

CORPORACION COLOMBIANA DE INVESTIGACION AGROPECUARIA  
CRECED FRONTERA SUR-IPIALES

CONSIDERACIONES FISIOLÓGICAS Y MORFOLÓGICAS EN LA  
PRODUCCION DE TRIGO

Luis Alberto Peña V. \* *William*

INTRODUCCION

El cultivo de trigo constituye uno de los renglones de mayor importancia económica para los productores manifundistas del departamento de Nariño; actualmente se siembran unas 23.000 hectáreas de trigo y frente a las nuevas políticas del Estado el trigo debe modernizarse para que sea competitivo, esto significa que se debe aumentar la producción y la productividad con menores costos.

La producción y la productividad del trigo dependen del comportamiento, intensidad, equilibrio, interacciones e interdependencia entre los factores clima-suelo-planta-hombre.

---

\* I.A. M.Sc. Investigador Asociado CORPOICA - CRECED  
FRONTERA SUR - Ipiales, Nariño.

Le corresponde al hombre identificar, definir y cuantificar las variables de clima y suelo para decidir la variedad de trigo que puede desarrollarse exitosamente dentro de determinada área o zona agroecológica específica. Al productor le corresponde buscar o conseguir mediante acciones de manejo el mejor equilibrio dinámico entre los factores de producción, con el fin de propender por la obtención de máximo rendimiento para el mejor aprovechamiento del medio.

Biológicamente las prácticas del cultivo deben enfocarse de tal manera que se logre maximizar la fotosíntesis, esto se consigue si se logra identificar y controlar los factores que la afectan, como la luz, la temperatura, el agua, el aire, los nutrientes y la composición física y química del suelo.

### MORFOLOGIA Y CRECIMIENTO DEL TRIGO

La semilla o grano está formado por tres partes principales:

El pericarpio o cubierta protectora que rodea y encierra toda la semilla, el embrión o gérmen que es la planta en estado de latencia y el endospermo que es el alimento almacenado utilizado por el embrión para crecer desde la germinación hasta que la planta tiene suficiente tejido fotosintético para alimentarse así misma.

La germinación del trigo se realiza si hay suficiente agua y oxígeno y si las temperaturas son adecuadas. En el proceso de germinación el embrión latente en la semilla seca, comienza su crecimiento. Hay varios factores que influyen en la germinación:

1. La absorción de agua es el primer paso en la germinación, la semilla debe estar en estrecho contacto con las partículas húmedas del suelo.

Cuando se presentan concentraciones de productos químicos cerca a la semilla, como sales afectan la absorción de agua y la ésta muere. Esta es la razón por la cual ocurre la quema por "fertilizante".

2. Oxígeno. Debe estar presente en cantidades adecuadas para que la respiración suministre energía. El oxígeno puede ser un factor limitante en suelos inundados.

3. Temperatura, la semilla no germina si la temperatura es demasiado baja, varios tipos de semilla germinan a diferentes temperaturas del suelo (tabla 1).

4. Luz, las semillas de los cereales germinan tanto en la luz como en la oscuridad.

5. Viabilidad de la semilla, el embrión debe estar vivo para que la semilla germine, la viabilidad de las semillas pueden determinarse mediante una prueba de germinación.

6. Tamaño de la semilla, mientras más grande sea la semilla, podrá suministrar más alimento y energía a la plántula joven. Varios experimentos han mostrado que las semillas grandes germinan más rápido y producen plántulas más vigorosas que las semillas pequeñas. El vigor de la

Tabla 1. Temperatura del Suelo para la Germinación de Semillas

Cultivo	Grados Centígrados			Rango Optimo
	Minima	o	Límite	
Trigo	1	a	3	15 a 18
Cebada	1	a	3	15 a 18
Avena	1	a	3	15 a 20
Centeno	1	a	3	15 a 18
Maíz	9	a	10	27 a 32

Fuente: Idaho Agricultural Science

plántula y el crecimiento rápido capacitan al cultivo para competir mejor con las malezas y para resistir las enfermedades de las plántulas.

