



Crecimiento

1 de junio de 2020

Cátedra de Fisiología Vegetal

FCAyF-UNLP

Definición

- Incremento irreversible en tamaño o volumen.
 - Peso seco, altura, volumen, área, diámetro, número de células.
- División celular y expansión. Auxinas, giberelinas, citoquininas y etileno.
- Diferenciación



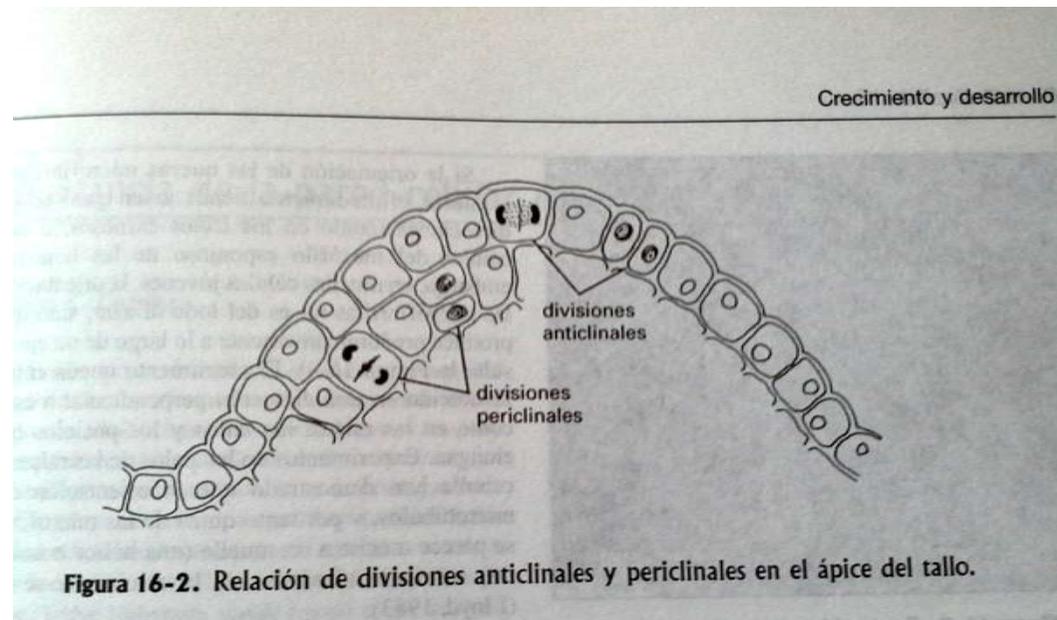
Crecimiento

- Crecimiento indeterminado (ápices)
- Crecimiento determinado (hojas, flores, frutos)

- 
- La forma y el tamaño de las plantas depende de la velocidad, duración y distribución del crecimiento a lo largo del tiempo.
 - En las plantas anuales de floración terminal la floración indica el fin de la actividad meristemática del ápice caulinar.
 - Dominancia apical y la forma de las plantas, girasol (absoluta), coníferas (relativa), poda y pastoreo (manejo cultural).

Crecimiento celular

- División celular
 - Periclinal (paralela al perímetro)
 - Anticlinal (perpendicular al perímetro)



Zonas de crecimiento

- Meristemas

- Meristemas primarios (embrionarios):

- Ápice caulinar
- Ápice radical
- Axilares

- Meristemas secundarios:

- Cambium
- Felógeno

- Meristemas intercalares

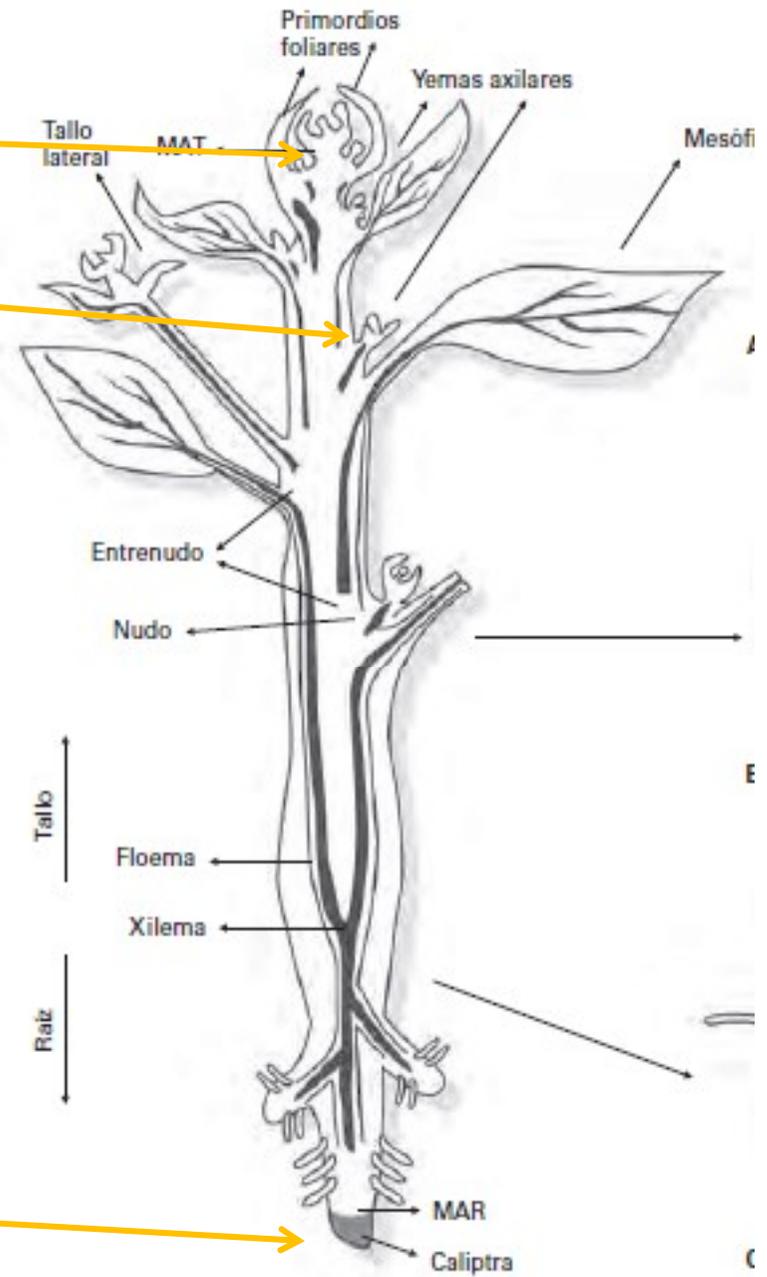
- Base de los entrenudos, vainas y láminas (en gramíneas)

