

Capítulo 5: Crecimiento en altura y en diámetro

5.0 Introducción

El crecimiento de las plantas leñosas se produce según dos mecanismos distintos: el crecimiento en altura y el crecimiento en diámetro. Cada uno de estos mecanismos de crecimiento es asegurado por tejidos particulares llamados *meristemas*. Los meristemas son tejidos embrionarios poco diferenciados y en constante división celular. Ellos producen por lo tanto constantemente nuevos tejidos que se agregan a la planta.

Se reconocen dos tipos de meristemas en las plantas leñosas. Primeramente el meristema *apical* (o *meristema primario*) responsable del crecimiento en altura y situado en el extremo de las ramas. En segundo lugar el *cambium* (o *meristema secundario*) responsable del crecimiento en diámetro y situado entre el xilema y el floema.

5.1 Meristema Apical

El meristema apical produce tres tipos de tejidos: la *protodermis* (o *epidermis*), el *procambium* y el *meristema* de la médula. Estos tejidos evolucionan hacia la *protodermis*, el *floema secundario*, el *cambium* y el *xilema secundario* como lo muestra la figura 5.1.

5.2 Cambium (meristema secundario)

El cambium es una capa de células meristemáticas en vía de división activa, situada entre el xilema y el floema (figura 5.2). Estas células son llamadas cambiales iniciales. Se encuentran dos tipos de cambiales iniciales: las fusiformes iniciales y las radiales iniciales.

5.2.1 Fusiformes iniciales

Las fusiformes iniciales dan origen a las células longitudinales tanto del xilema como del floema. En plan LT, las fusiformes iniciales tienen una forma plana y ahusada (figura 5.2), mientras que tienen un perfil en puntas en el plano LR (figura 5.4). Son de un largo que varía de 2 a 9 mm. y de un diámetro de 30 μm . y más en las resinosas. En las latifoliadas, las fusiformes iniciales tienen un largo que varía de 0.3 a 2 mm.