7. El rompimiento de la cutícula de la semilla (pericarpio), puede disminuir la germinación de los cereales, las semillas rotas tienen a menudo viabilidad baja; ordinariamente el daño del embrión es el más serio, semillas rotas muestran con frecuencia mayor desarrollo de hongos que las semillas enteras.

8. Semillas inmaduras, diversos tipos de hongos atacan más fácilmente a las semillas inmaduras debido a que éstas tienen una menor reserva de alimentos en el endospermo, también producen brotes más pequeños. La semilla de mejor calidad es producida por las plantas bien maduras.

9. Microorganismos, muchos tipos de hongos y bacterias del suelo pueden atacar la semilla y causarle pudriciones. El tratamiento de la semilla protege tanto como a la plántula contra las infecciones provenientes del suelo.

10. Latencia, las semillas de algunos cereales pueden estar latentes recién cosechadas y necesitan un período de

acondicionamiento en el almacén antes de que puedan germinar; la latencia en el trigo termina a los 20-30 días después de la cosecha pero puede persistir por 60 días.

Desde la emergencia de la plántula hasta la producción de semillas maduras, el crecimiento de la planta de trigo se puede dividir en varias etapas. (Zadoks et al 1974), las clasificaron de la siguiente manera:

1. **Crecimiento de la Plántula.** Las hojas se abren desde la aparición de la primera a través del coleóptilo hasta que brota la lígula de la hoja bandera.
2. **Macollamiento.** Brotes adicionales (secundarios) surgen de la corona de la planta.
3. **Alargamiento del Tallo.** El primerseudotallo está erecto y aparecen los nudos, la vaina de la hoja superior no está hinchada por la espiga.
4. **Embuchamiento.** La espiga es evidente en la hoja superior llamada hoja bandera.
5. **Emisión de la Espiga.** La espiga emerge de la vaina.

6. **Floración.** Las florecillas se abren y el polen se desprende (antesis).
7. **Estado Lechoso.** El ovario fecundado alcanza el tamaño de la semilla madura, su contenido se vuelve blanco y opaco.
8. **Estado Masoso.** El contenido del ovario se solidifica.
9. **Madurez.** La semilla ~~se~~ endurece y está lista para cosecharse.

La espiga de la planta de trigo está compuesta de varias espiguillas distribuidas a lo largo de ambos lados del raquis, cada espiguilla está integrada por las flores individuales (florecillas) cada florecilla contiene los órganos femeninos (los pistilos) y los órganos masculinos (los estambres) encerrados en una cubierta protectora la lema y la palea. Durante la floración las florecillas se abren y la parte de los estambres que contienen el polen (las anteras) se abren y lo liberan, el polen puede ser transportado por el viento a otras flores (polinización cruzada) o como sucede más comúnmente en los cereales, cae sobre los estigmas (parte receptora de los órganos femeninos) de su propia flor (autopolinización).

El grano de polen produce un tubo que crece hacia abajo, penetra el estilo (estructura que sostiene los estigmas) y llega al ovario donde se encuentra la parte reproductora femenina (el óvulo). Los núcleos del polen penetran en el óvulo y lo fecundan, iniciando así la producción y desarrollo de la semilla, que consta del embrión y el endosperma y se encuentra dentro del ovario maduro que se transformará en pericarpio.

### HABITO DE CRECIMIENTO

El trigo se cultiva en una amplia variedad de condiciones ambientales, gracias a la considerable diversidad del material genético inherente a ambos géneros y sus especies correspondientes.

El trigo tiene tres hábitos de crecimiento: de invierno, de primavera y facultativo (o intermedio).