- Meristemas laterales o marginales

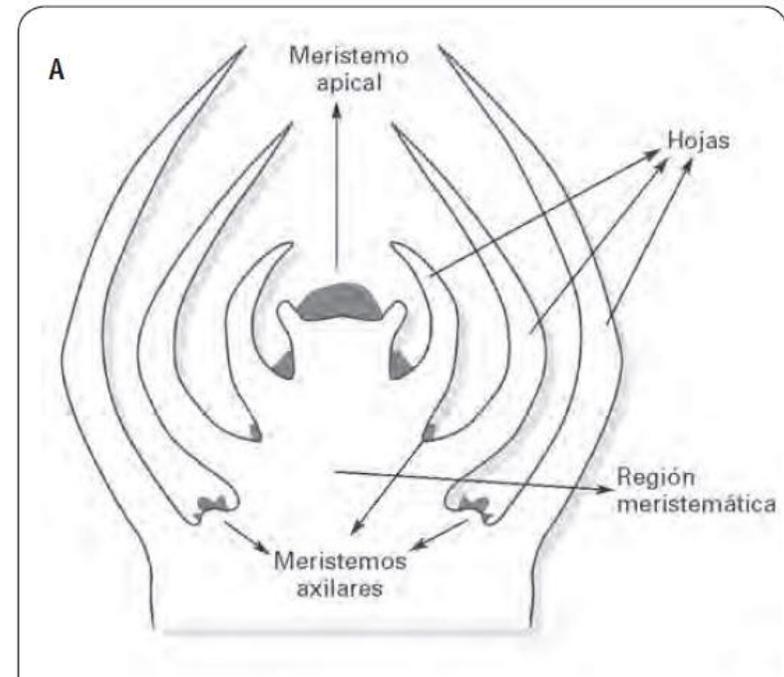
Meristema apical del tallo

Meristemas axilares

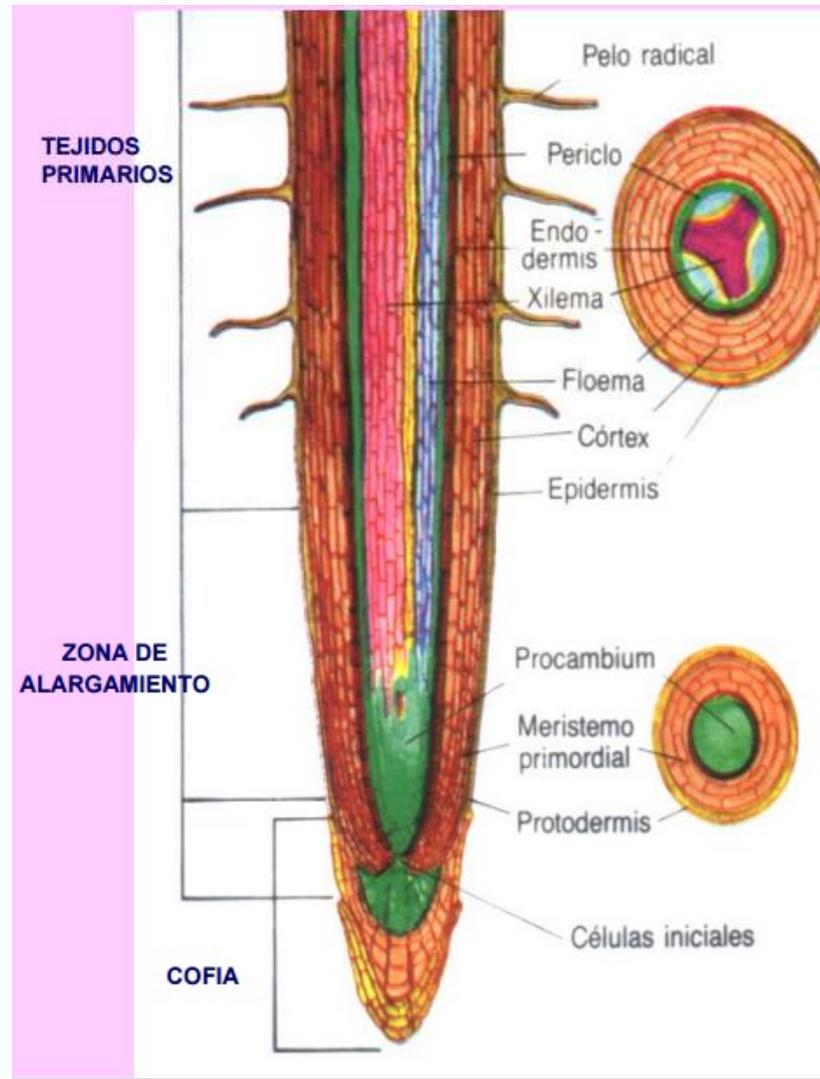
Meristema apical de la raíz



Meristemas primarios



Meristemas primarios



Zonas de crecimiento

- **Meristemas**

- Meristemas primarios (embrionarios):

- Ápice caulinar
- Ápice radical
- Axilares

- **Meristemas secundarios:**

- Cambium
- Felógeno

- Meristemas intercalares

- Base de los entrenudos, vainas y láminas (en gramíneas)

- Meristemas laterales o marginales

Meristemas secundarios

- Se forman a partir del segundo año de vida
- Responsables del crecimiento en grosor
- Distribuidos por toda la planta
- Derivan de otras células adultas que se des-diferencian y recuperan su capacidad de división

