANZADAS LAS DIFERENTES ETAPAS, PORQUE LA ESTACION DEL AÑO, LA VARIEDAD, LA FECHA DE SIEMBRA Y AUN LA PROFUNDIDAD Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA, AFECTAN LA TASA DE DESARROLLO. SI ESTO NO FUERA ASI, HABRIA MUY POCA NECESIDAD DE AGUDIZAR LA DESTREZA PARA IDENTIFICAR LAS FASES DEL DESARROLLO.

En el siguiente módulo será explicado con más detalles que el número potencial de hojas, la capacidad de macollar, el tamaño de espiga y el tamaño de grano, son una expresión de la tasa y duración de la fase de crecimiento de cada componente del rendimiento. Esto está genéticamente controlado, pero influenciado por el ambiente. El resultado es que la misma variedad en un ambiente puede desarrollar 9 hojas y dos macollos, mientras que en otro ambiente podrían ser 11 hojas y 3 macollos. De manera inversa, en el mismo ambiente, una variedad puede producir 8 hojas y otra 10.

Sin embargo, casi no existen excepciones con respecto a la secuencia de desarrollo de los componentes de rendimiento y su relación con ciertas etapas del cultivo, e.g., el comienzo de alargamiento del tallo significa el final de la iniciación de las espiguillas y del amacollamiento.

EMPLEO DE LA GUIA DIAGRAMATICA

El uso de los diagramas que se presentan a continuación sobre las diferentes etapas del crecimiento de una planta de trigo le ayudará a visualizar la forma en que un campo de trigo se desarrolla desde la siembra hasta la cosecha.

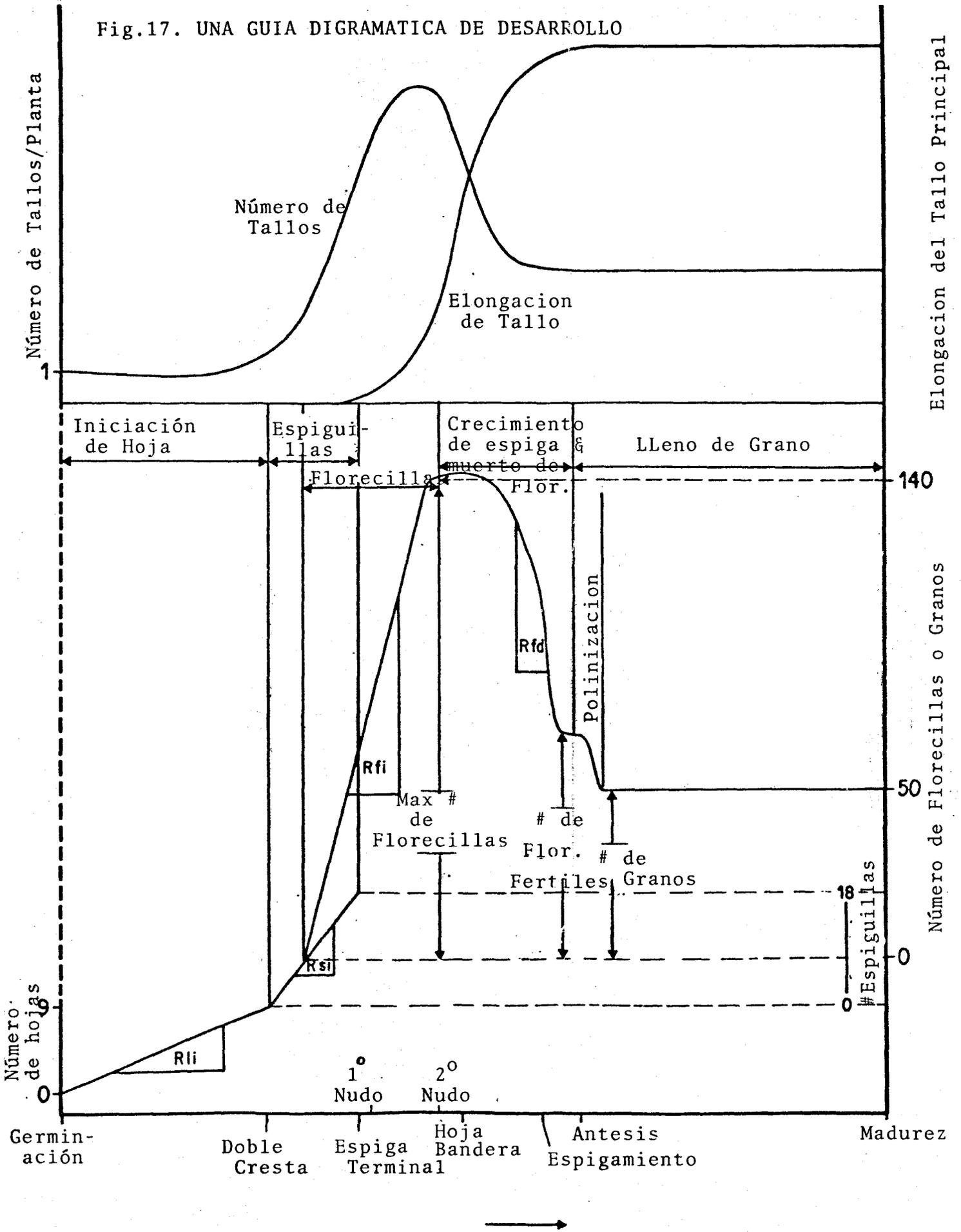
Los estados morfológicos (ontogénicos) del tallo principal se muestran en la parte inferior del diagrama, en tanto que la secuencia del desarrollo de los componentes del rendimiento y su relación con las "etapas del crecimiento" del tallo principal aparecen en la parte superior del diagrama (desde la iniciación de la hoja hasta el llenado del grano).