Las variedades con hábito de crecimiento invernal se siembran en otoño o invierno y permanecen en un estado vegetativo durante todo el invierno, debido a que requieren de vernalización (exposición al frío usualmente durante uno o dos meses), para que inicie la formación y el crecimiento de sus órganos reproductores.

Las variedades con hábito de crecimiento de primavera no requieren de vernalización para iniciar su crecimiento reproductivo y en general son mucho menos tolerantes al frío.

Los trigos con hábito de crecimiento facultativo tienen características intermedias entre las variedades de invierno y primavera y pueden sembrarse en otoño o invierno en los lugares en donde las temperaturas invernales no bajan más allá de unos cuantos grados bajo cero. En general tienen una adaptación más amplia que los otros dos tipos.

#### APICE DE CRECIMIENTO (O PUNTO VEGETATIVO)

El ápice de crecimiento está constituido por un grupo de nudos estrechamente compactos, de entrenudos y por la inflorescencia embrionaria (espiga); estas partes componentes del ápice de crecimiento se convierten finalmente en las partes aéreas de la planta. El punto de crecimiento se diferencia durante la última etapa de la plántula y antes del macollamiento, el desarrollo potencial de la planta, inclusive el número de espiguillas como un factor de rendimiento, se determina por consiguiente en esta etapa tan temprana. Las condiciones de crecimiento en

esta etapa inicial influyen en el rendimiento final del cultivo, por ejemplo: la sequia o las temperaturas altas en esta etapa temprana pueden limitar el rendimiento final.

El ápice de crecimiento (yema terminal) se localiza siempre sobre el nudo más alto en cada tallo. Generalmente el ápice de crecimiento está bajo la superficie del suelo hasta que casi se alcanza el 30% de la altura de la planta. El macollamiento generalmente termina antes de que el ápice de crecimiento esté arriba del suelo.

## PARTES DE LA PLANTA Y SU FUNCION

### 1. RAICES

Sirven para anclar y absorber el agua y los elementos nutricionales del suelo.

Hay dos tipos principales de raices en el trigo: las raices seminales (primarias) y de la corona (secundarias).

**RAICES SEMINALES:** Son las primeras que se desarrollan, se originan en el embrión cuando germina la semilla y crecen hacia abajo a partir del extremo inferior del embrión, se desarrolla la radícula y luego tres, cinco o siete raices seminales adicionales.

En una planta de trigo bien macollada, estas raíces pueden servir como apoyo del tallo principal de la planta.

RAICES DE LA CORONA: Se desarrollan después de que emerge la plántula, se originan a partir del tejido del tallo y se desarrollan después de que la planta tiene algunas hojas. Estas raíces emergen de los nudos basales del tallo.

### 1.1. ESTRUCTURA DE LA RAIZ

La estructura de la raíz consta de las siguientes partes:

- Cilindro Central: Es la parte central de la raíz, que contiene células especializadas y tejidos (xilema) para la traslocación hacia arriba del agua y de los nutrimentos disueltos y floema para la traslocación de alimentos hacia abajo.
- Corteza: Se compone de células (parénquima) capaces de transportar o de almacenar los carbohidratos.
- Epidermis: Es la cubierta externa de la raíz, que incluye los pelos radicales.

- Pelos Radicales: Resultan simplemente del alargamiento de las células epidérmicas y establecen un estrecho contacto con la partículas y el agua del suelo y con los iones solubles. Los pelos radicales tienen una vida de solamente algunas horas pero se forman nuevos continuamente durante el crecimiento activo de la planta.

### 1.2. CRECIMIENTO DE LA RAIZ

El crecimiento de la raíz se debe a la división y alargamiento de las células de la punta de la raíz. Las raíces no buscan el agua o los elementos nutritivos, simplemente lo interceptan en los espacios de los poros del suelo.

### 1.3. ABSORCION POR LAS RAICES

Las plantas absorben agua y elementos nutricionales a través de los pelos radicales, las raíces absorben el agua y los iones nutricionales por ósmosis.