Cambium vascular

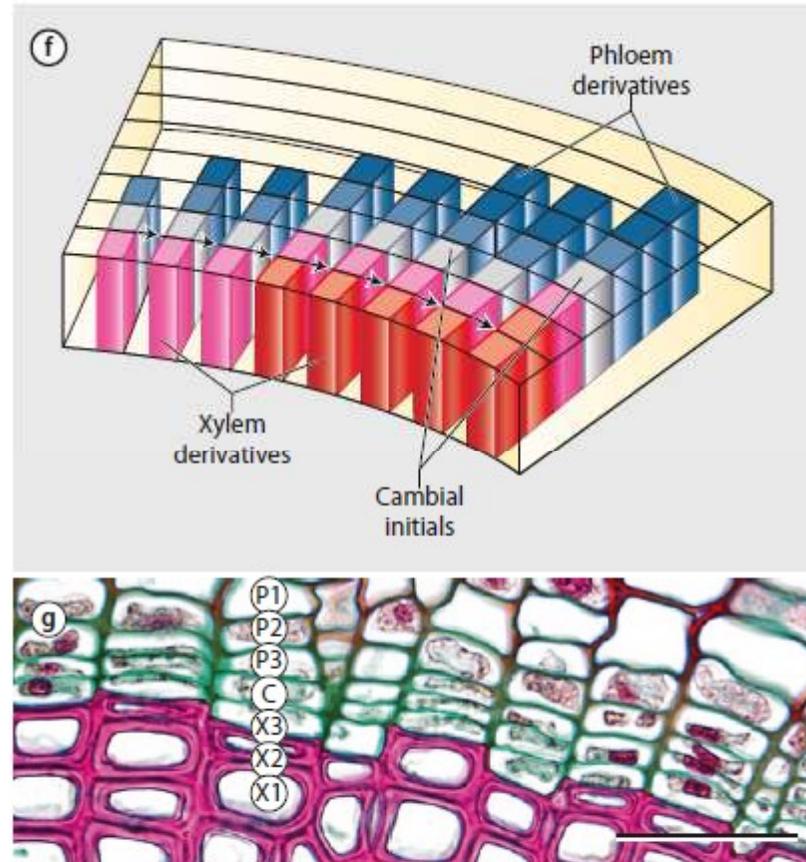


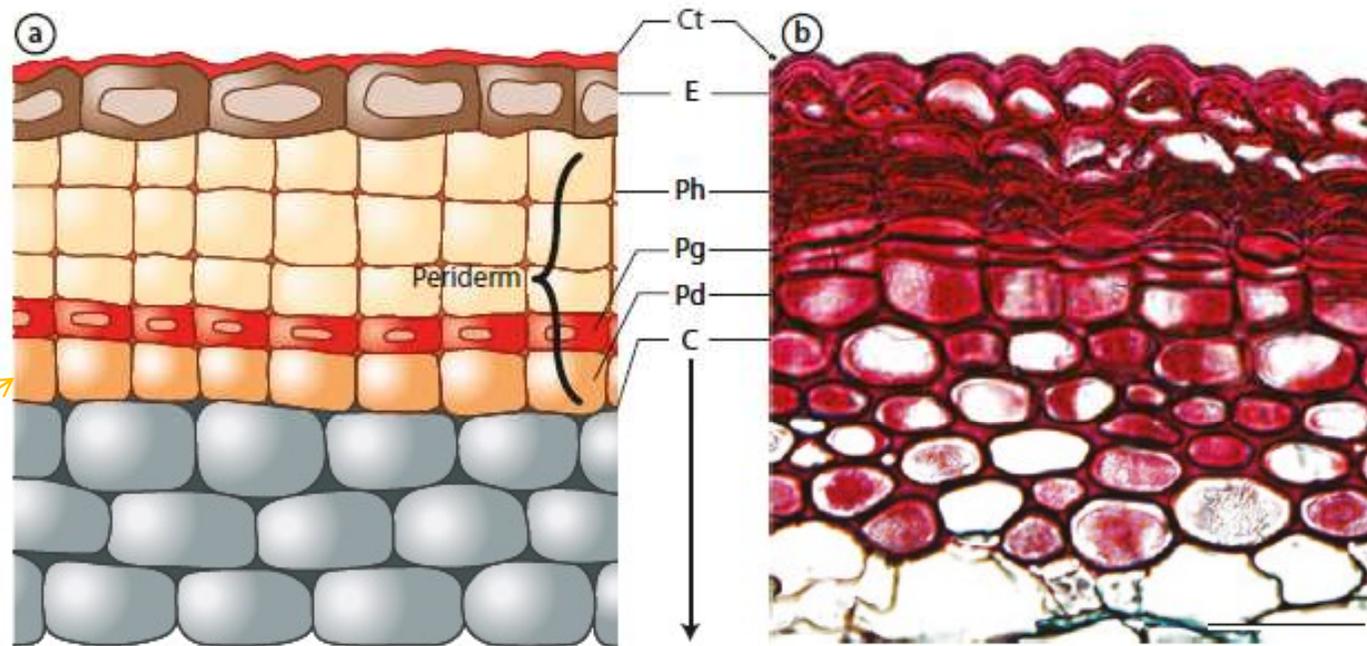
Fig. 14.1 **f** A sequence of bifacial cambial cell divisions generates xylem derivatives to the interior (X1–X3) and phloem derivatives to the exterior (P1–P3). Notice how the cambial zone gets pushed to the exterior by expansion of the xylem cells. **g** Vascular cambium of ginkgo (*Ginkgo biloba*) stem. A cambial initial (C), three xylem derivatives (X1–X3), and three phloem derivatives (P1–P3) are labeled. Xylem derivative #3 (X3) has not yet developed a secondary cell wall. Scale bar = 25 μm (g RR Wise)

Felógeno

Súber o corcho

felógeno

felodermis



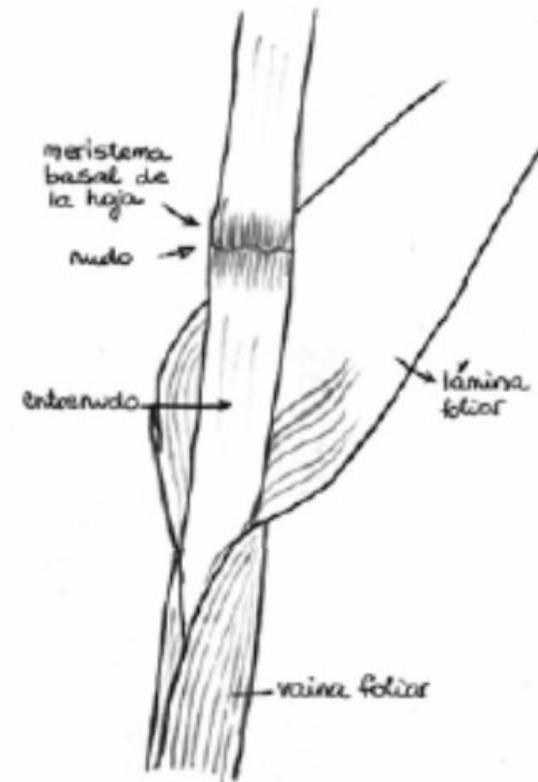
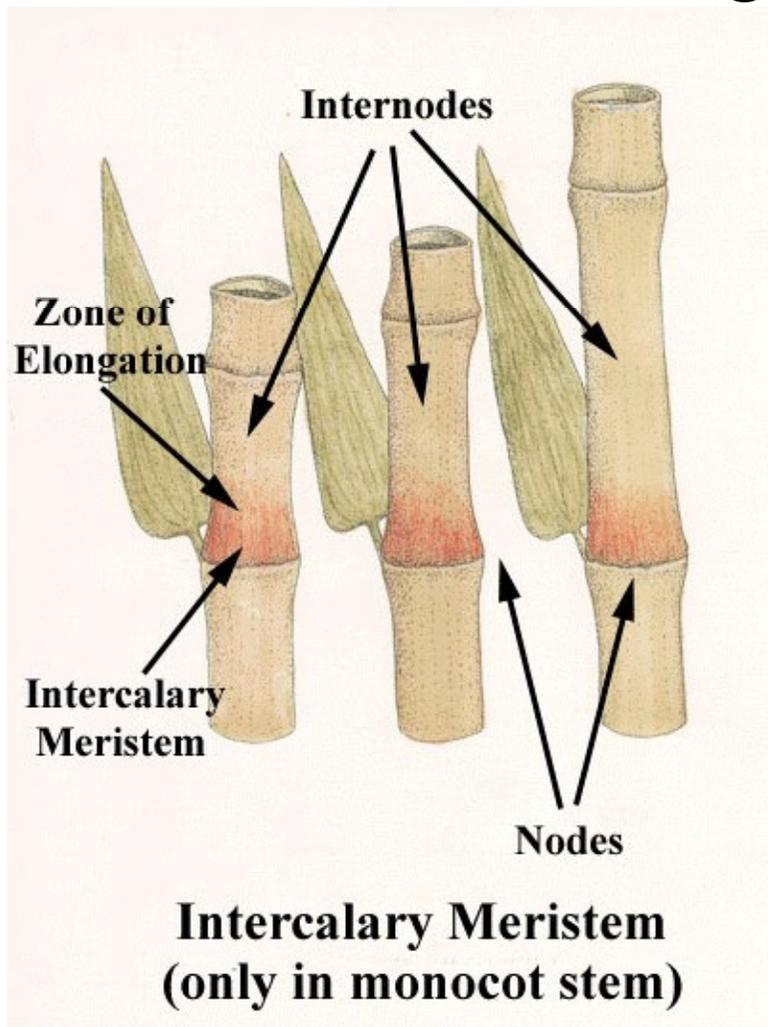
■ Fig. 16.1 a Drawing of epidermis, periderm, and cortical layers in a young stem. b A cross-section of a 1-year-old American basswood (*Tilia americana*) stem at the outer surface. The cuticle (Ct) and epidermis (E) have not been shed yet but will when the periderm has fully developed. The phellem (Ph) is composed of heavily suberized and partially collapsed cork cells. The phellogen (Pg) is meristematic and shows periclinal divisions, producing phellem to the exterior and phelloderm to the interior. The phelloderm (Pd) is a single layer of large cells that align in a radial direction with the phellogen. The cells in the outer layer of the cortex (C) do not align with the phelloderm/phellogen but are becoming suberized. The large, innermost cortical cells are parenchymatous. Phelloid cells, located in the phellem when found, are not shown in either a or b. Scale bar in b = 25 μ m (a, b RR Wise)