Ambos diagramas ilustran la velocidad de la iniciación y la disminución de los componentes del rendimiento, así como también el punto que se denomina "número máximo" o "potencial". Los números reales dependerán de diversos factores genéticos, ambientales y de manejo que serán identificados en el módulo "Reorganización de los factores del análisis de la productividad".

Si usted estudia estos diagramas con detenimiento tendrá poca dificultad en hacer la práctica guiada. Para la prueba de competencia puede llevar la guía diagramática al (los) campo(s) y llenar una hoja de trabajo semejante a la práctica guiada.

Abreviaturas: Rli: tasa de la iniciación de la hoja
Rsi: tasa de la iniciación de la espiguilla
Rfi: tasa de la iniciación de las florecillas
Rfd: tasa de la muerte de las florecillas

Fig.17. UNA GUIA DIGRAMATICA DE DESARROLLO



After Gallagher, 1979 Crop Physiology and Cereal Breeding

PRACTICA HACIENDO USO DE LA GUIA DIAGRAMATICA

La siguiente práctica le ayudará a usar la guía diagramática para la identificación de las fases críticas de la producción de los componentes del rendimiento. La Columna 1 presenta una lista de unos cuantos estados de crecimiento importantes que son fáciles de observar durante la estación de crecimiento del cultivo. En la segunda Columna aparece una lista de los distintos componentes del rendimiento. Usted puede remitirse a cualquier parte de ésta o de las lecciones anteriores sobre "Crecimiento y Desarrollo" o a las fuentes adicionales, en procura de ayuda para relacionar etapas de crecimiento de una planta de trigo, con las fases de la producción de componentes desde la iniciación hasta la senectud.

Esta práctica pide que usted marque la o las casillas que mejor describan las fases de crecimiento de cada componente alistado en la columna "Componente del Rendimiento" en la etapa de crecimiento del cultivo observada en la columna "Etapa de Crecimiento".

La primera serie está contestada para usted, como un ejemplo. Cuando haya completado su práctica, constate sus respuestas en la página siguiente. Si se siente a gusto con sus respuestas, pase a la siguiente sección del módulo: "Siguiendo de Cerca un Cultivo en el Campo".

PRACTICA GUIADA

ETAPA DE CRECIMIENTO	COMPONENTE DEL CAMPO	AUN NO INICIADO	INICIAN-DOSE	AUMENTO EN # O PESO CRECI-ENDO	MAXIMO PESO POTEN-CIAL MADURO	DISMINU-CION EN # O EN PESO SENES-CENTE
1. Primer Nudo Espiga a 1cm)	a. Plantas/m ²				X	
	b. Macollos/plantas				X	
	c. # Espigas/planta				X	
	d. Florecillas/espiguillas		X	X		
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
2. Segundo Nudo	a. Plantas/m ²					
	b. Macollos/planta					
	c. # Espigas/planta					
	d. Florecillas/espiguilla					
	e. # granos/espiga					
	f. Peso de grano					
3. Emergencia	a. Plantas/m ²					
	b. Macollos/planta					
	c. # Espigas/planta					
	d. Florecillas/espiguilla					
	e. # granos/espiga					
	f. Peso de grano					
4. Hoja Bandera	a. Plantas/m ²					
	b. Macollos/planta					
	c. # Espigas/planta					
	d. Florecillas/espiguilla					
	e. # granos/espiga					
	f. Peso de grano					
5. Floración	a. Plantas/m ²					
	b. Macollos/planta					
	c. # Espigas/planta					
	d. Florecillas/espiguilla					
	e. # granos/espiga					
	f. Peso de grano					
6. Espiguelo	a. Plantas/m ²					
	b. Macollos/planta					
	c. # Espigas/planta					
	d. Florecillas/espiguillas					
	e. # granos/espiga					
	f. Peso de grano					

REALIMENTACION PARA LA PRACTICA GUIADA

ETAPA DE CRECIMIENTO	COMPONENTE DE CAMPO	AUN NO INICIADA	INICIAN-DOSE	AUMENTO EN # O EN PESO CRECI-ENDO	MAXIMO PESO POTEN-CIAL MADURO	DISMINU-CION EN # O EN PESO SENES-CENTE
1. Primer Nudo (Espiga a 1cm)	a. Plantas/m ²				X	
	b. Macollos/planta				X	
	c. # Espigas/planta				X	
	d. Florecillas/espiguilla		X	X		
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
2. Segundo Nudo	a. Plantas/m ²				X	
	b. Macollos/planta					X
	c. # Espigas/planta				X	
	d. Florecillas/espiguilla				X	
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
3. Emergencia	a. Plantas/m ²			X		
	b. Macollos/planta	X				
	c. # Espigas/planta	X				
	d. Florecillas/espiguilla	X				
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
4. Hoja Bandera	a. Plantas/m ²				X	OR X
	b. Macollos/planta					X
	c. # Espigas/planta					X
	d. Florecillas/espiguilla			X		
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
5. Floración	a. Plantas/m ²				X	OR X
	b. Macollos/planta					X
	c. # Espigas/planta					X
	d. Florecillas/espiguilla					X
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				
6. Espigueo	a. Plantas/m ²				X	OR X
	b. Macollos/planta					X
	c. # Espigas/planta					X
	d. Florecillas/Espiguilla					X
	e. # granos/espiga	X				
	f. Peso de grano	X				

OBSERVAR UN CULTIVO EN EL CAMPO*

*(Cómo determinar objetivamente la etapa de crecimiento de un campo de trigo)

Este método para determinar las etapas de crecimiento, está basado en el recuento de hojas y nudos en el tallo principal de las plantas. El número de hojas puede variar significativamente de una planta a otra. Se juzga que una hoja está desenrollada cuando aparecen las lígulas en la base de la misma. Esto usualmente ocurre después de que la hoja siguiente ha comenzado a aparecer. Solamente deberán ser contados los nudos y las hojas del tallo principal de la planta. Ignore los macollos.