La membrana semipermeable de la pared celular es el tejido colectivo que restringe la libre entrada o salida de iones nutricionales. El agua sin embargo se absorbe libremente a través de esta membrana independientemente del intercambio de iones nutricionales.

Entre más agua necesita una planta más rápidamente absorberá el agua disponible en el suelo. El agua tomada que excede la capacidad de la planta para transportarla como vapor a través de los estomas es expulsada a través de los poros de la hoja.

El marchitamiento ocurre cuando la transpiración excede a la absorción de agua.

## 2. TALLOS

Los cereales tienen un solo tallo principal que a su vez se dividen en una serie de nudos y entrenudos.

El área de crecimiento de cada entrenudo aéreo está siempre en la base. Esta área contiene el tejido meristemático compuesto de células jóvenes que se dividen activamente.

El alargamiento del tallo tiene lugar en esta área a través de la división y alargamiento de las células. El crecimiento en diámetro del tallo es también un resultado de alargamiento de las células.

## 2.1. ESTRUCTURA DEL TALLO

- Epidermis: Es una capa de células cubiertas con cutina.
- Corteza: Son células del perengüima que contiene cloroplastos.
- Haces Vasculares: Son tejidos conductores que se extienden a lo largo de la raíz, el tallo, las hojas y otras estructuras de la planta. Estos tejidos transportan agua, materias primas, alimento vegetal a diferentes secciones de la planta. El Floema es la parte externa de la haca vascular mediante el cual los carbohidratos se transportan hacia las áreas de almacenamiento. El xilema es la parte interna del haca vascular que transporta agua y nutrientes de la raíz hacia la parte aérea de la planta.

## 3. LAS HOJAS

Son la parte más importante de la planta, porque es donde se lleva a cabo la fotosíntesis a partir de las materias primas obtenidas del suelo y del aire, mediante el uso de la energía solar. Las hojas del trigo emergen de los nudos del tallo, cada nudo produce una hoja.

La hoja tiene dos partes, la vaina que envuelve el tallo y la lámina.

En el interior de la vaina hay un crecimiento membranoso delgado que se conoce como ligula.

La ligula se considera como una estructura protectora que impide que la lluvia, el polvo, los insectos entren y se acumulen dentro de la vaina. En la lámina de la hoja existen dos apéndices llamados aurículas.

La hoja bandera es la más alta en el trigo y responde por cerca del 80% del llenado de grano.

La estructura de la hoja se compone de 5 partes principales:

- Cutícula: Es la parte externa de la hoja, conformada por una capa de cutina que cubre la epidermis y evita la pérdida excesiva de agua.

- Epidermis: Una capa de células que contienen muchos estomas, especialmente en el envés.

- Parenguina: Células especializadas que contienen cloroplastos separados por cámaras de aire.

- Venas: Contienen el xilema y el floema a través de las

cuales se suministran las materias primas (agua y solutos) y se traslocan los productos de la fotosíntesis.

- Estomas: Son aberturas en la epidermis, por donde se realiza el intercambio del aire y transpiración como respuesta a la luz, absorción de agua y actividad fotosintética.

- Fotosíntesis: La fotosíntesis es la manufactura de sustancias alimenticias a partir del dióxido de carbono, agua y elementos nutricionales en presencia de la luz y la clorofila en los tejidos verdes de la planta.

Cuando la clorofila absorbe la luz, el dióxido de carbono y el agua son convertidas en azúcar y se libera el oxígeno.



Clorofila

El CO<sub>2</sub> entra a la planta a través de los estomas que se encuentran en la superficie de la hoja. La planta expide vapor de agua durante la transpiración e intercambio de aire. El aire contiene 300 partes por millón de dióxido de carbono y por este motivo este elemento es limitante en la fotosíntesis.