Zonas de crecimiento

- Meristemas
 - Meristemas primarios (embrionarios):
 - Ápice caulinar
 - Ápice radical
 - Axilares
 - Meristemas secundarios:
 - Cambium
 - Felógeno
 - **Meristemas intercalares**
 - Base de los entrenudos, vainas y láminas (en gramíneas)
 - Meristemas laterales o marginales

Meristemas intercalares

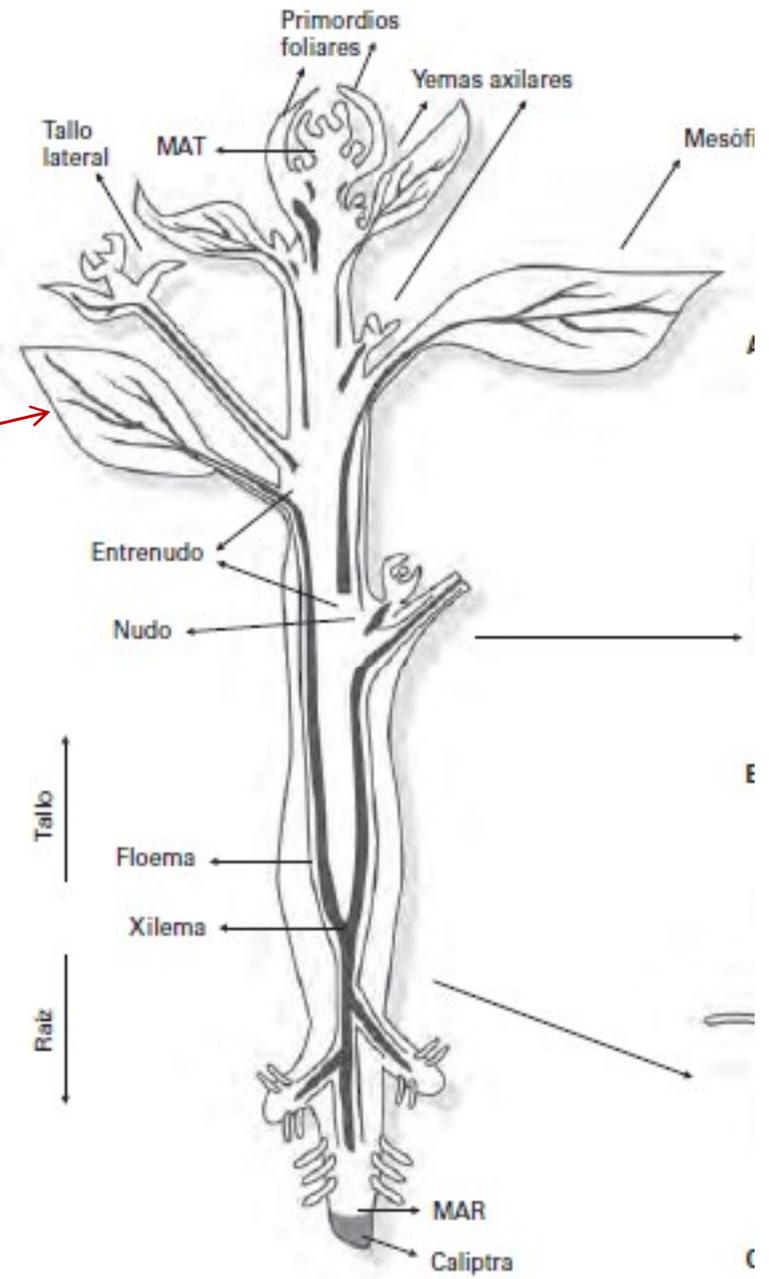
- Crecimiento en gramíneas



Zonas de crecimiento

- Meristemas
 - Meristemas primarios (embrionarios):
 - Ápice caulinar
 - Ápice radical
 - Axilares
 - Meristemas secundarios:
 - Cambium
 - Felógeno
 - Meristemas intercalares
 - Base de los entrenudos, vainas y láminas (en gramíneas)
 - Meristemas laterales o marginales