La profundidad de siembra puede causar mucha variación. Semillas que han sido sembradas a 10 cm, pueden tener un vastago principal con cuatro hojas y ningún macollo. Una semilla sembrada a 2 cm en la misma siembra, puede tener hasta nueve macollos y cinco hojas desplegadas en el tallo principal.

La población de plantas puede afectar también el número de hojas. Una planta con más espacio a su alrededor, puede estar menos avanzada.

Caminar por un "pasillo" sin sembrar en los campos, es una manera fácil de recorrer un campo. Pero las plantas que sean tomadas de cada lado de estos pasillos pueden haberse beneficiado del espacio debajo por la hilera o las hileras sin sembrar y pueden también estar menos avanzadas que las del resto del campo.

PROCEDIMIENTO

1. La mejor manera de recorrer un campo de cultivo es escoger áreas típicas de crecimiento y trabajar diagonalmente a través del campo o seguir una ruta de forma de 'W' a través del sembradío.
2. Deténgase unas 6 veces y tome 10 o 12 plantas en cada parada. Durante tiempo frío o húmedo, a menudo cuando las plantas están jóvenes, usted puede sacar las plantas, ponerlas en una bolsa de plástico etiquetada y llevarlas a un lugar más confortable para contar las hojas.
3. No tome muestras de sectores húmedos, áreas pedregosas o afloramientos de suelos más livianos. Las cuchillas de la sembradora pudieran haberse salido del suelo o haber penetrado más que en el resto del campo.
4. No tome muestras de áreas raramente sembradas o de traslapos de la sembradora.
5. Espere hasta que 75% de las plantas estén en la etapa recomendada, antes del tratamiento.

* Extractado de: Cereals: Crop Development from Germination to Harvest.

ESCALAS PARA OBSERVAR EL TRIGO

Hay escalas estándar comúnmente usadas por los investigadores para registrar los diferentes estados de desarrollo. Use la escala de Zadok (vea la lista de fuentes adicionales) es la más comprensiva. Esta escala es decimal de 0 a 99 y está particularmente indicada para análisis con computadora. La escala de Feekes fue desarrollada para patólogos porque está predispuesta hacia las etapas del crecimiento de la planta.

Para su trabajo propio, es suficiente que anote en su libro de campo las siguientes etapas de crecimiento del cultivo, las cuales se relacionan con fases críticas del desarrollo de los componentes del rendimiento.

Siembra

Emergencia

Comienzo del macollamiento

Primer Nudo (Espiga a 1-2cm) (final del amacollamiento, comienzo de la elongación del tallo).

Segundo Nudo (número máximo de tallos y florecillas)

Espigamiento o Floración

Madurez Fisiológica

PRUEBA DE CRITERIO

Usted debiera estar ya listo para la prueba de criterio. La prueba le pide relacionar las etapas de crecimiento observadas con las fases críticas de la producción de los componentes del rendimiento potencialmente cosechable. En esta lección usted deberá usar la guía diagramática. A usted se le podrá requerir a que haga esto con cualesquiera muestras de plantas o campos que usted vea. Por el momento, pregunte al instructor cuál campo o cuáles muestras de plantas usará usted para su prueba de criterio

ORGANIZAR LOS FACTORES DEL ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD

ORGANIZAR LOS FACTORES DEL ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD

OBJETIVO:

Dada una larga lista de factores asociados con la definición y el análisis de problemas de la productividad, reorganizarlos bajo los encabezamientos que siguen:

Encabezamiento	Etapas de	Componente(s)	<u>Factores Específicos</u>		
General	crecimiento del cultivo	del rendimiento	Gené- ticos	Ambien- tales	De ma- nejo

1. Lograr la población
 2. Formar el rendimiento
 3. Proteger el rendimiento
-

ITEM DE LA MUESTRA DE PRUEBA:

LISTA (Muestra)

- Tasa de siembra
 - # plantas/m²
 - Lograr la población
 - Encostrado
 - Emergencia
 - Profundidad de la semilla
 - Latencia
 - etc...
-

Encabezamiento General	Etapa(s) de crecimiento del cultivo	Componente(s) del rendimiento	<u>Factores específicos</u>		
			Gené- ticos	Ambien- tales	De ma- nejo
1. Lograr la Población	emergencia	# plantas/m ²	laten- cia	encos- trado	Tasa de siembra Encos- trado. Profun- didad de la semilla

FUENTES ADICIONALES:

ORGANIZAR LOS FACTORES DEL ANALISIS DE LA PRODUCTIVIDAD

INTRODUCCION

Hay muchos factores que afectan el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento final de una siembra de trigo. Factores tales como la fecha de siembra son fáciles de manejar. Otros, como la temperatura estacional, no lo son. Antes de que usted pruebe y proponga tecnologías alternativas para los agricultores, es importante que tenga una estrategia que le asegure que usted identifica todos los elementos importantes que pueden afectar la productividad. Esta es la función que desempeña el "análisis de la productividad", el cual se refiere a las técnicas usadas para ayudar a identificar, definir y analizar todos los factores importantes que influyen en la productividad final.