Los estomas constituyen la estructura clave en el control de la planta sobre la pérdida de agua y la entrada de CO<sub>2</sub>. Los estomas se abren en respuesta a la luz y a cantidades adecuadas de agua y se cierran cuando no hay luz o hay sequia. El cierre de los estomas reduce efectivamente la fotosíntesis impidiendo la entrada de CO<sub>2</sub>.

El oxígeno liberado durante la fotosíntesis pasa a la atmósfera a través de los estomas. El cierre de los estomas también evitará este intercambio gaseoso y el oxígeno probablemente será reabsorbido en la respiración, lo cual produce CO<sub>2</sub> que puede a su vez usarse para la fotosíntesis.

El agua requerida para la fotosíntesis es absorbida por las raíces y transportada via al tejido del xilema de las venas a la célula verde, una vez en el tejido de las hojas, el agua se mueve de una célula a otra por gradientes de difusión y la mayor parte se pierde por transpiración.

## EFFECTO DE LOS FACTORES MEDIOAMBIENTALES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL TRIGO

### a. LA TEMPERATURA

En general la fotosíntesis se incrementa con el aumento de la temperatura, ésta empieza más o menos a los 4 grados centígrados y su velocidad se duplica por cada incremento de 10 grados centígrados hasta aproximadamente 45 grados centígrados, cuando empieza la desnaturalización de enzimas.

La respiración se incrementa por encima de los 25 grados centígrados. Estos dos efectos resultan en temperaturas óptimas para la fotosíntesis neta entre 10 y 25 grados centígrados.

Una helada en cualquier época del año puede afectar a la planta, especialmente durante las últimas semanas antes de la floración y en la floración en razón a que se sucede la división meiótica en las anteras, también durante el llenado de grano las heladas lo pueden afectar.

### b. RADIACION

No tiene efecto directo sobre el desarrollo, sino que es el factor que determina el crecimiento, por medio de la

fotosíntesis.

La radiación tiene un efecto determinante en el crecimiento y rendimiento del trigo, cuando se presentan días nublados durante una fase crítica puede ocasionar un gran efecto sobre el rendimiento, así que en ocasiones un ciclo con mucha lluvia puede resultar en un rendimiento menor de lo que se hubiera esperado precisamente por la falta de radiación debido a la alta nubosidad.

#### c. HUMEDAD

Una planta de trigo usa solamente el 2% de agua para fines bioquímicos y el 98% es usado en la transpiración. Cuando una planta tiene suficiente agua la temperatura de las hojas es 2 o 3 grados centígrados menos que la temperatura ambiental; cuando los estomas empiezan a cerrar por falta de agua, sube la temperatura de la hoja y al mismo tiempo baja la velocidad de la fotosíntesis, porque el ingreso de CO<sub>2</sub> a la hoja es restringido. La difusión de CO<sub>2</sub> es afectado en mayor grado que la difusión de H<sub>2</sub>O, así que la fotosíntesis baja más rápido que la transpiración y la eficacia de uso de humedad en términos de materia seca provocada por gramo de agua es baja.

Una inundación puede reducir el crecimiento del cultivo por falta de aireación radicular y consecuentemente una baja en la respiración radicular. Después de un tiempo las raíces se pudren y hay formación de etileno el cual mata las raíces.

## BIBLIOGRAFIA

CAMPBELL, C.A. And READ, D.W.L. (1968). Influence of air, temperature, light intensity and soil moisture on the growth, yield and some growth analysis characteristics of chinook wheat growth chamber can. J. plant scia 48, 229-311.

CIMMYT. Desarrollo de los cultivos cerealícolas.  
Conferencias 1.983. 31 p.

EVANS, L.T. Fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur S.A; primera edición 1.983.

SALISBURY F. Plant physiology wadsworth. USA, 1969.

STUBBS, R.W. et al. Manual de metodología sobre las enfermedades de los cereales. México, Centro Internacional de Mejoramiento de maiz y trigo (CIMMUT), 1986. Pp 1-7.