Meristemas marginales



Ablandamiento de la pared celular

- La pared pierde rigidez
- Entrada de agua
- Extensibilidad

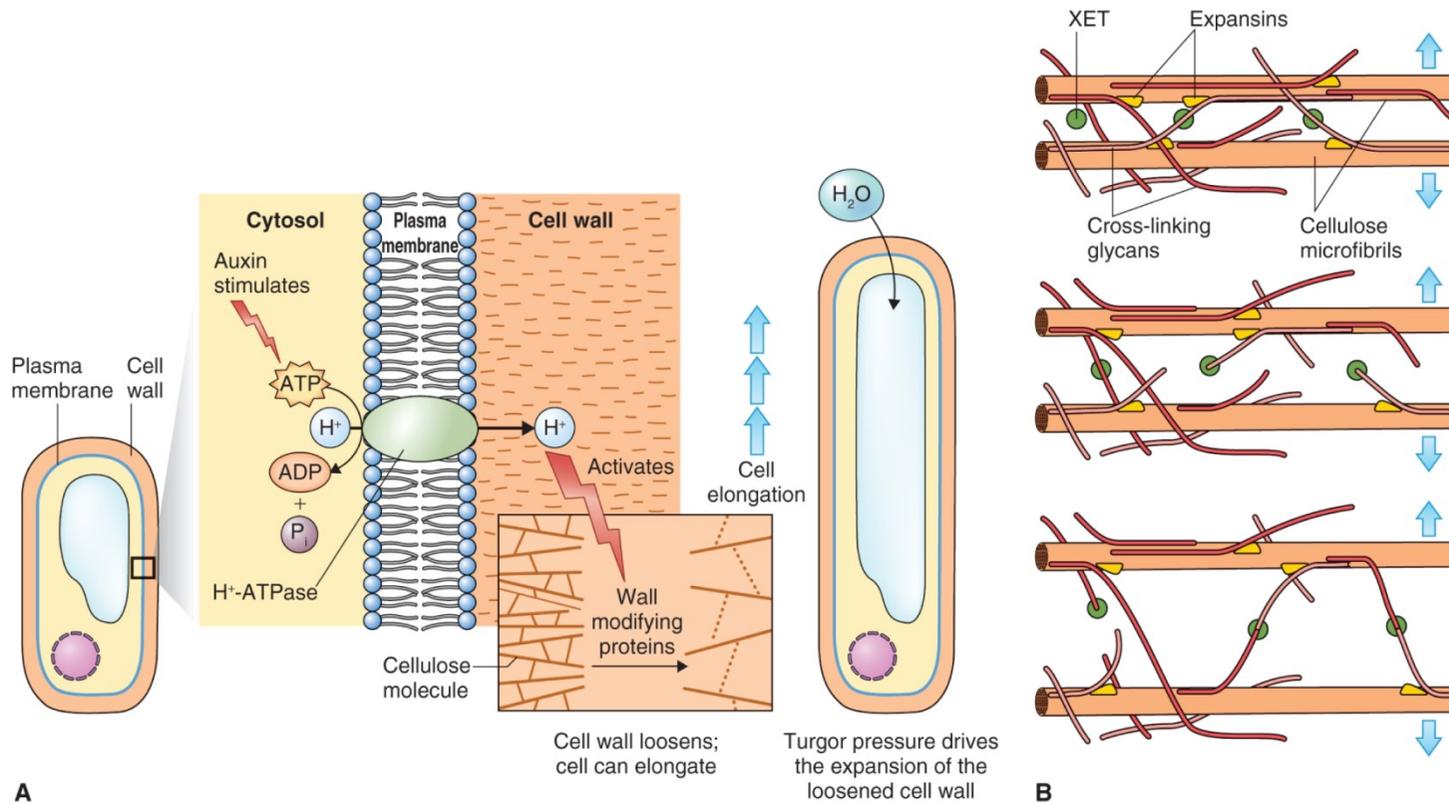


Figure 12.10

Cell wall microfibril separation and osmotically-driven cell expansion. (A) Acid growth is mediated by an auxin-stimulated proton pump in the plasma membrane, which decreases the pH of the cell wall solution, promoting the activity of wall-loosening proteins. (B) Loosening of cross-linking glycans, the consequence of the breakage of steric cellulose–glycan interactions by expansins, or by the action of a transglycosylase (XET), or both.

Pared celular, componentes

	% (ejemplos)	Síntesis
Celulosa	25	Membrana plasmática (complejo celulosa sintasa)
Hemicelulosas	25	Golgi y secretadas en vesículas
Pectinas	35	Golgi y secretadas en vesículas
Lignina		
Proteína	1-8	

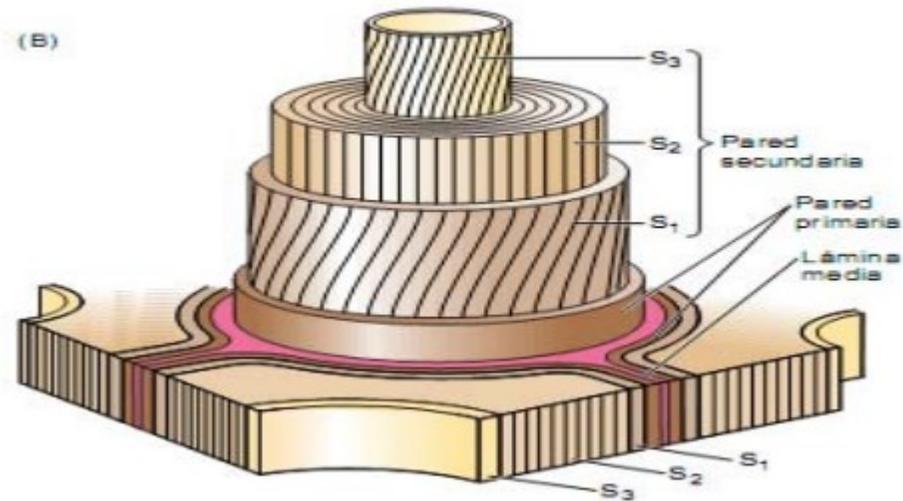
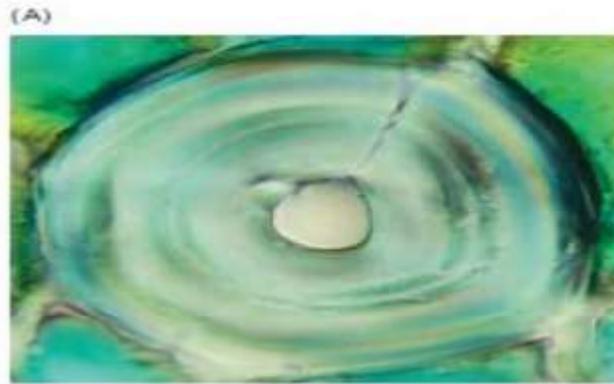
➤ Formación de la pared primaria (Plasticidad)

- Las paredes celulares contienen proteínas, tanto estructurales como enzimáticas.
 - Proteína estructural: la extensina
 - Proteína enzimática: las expansinas

➤ Formación de la pared secundaria (Resistencia)

- Al finalizar el alargamiento celular.
 - Incorpora celulosa, trama densa, resistencia.
 - Sustancias incrustantes (Embebidos en la matriz)
 - Lignina
 - Mucílagos
 - Taninos
 - Sílice
 - Carbonato de calcio
 - Sustancias adcrustantes (Superficie)
 - Cara interna: suberina, calosa
 - Cara externa: cutina, ceras

- A. Sección de una esclereida
- B. Diagrama de la organización de la pared celular, con tres capas dentro de la pared secundaria



Crecimiento

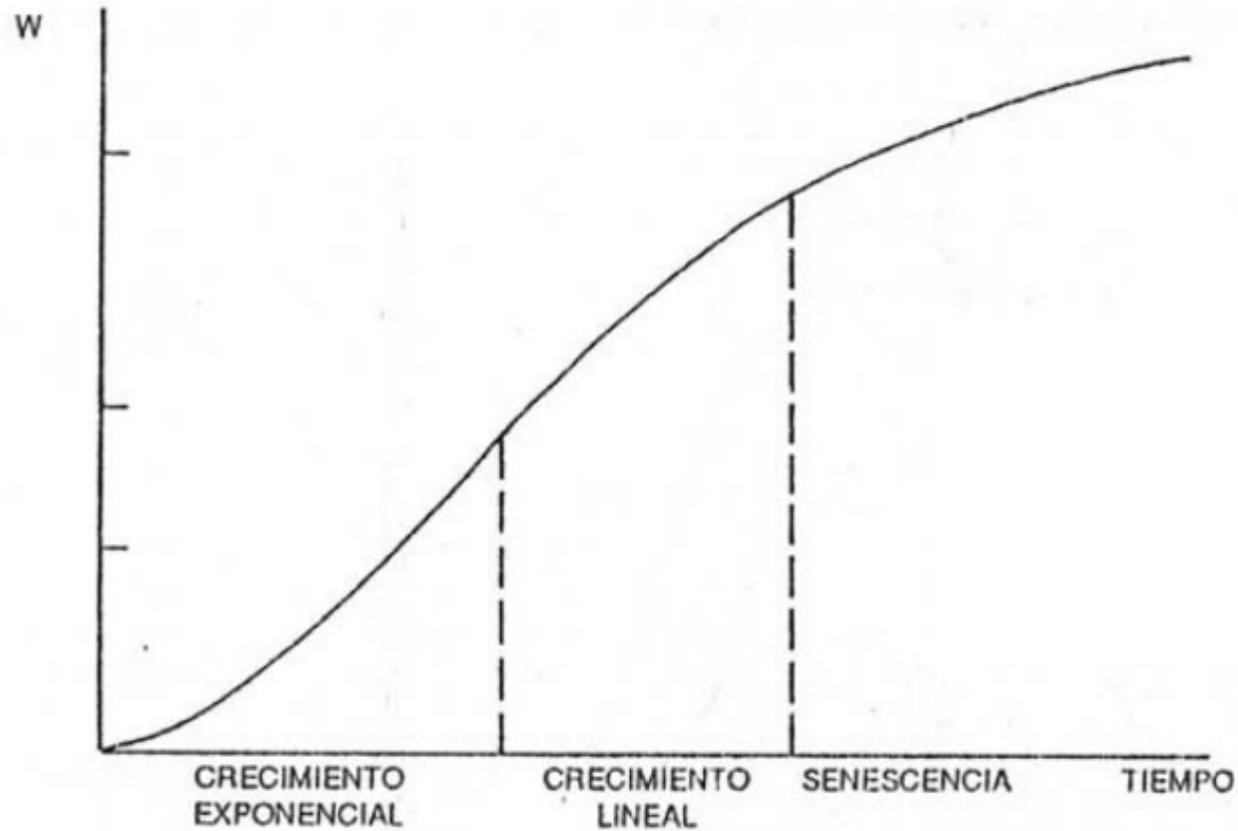
- **Carácter periódico**
 - **Período de reposo, invernal (casi absoluto)**
 - **Dormición (causas endógenas), ABA**
 - **Quiescencia (causas exógenas). Bajas temperaturas, sequía.**