¿Cuál es el valor de llevar a cabo tal análisis de la productividad? Debido a que ésta es el resultado de tantos factores integrados, es muy fácil pasar por alto lo que es obvio o no mirar a profundidad las verdaderas causas de los problemas de la productividad. En la lección PMT-3. ("Relacionar la Producción de Componentes del Rendimiento con Etapas de Crecimiento de Trigo"), usted comenzó descomponiendo el rendimiento cosechable en componentes discretos y aprendió a reconocer en qué punto durante el ciclo del cultivo ocurre el desarrollo de cada uno de los componentes. En esta lección, usted comenzará a reorganizar sus conocimientos sobre los factores que limitan la productividad, con el fin de facilitar la clasificación de la información. Todo es parte de la estrategia para resolver el problema: Identificar, definir y analizar los problemas de la productividad.

ASIMILACION NETA DEL CARBONO - La Base de Todo Rendimiento

¿Cómo es que 100 Kg. de semilla de trigo sembrada es una hectárea de terreno, se convierten en 10,000 Kg. de materia seca que incluye 4,000 Kg. de grano? Es un resultado de la fotosíntesis: el proceso de captura de dióxido de carbono, agua y radiación solar, y su conversión en carbohidratos. Otro proceso, que es común a todas las plantas incluyendo al trigo, es llamada respiración. La respiración tiene como consecuencia la transformación de los carbohidratos en dióxido de carbono, agua y energía química. La acumulación de materia seca depende de la tasa de fotosíntesis menos la de respiración. Esta diferencia es lo que se llama asimilación neta del carbono y es la base de todo rendimiento. Pero tenga cuidado! Pero esto no quiere decir que fotosíntesis - respiración = rendimiento de trigo. Si ésto fuera cierto, no habría necesidad de conducir ensayos costosos de campo. Uno podría simplemente medir las tasas de fotosíntesis y de respiración.

Sin embargo, sin una alta acumulación de carbono, son menos probables los rendimientos altos. Como especialistas en producción, ustedes deberán reconocer los factores que tienden a controlar las tasas de fotosíntesis de un cultivo.

FACTORES QUE CONTROLAN LAS TASAS DE FOTOSINTESIS Y DE RESPIRACION

Luz:

La fotosíntesis sólo ocurre cuando la radiación solar cae sobre partes saludables de la planta: hojas, tallos, aristas, etc. Las plantas no fotosintetizan cuando está oscuro. Sin embargo, durante períodos de oscuridad o cuando son sombreadas, las plantas continúan respirando. Además, algunas plantas, incluyendo al trigo, también respiran a plena luz solar.

PUNTO CLAVE # 1:

CON TODO LO DEMAS IGUAL, LA ACUMULACION NETA DE CARBONO ES MAYOR ENTRE MAS LUZ Y MENOS OSCURIDAD HAYA; .POR EJEMPLO DIAS MAS LARGOS, NOCHES MAS CORTAS Y MENOS SOMBREADO.

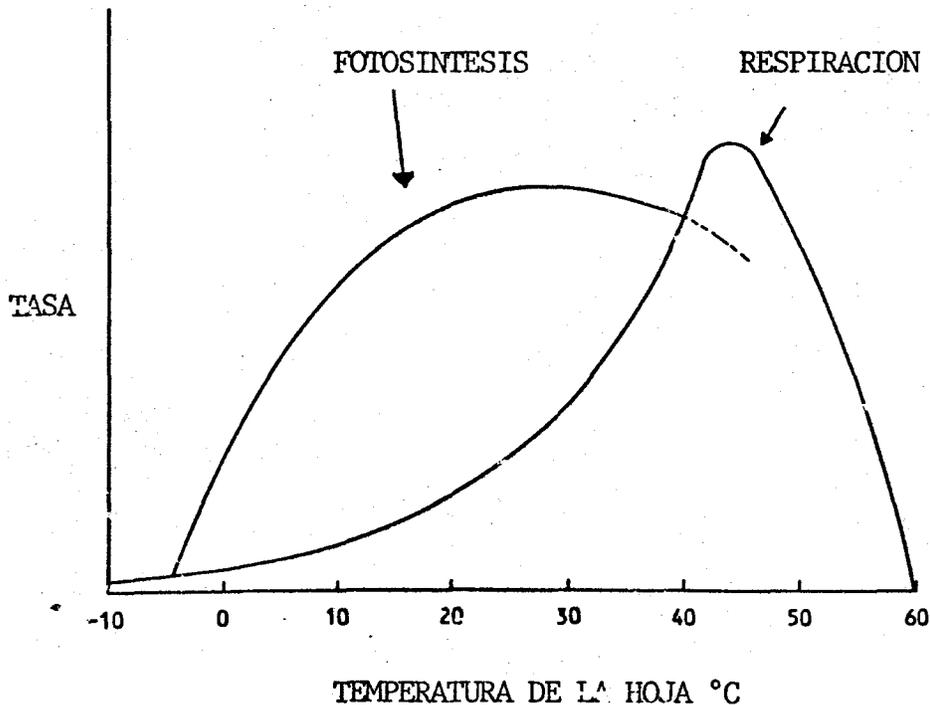
Ejemplo:

Examine el cuadro que aparece abajo y que muestra la duración máxima de la luz solar para una localidad en el ecuador y otra a 28° de latitud norte (tal como Ciudad Obregón, Sonora, México o Dehli, India). Todos los otros factores siendo iguales, ¿qué condiciones será más favorables para la acumulación neta de carbono?

	Junio	Diciembre	Diferencia %
	----- Horas de luz solar -----		
Ecuador	363.6	374.4	+ 3 %
28° Norte	417.6	324.0	- 29 %
Diferencia %	+ 14%	- 14%	

TEMPERATURA:

La tasa de fotosíntesis y la de respiración, aumentan con la temperatura de cerca de 0°C hasta una temperatura letal de cerca de 45°C. Desafortunadamente, las pérdidas de carbono aumentan más rápidamente que las ganancias. Esto es, la temperatura óptima para la fotosíntesis es claramente más baja que para la respiración, como lo muestra la gráfica siguiente:



Una gráfica generalizada del efecto de la temperatura sobre las tasas de fotosíntesis y de respiración, que muestra las diferencias en tres puntos cardinales de temperaturas alta, baja y óptima.

(De: CRC Handbook of Agricultural Productivity)

Además, las temperaturas nocturnas altas aumentan drásticamente la respiración normal (más pérdidas).

PUNTO CLAVE #2:

CUALQUIER EFECTO POSITIVO CAUSADO POR EL AUMENTO DE LA TASA DE FOTOSINTESIS POR LA TEMPERATURA, PUEDE SER ELIMINADO POR EL EFECTO DE AUMENTO DE LA RESPIRACION. POR ESTA RAZON, LA GAMA OPTIMA PARA ASIMILACION DE CARBONO POR EL TRIGO ES 10 a 25°C.

Más adelante en la lección, será presentada información más específica acerca de los efectos de la temperatura sobre los componentes del rendimiento. No obstante, hay un asunto más del que usted debe estar enterado con respecto a los efectos de la luz y de la temperatura y el control del crecimiento y el desarrollo. En la lección PMT-3, se hizo hincapié sobre la naturaleza consecutiva del desarrollo de la planta de trigo. La transición de la producción de hojas a la iniciación floral está controlada por una interacción genética del medio ambiente. Los dos mecanismos que activan la iniciación floral son: la sensibilidad al fotoperíodo (duración de la oscuridad) y la vernalización (efectos de la temperatura). Es útil llevar en mente esta simple relación o parentesco: total de "luz" = largo del día (day length) x radiación. La extensión del día está relacionada con los efectos del crecimiento (la acumulación neta de carbono). Uno de los objetivos a largo plazo del CIMMYT ha sido el desarrollo de germoplasma que posea insensibilidad al fotoperíodo y a la temperatura, por lo tanto, este tema no será tratado en esta lección. Si usted deseara más información acerca de la sensibilidad a la luz y a la temperatura, con respecto a la iniciación floral, vea las "Fuentes Adicionales" para esta lección o pregunte a su instructor.

COMPETENCIA:

"Es un pensamiento sorprendente que, en la producción de un cultivo de campo exitoso y "sano", se desarrolle una competencia intensa tal, que en términos cuantitativos las plantas individuales son marcadamente subnormales, Es la comunidad de plantas reprimidas la que produce el rendimiento mayor."

C.M. Donald 1963, "Competition Among Crop and Pasture Plants," Advances in Agronomy (15:1-18)
pg. 5

Las plantas responden a la competencia de tres maneras:

- 1). Mortalidad dependiente de la densidad
- 2). Jerarquía de la explotación
- 3). Respuesta plástica (compensación)

No deje que estos términos le inquieten. Las palabras mismas no son particularmente importantes. Lo que sí es importante es los conceptos que ellas representan. Aun si usted no pudiera recordar los términos, asegúrese de que comprenda los conceptos que siguen:

Mortalidad dependiente de la densidad: Si un cultivo está tan denso que no hay suficiente agua, elementos nutrientes o luz que alcance para todos, entonces morirán algunos macollos y aun plantas completas. La competencia puede provenir de las malezas, por tasas excesivas de siembra o simplemente por falta de nutrientes y agua en el suelo.

Ejemplo:

El grupo de adiestramiento en producción de trigo del CIMMYT, hizo un estudio en Jalisco, México. En 21 campos de agricultores, el número de espigas por metro cuadrado al momento de la floración, promedió solamente 59% del número promedio de plantas/m² durante la emergencia. El problema se identificó como de mortalidad dependiente de la densidad.

Jerarquía de la Explotación: Si no hay agua, luz, nutrientes, etc. suficientes para todos, las plantas que emergieron primero, los macollos, espiguillas, florecillas y granos iniciados más temprano, obtendrán su parte de los recursos. Las plantas, macollos, espiguillas y granos más pequeños y de crecimiento más lento, serán los que sufran más.

Respuesta plástica (compensación): Si ocurre un "stress" que afecta el crecimiento de uno de los componentes del rendimiento, el remedio del mismo durante el crecimiento del componente más tardío en su desarrollo, algunas veces traera como resultado pérdidas más pequeñas de rendimiento. El ejemplo más común es probablemente el de que un bajo número de plantas por metro cuadrado, es compensado por más macollos por planta. Algunas veces, cuando alguna tensión o stress (tal como mucha o muy poca humedad) que reduce el macollado es aliviado, el resultado es más pocas florecillas estériles por espiguilla.