Cinéticas de crecimiento

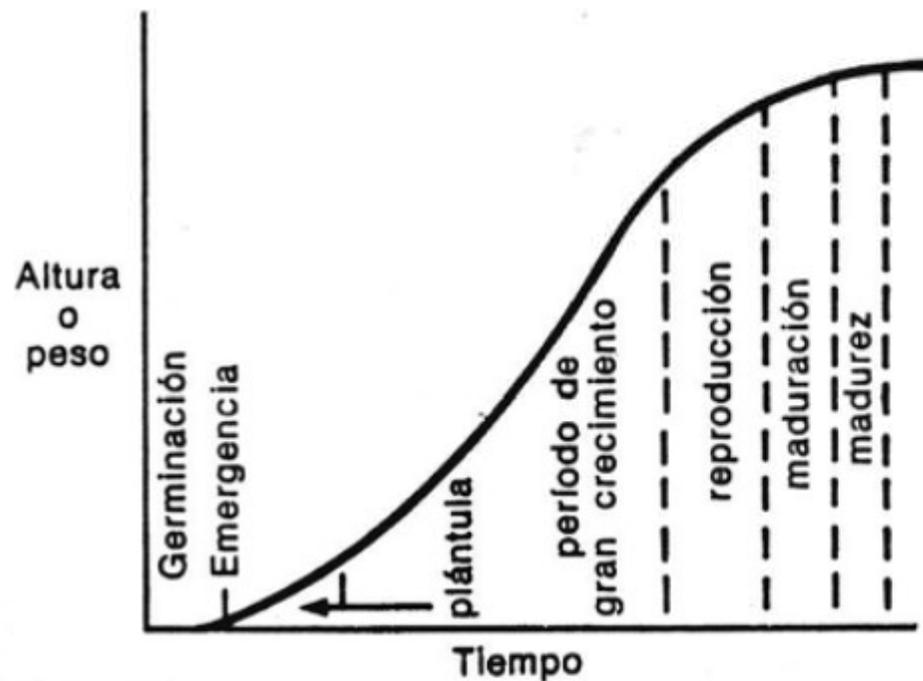
- Fase exponencial o logarítmica
- Fase lineal o rectilínea (incrementos constantes)
- Fase de madurez o senescencia (decreciente)

Cinética de crecimiento



Cinética de crecimiento

Figura 29. Curva sigmoidea de crecimiento y relación con el desarrollo



Curva normal del crecimiento.

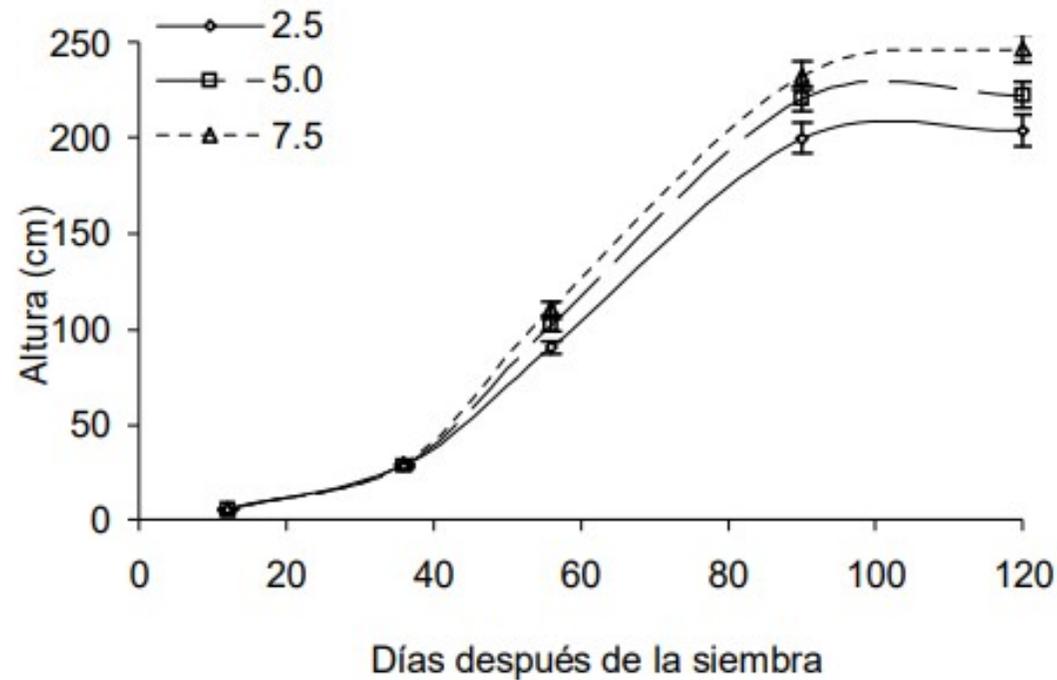


Figura 2. Dinámica de la altura de la planta de girasol cv. Victoria, en función de la densidad de población.

Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol
L.Aguilar-García y col. [Terra Latinoamericana 2005, 23 \(3\)](#)



Factores que afectan el crecimiento

- Todos los factores que afectan la fotosíntesis, la respiración y el traslado de fotoasimilados.
 - Irradiancia (fotosíntesis/ganancia neta de carbono)
 - Temperatura
 - Déficit hídrico
 - Nutrición mineral
 - Respiración
 - Estrés

Crecimiento

- Crecimiento absoluto

$$CA = \Delta \text{biomasa} / \Delta t$$

$$CA = \Delta \text{área} / \Delta t$$

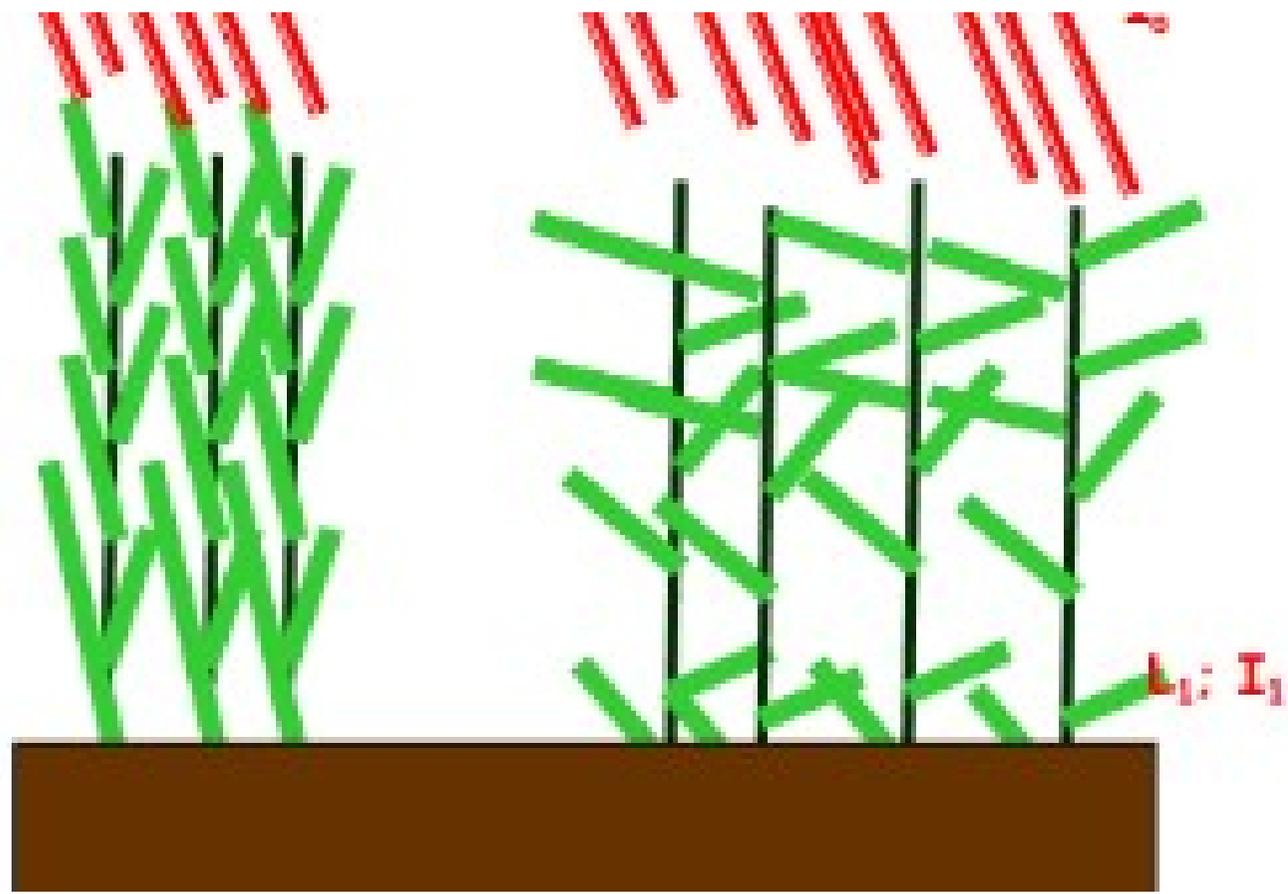
- Crecimiento relativo

%

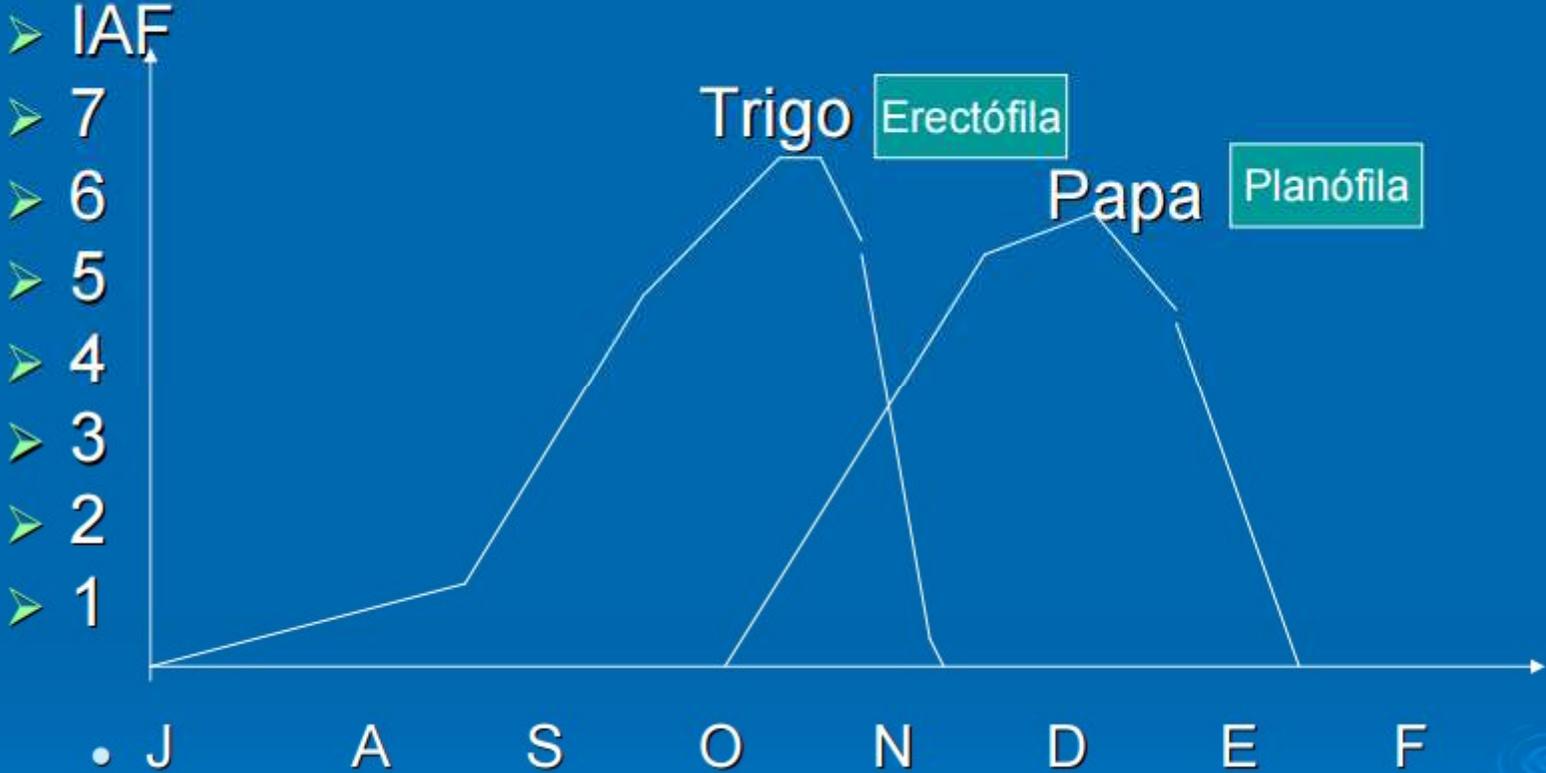
Coeficientes e índices de crecimiento

- Índice de área foliar (IAF)
- Depende del estado del cultivo y de la arquitectura de las plantas
 - Relaciona la superficie de hojas y la superficie de suelo

$$\text{IAF} = \frac{\text{(superficie de hojas) (m}^2\text{)}}{\text{(superficie de suelo) (m}^2\text{)}}$$