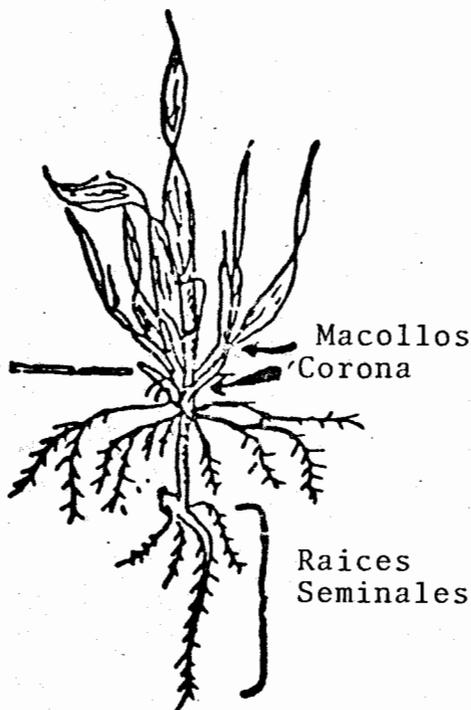
PUNTO CLAVE #3:

LA COMPENSACION Y LAS RESPUESTAS DE LAS PLANTAS A LA COMPETENCIA NUNCA SON PERFECTAS. MAXIMO RENDIMIENTO DE GRANO POR UNIDAD DE AREA REQUIERE QUE SE MINIMICEN LAS PERDIDAS DEBIDAS A LA COMPETENCIA; NO MINIMIZAR LA COMPETENCIA.

LAS CONTRIBUCIONES DE LAS RAICES Y LOS TALLOS

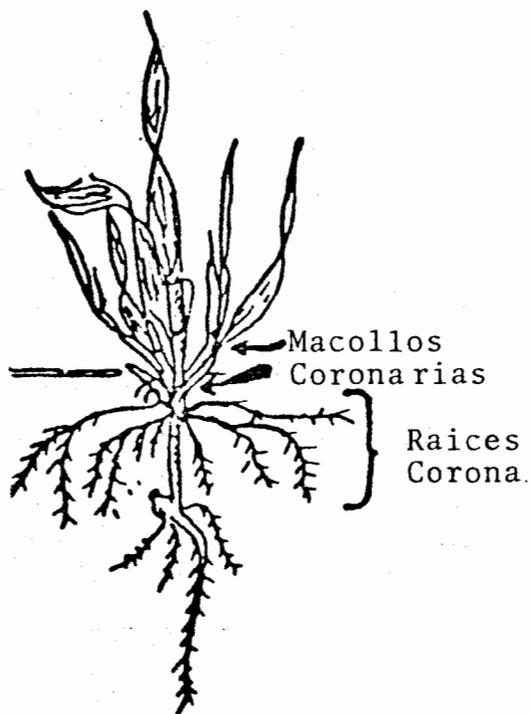
Hasta aquí, hemos discutido algunas de las contribuciones principales al rendimiento, hechas por las partes aéreas de la planta de trigo (ya sea fotosintetizando tejido o los componentes del rendimiento). Consideremos ahora el sistema radical.

Primero, hay dos sistemas radicales distintos en una planta de trigo: raíces coronarias y raíces seminales. Ambas se ilustran abajo:



Raíces seminales:

1. Su número es fijado al momento del desarrollo de la semilla.
2. Tienen un potencial máximo de hasta 10.
3. Generalmente sólo de 3 a 5 se desarrollan a partir de una joven semilla pesada y robusta.
4. Normalmente crecen derecho hacia abajo y profundas.
5. Tienen la ventaja en un cultivo denso con poco "stress".



Raíces coronarias:

1. Están fisiológicamente asociadas con los macollos.
2. No se producen en número fijo: están asociados con el crecimiento del macollo.
3. No son tan delgadas, y no crecen tan profundas como las raíces seminales.
4. Tienen una ventaja en situaciones competitivas y bajo ambiente variable.

PUNTO CLAVE # 4:

LA PLANTA DE TRIGO TRABAJA PARA OPTIMIZAR LAS CONTRIBUCIONES DE LAS RAICES Y DE LOS TALLOS. ESTA INTERDEPENDENCIA ESTA FINALMENTE BAJO CONTROL GENETICO.

Aunque la tasa y duración del crecimiento radical está básicamente bajo control genético, la expresión del potencial de crecimiento puede ser decisivamente modificado por los factores ambientales y de manejo del cultivo. Tales factores que afectan la tasa de crecimiento radical son:

1. Nutrición mineral del suelo (Figura A)
2. Aereación y agua en el suelo (Figura B)
3. Temperatura del suelo
4. Espaciamiento entre plantas
5. Compacidad del suelo
6. Relaciones tallo-raíz; e.g., pastoreo

FIGURA A:
 Efecto de una provisión localizada
 de nitrato sobre el crecimiento
 radical en cebada.
 (Drew and Starker, 1975)