IAF en función del Tiempo



Coeficientes e índices de crecimiento

- Coeficiente de asimilación neta (E, CAN, TAN)
- Índice fisiológico
- Afectado por todos los factores que modifican el metabolismo del carbono, la nutrición y los estreses.
- $$E = \frac{(P_f - P_i) (\ln AF_f - \ln AF_i)}{(t_f - t_i) (AF_f - AF_i)} = \text{g dm}^{-2} \text{ de hoja día}^{-1}$$

Coeficiente o Tasa de asimilación neta (E)

Cuadro 3. Tasa de asimilación neta (TAN) en girasol cv. Victoria, en función de la densidad de población.

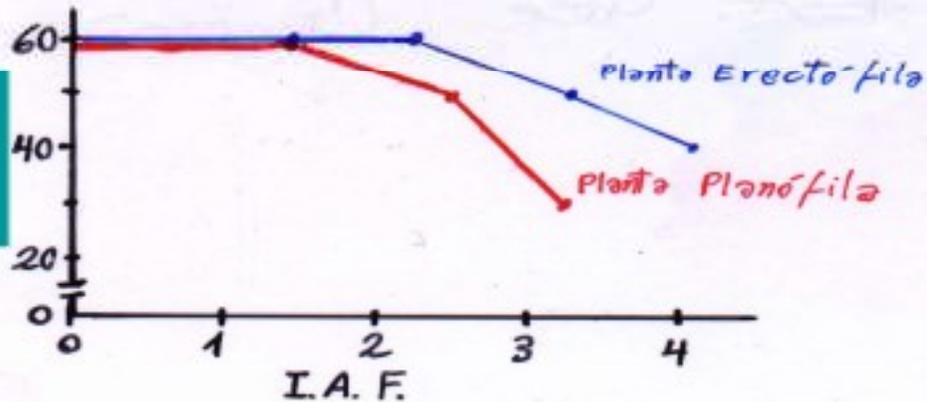
Densidad de población	TAN		
	12 a 36 DDS	37 a 56 DDS	57 a 90 DDS
plantas m ⁻²		g m ⁻² d ⁻¹	
2.5	25.8 a [†]	22.2 a	10.70 a
5.0	19.0 b	18.1 b	8.06 b
7.5	18.9 b	18.7 b	7.83 b

[†] Letras iguales en cada columna indican valores estadísticamente iguales (Tukey, P < 0.01).

Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol
L.Aguilar-García y col. [Terra Latinoamericana 2005, 23 \(3\)](#)

Tasa de asimilación neta en función del área foliar

$$E = (\text{g.m}^2\text{hojas.sem})$$



Coeficientes e índices de crecimiento

- **Coeficiente de productividad neta (C)**
- **Índice económico**
 - Relaciona E y IAF

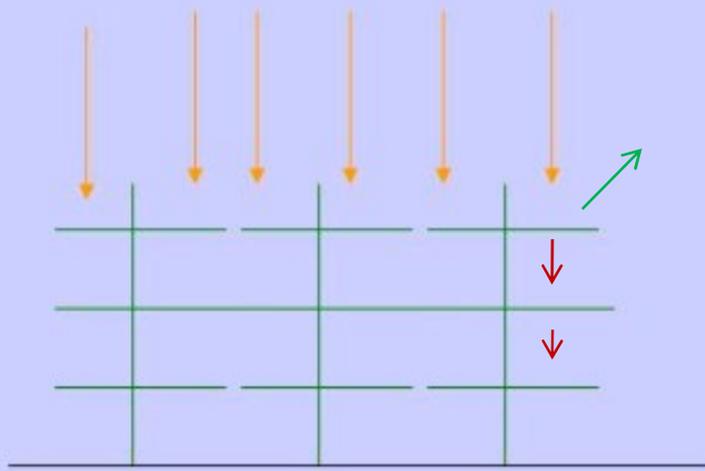
$$C = E \cdot IAF = \text{g dm}^{-2} \text{ de suelo día}^{-1}$$

DENSIDAD	E (g.m².sem)	IAF ()	C= E . IAF (g.m².sem)
ESPECIE PLANÓFILA			
5	60	1.4	84
10	50	2.4	120
15	30	3.2	96
ESPECIE ERECTOFILA			
5	60	1.2	72
10	60	2.3	138
15	50	3.3	165
20	40	4	160

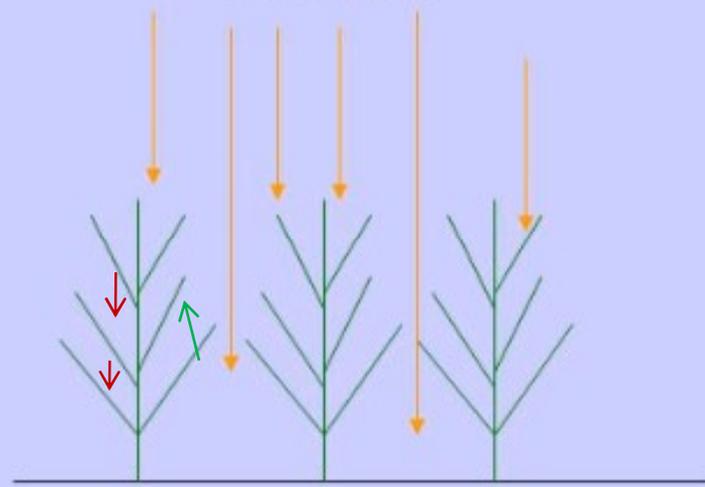
Preguntas de crecimiento

- Esquematice el comportamiento de un haz de luz incidiendo en el canopeo de un cultivo de una especie planófila y de una erectófila
- ¿por qué afecta el déficit N el crecimiento de un cultivo?
- ¿cómo afecta la respiración al crecimiento?
- ¿qué hormonas inducen la división celular y el alargamiento celular?

Planófila



Erectófila



- 
- ¿dónde está localizado el crecimiento en una planta de girasol o eucalipto, que tiene 6 hojas expandidas?
 - ¿cómo afecta el déficit hídrico al crecimiento?
 - ¿en qué condiciones ambientales se sintetiza ABA?
 - ¿cómo actúan las auxinas en el alargamiento celular?
 - ¿por qué entra en dormición una yema a mediados o fin de otoño?

- 
- ¿en qué momento del año podemos encontrar valores más altos de E, en una pastura de alfalfa o en una plantación de eucalipto?
 - Si bien la densidad de siembra es menor en el cultivo de girasol que en el de trigo, explique las causas por las cuales el girasol llega en menor tiempo a tener un IAF de 1
 - Explique el/los motivo/s que llevan a disminuir el E cuando aumenta el IAF