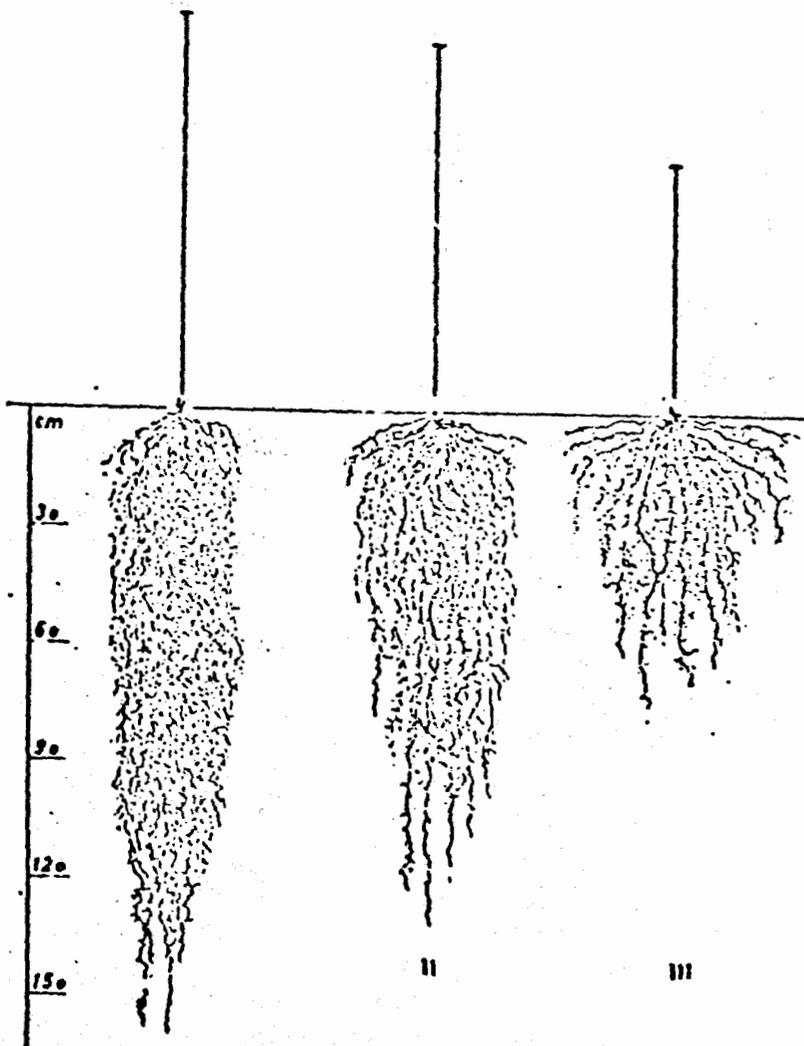
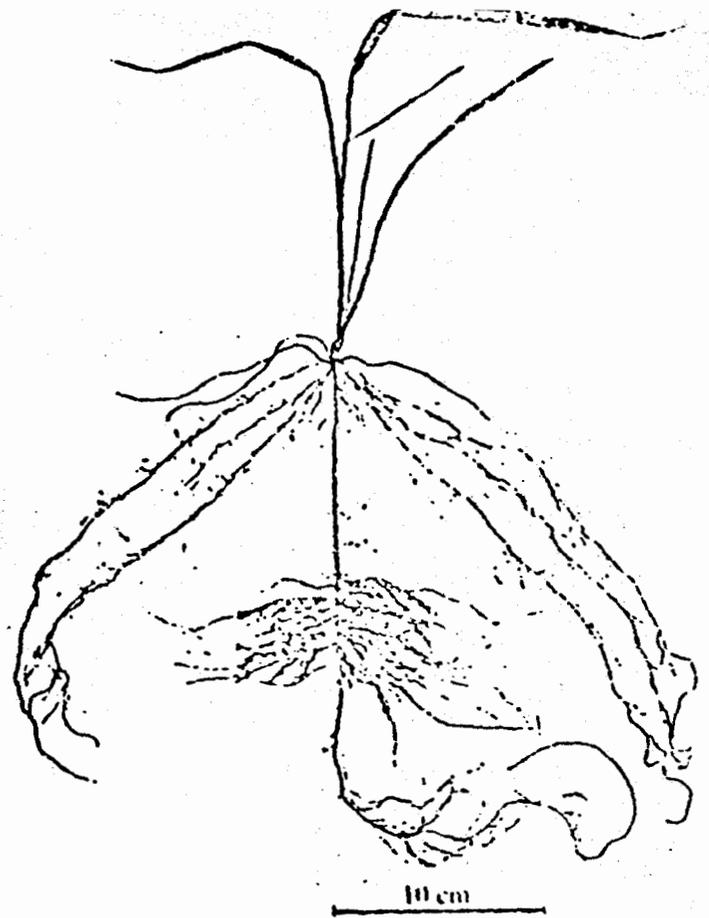


FIGURA B:
 Influencia de la profundidad de
 la humedad sobre el crecimiento
 vertical y horizontal de las
 raíces de trigo de invierno.
 Precipitación anual: I, 730mm;
 II, 570 mm; III, 440 mm.
 Altura de planta: I, 100 cm;
 II, 94 cm; III, 64cm.
 (según: Weaver, cit. por
 Kutschera, 1960).

Dése cuenta de cómo algunos de los factores mencionados arriba, pueden relacionarse con las prácticas de manejo tales como: drenaje, labranza, riego, etc.

La duración del crecimiento radical está casi enteramente controlada genéticamente. El crecimiento radical neto se detiene con la floración, excepto por una provisión de mantenimiento, y todos los productos asimilados (dióxido de carbono, agua y elementos nutrientes) van al relleno del grano.

La contribución de las raíces al rendimiento pudiera no ser inmediatamente obvia. Dado que la correlación entre raíces y tallos está genéticamente fijada, cualquier factor que limite o restrinja el crecimiento radical, también limita y restringe el crecimiento del tallo. Por lo tanto, un ambiente radical desfavorable puede causar reducciones drásticas en rendimiento.

LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO - INICIACION , TASA Y DURACION DEL CRECIMIENTO

La iniciación y crecimiento de los componentes del rendimiento, ocurren en una secuencia que está genéticamente controlada. La tasa y duración del período de crecimiento están también genéticamente controladas, pero son también fuertemente influidas por el ambiente y cómo se maneja el cultivo. En esta parte de la lección, serán esbozados dos factores generales que controlan el crecimiento.

Temperatura:

En una sección anterior de esta lección, discutimos el efecto de la luz y la temperatura sobre la acumulación de carbono. La temperatura también afecta directamente la tasa y duración del crecimiento de cada uno de los componentes del rendimiento.

PUNTO CLAVE # 5:

TEMPERATURA ALTA PROPORCIONA UNA TASA DE PRODUCCION DE LOS COMPONENTES DEL RENDIMIENTO LIGERAMENTE MAS ALTA, PERO UNA DURACION DE LA PRODUCCION SIGNIFICATIVAMENTE MAS CORTA.

Lo que esto significa es que la secuencia del desarrollo: iniciación-crecimiento-madurez-senectud, es considerablemente más corto bajo altas temperaturas. El resultado de esto es la formación de menos hojas, menos yemas de macollos, menos macollos, menos espiguillas, menos florecillas y granos más pequeños.

Inanición

El segundo factor general que controla la tasa y duración del crecimiento de los componentes del rendimiento es la carencia de alimentos. Los resultados son la muerte de las plántulas, los macollos, las espiguillas y las florecillas. La inanición resulta de una excesiva competencia por humedad y elementos nutrientes. Ocurre debido a la capacidad limitada de las hojas y los sistemas radicales para suplir las necesidades.

Especialistas en producción, incluyendo agricultores, no tienen un control directo sobre la luz, la temperatura y la humedad (excluyendo el riego). La escogencia de la variedad, la fecha de siembra y la oportunidad en las operaciones de manejo de la tierra, pueden ayudar. El problema de crecimiento y la supervivencia de los componentes del rendimiento, está más bajo el control de los especialistas en producción y de los agricultores.

EJERCICIO:

Para ayudarle a comenzar la prueba de criterio para esta lección, escriba las contestaciones a las tres preguntas de revisión que siguen:

1. Es imposible exagerar la importancia de empezar la estación con la población de plantas adecuada. ¿Cuál(es) estado(s) de crecimiento(s) y cuál(es) componente(s) del rendimiento debe(n) ser observado(s).

2. Construir el rendimiento requiere manejar el cultivo para obtener la combinación óptima de componentes del rendimiento. ¿Cuál(es) estado(s) del crecimiento del cultivo debe(n) ser observado(s) y cuál(es) componente(s) del rendimiento es (son) importantes(s)?

3. Proteger el potencial de rendimiento que ha sido creado es el tercer objetivo del productor de trigo. ¿Cuál(es) etapa(s) de crecimiento del cultivo es (son) crítica(s)? (No se preocupe sobre los componentes de campo en esta pregunta)

RESPUESTAS A LAS PREGUNTAS:

1. Siembra/emergencia - # plantas/m²

La primera clave para una alta productividad de un campo de trigo, es establecer la población correcta de plantas. Una población mala pone una presión muy pesada sobre cada planta individual (compensación). Una población muy alta de plantas, conduce a demasiada competencia. Generalmente usted tiene que aceptar las condiciones climáticas, pero debe comprender que las mismas tienen una influencia considerable sobre la población de plantas.

2. Comienzo del amacollamiento/espiga 1 ó 2 cm (final del amacollamiento)/espiguelo/relleno del grano. # de espigas/planta, # de granos/espiga (# de espiguillas/espiga y # de florecillas/espiguilla) y peso del grano. Construir el rendimiento requiere el manejo del número de macollos, mantener el tamaño de espiga, especialmente el número de florecillas y el relleno del grano. Este módulo ha explicado que la iniciación, tasa y duración del crecimiento están: 1) genéticamente controlados, 2) influenciados por factores ambientales "no manejables" y 3) influenciados por factores manejables.

3. Espiguelo a madurez (cosecha). El más grande reductor del rendimiento es el estado del tiempo. No hay duda de ello. Pero la mayoría de los otros reductores del rendimiento pueden y deben ser manejados, para minimizar las reducciones del rendimiento potencial ya logrado. Esto es hecho mediante el manejo apropiado de las plagas y enfermedades (protección vegetal).

QUE HACER:

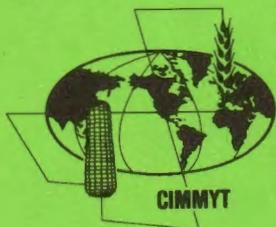
Para el examen de criterio se le dará una lista de factores asociados con la definición y análisis de problemas de productividad en trigo. Aunque la mayoría de los factores en la lista no se mencionaron directamente en este módulo, usted como especialista en producción de cultivos, deberá tener dificultades mínimas en reconocerlos. Nuestro objetivo en este módulo es que usted reorganice la lista bajo las siguientes categorías (ó encabezamientos):

<u>Encabezamiento</u>	<u>Etapa(s) de</u>	<u>Componente(s)</u>	<u>Factores Específicos</u>
General	crecimiento del cultivo	del rendimiento	gené-ambien- manejo ticos tales

¿POR QUE SE LE PIDE QUE HAGA ESTO?

El motivo por el cual se lleva a cabo este ejercicio es reorganizar en un esquema lógico el gran número de factores que potencialmente afectan la productividad, para que usted pueda recabar la información necesaria para identificar, definir y analizar problemas relacionados con la productividad de una manera eficiente. Una estrategia como ésta, le permitirá probar alternativas tecnológicas apropiadas e investigables.

Cuando usted sienta que está preparado, pida al instructor la forma para la prueba de criterio. Se le alienta a que trabaje o constate su lista con sus compañeros.



CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAIZ Y TRIGO
INTERNATIONAL MAIZE AND WHEAT IMPROVEMENT CENTER
Londres 40 Apartado Postal 6-641 06600 México, D. F., México