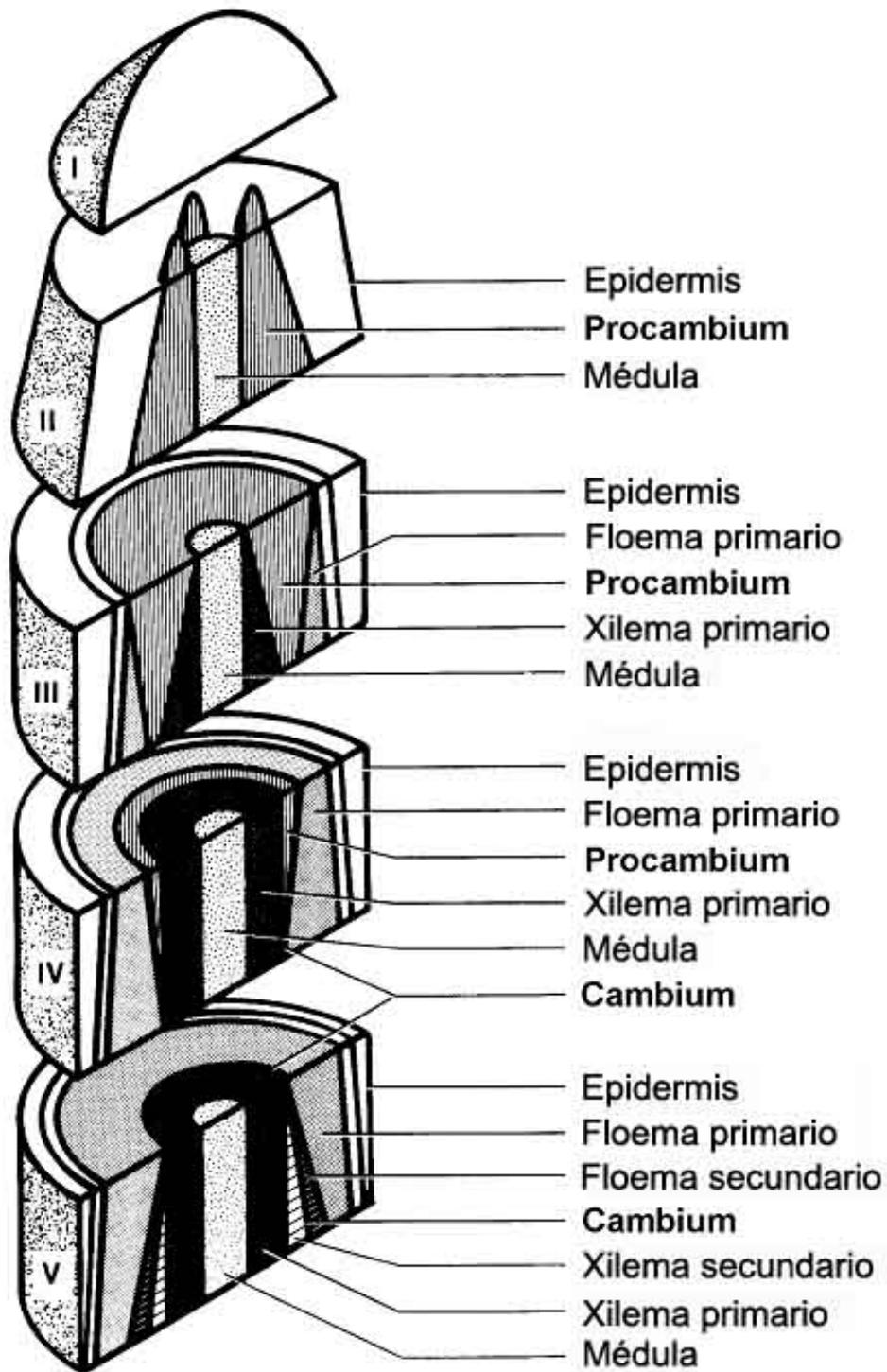


Figura 5.1 Esquema del meristema apical (adaptado de Haygreen y Bowyer 1989).

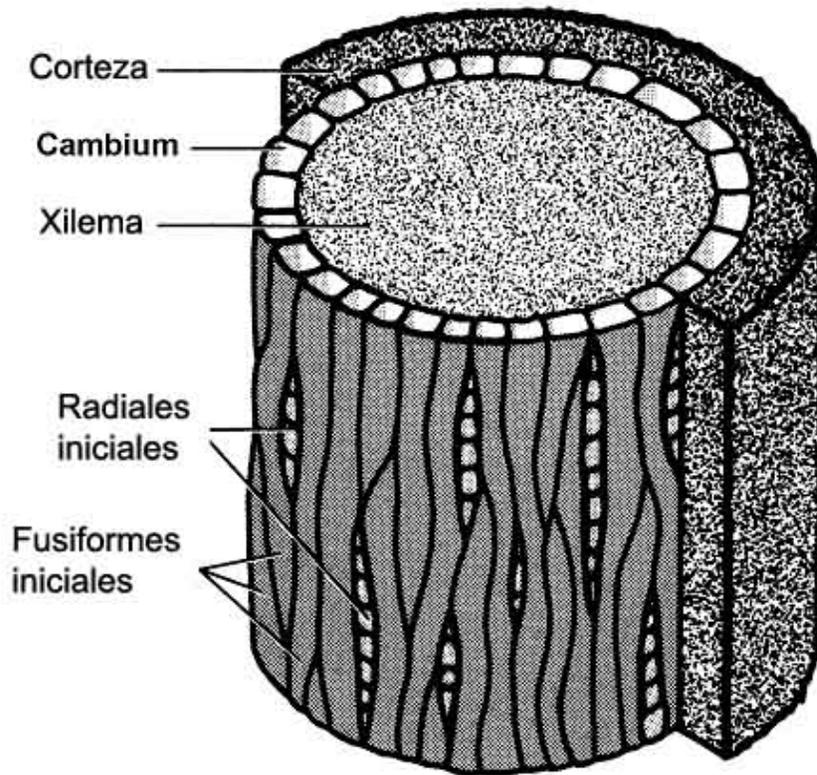


Figura 5.2 Esquema del cambium, fusiformes y radiales iniciales (adaptado de Haygreen y Bowyer 1989).

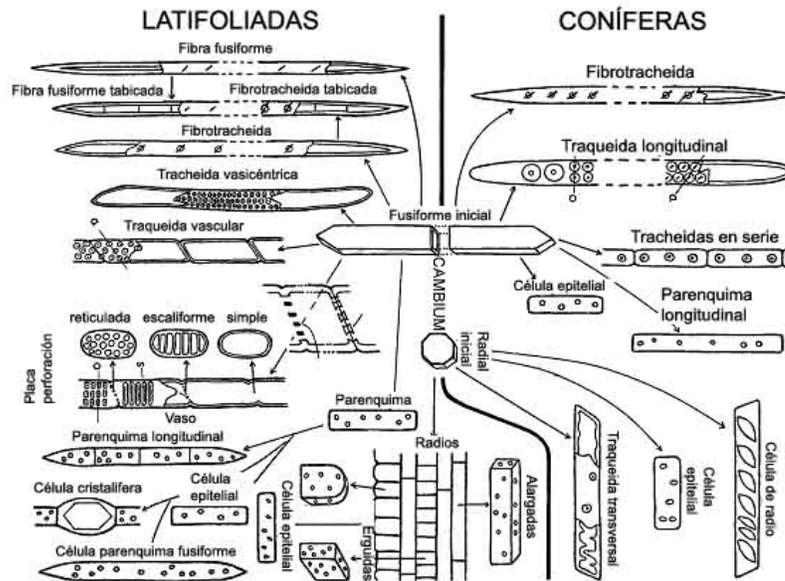


Figura 5.3 Tipos de células de xilema derivadas de las células cambiales iniciales en coníferas y latifoliadas (adaptado de Jane 1970).

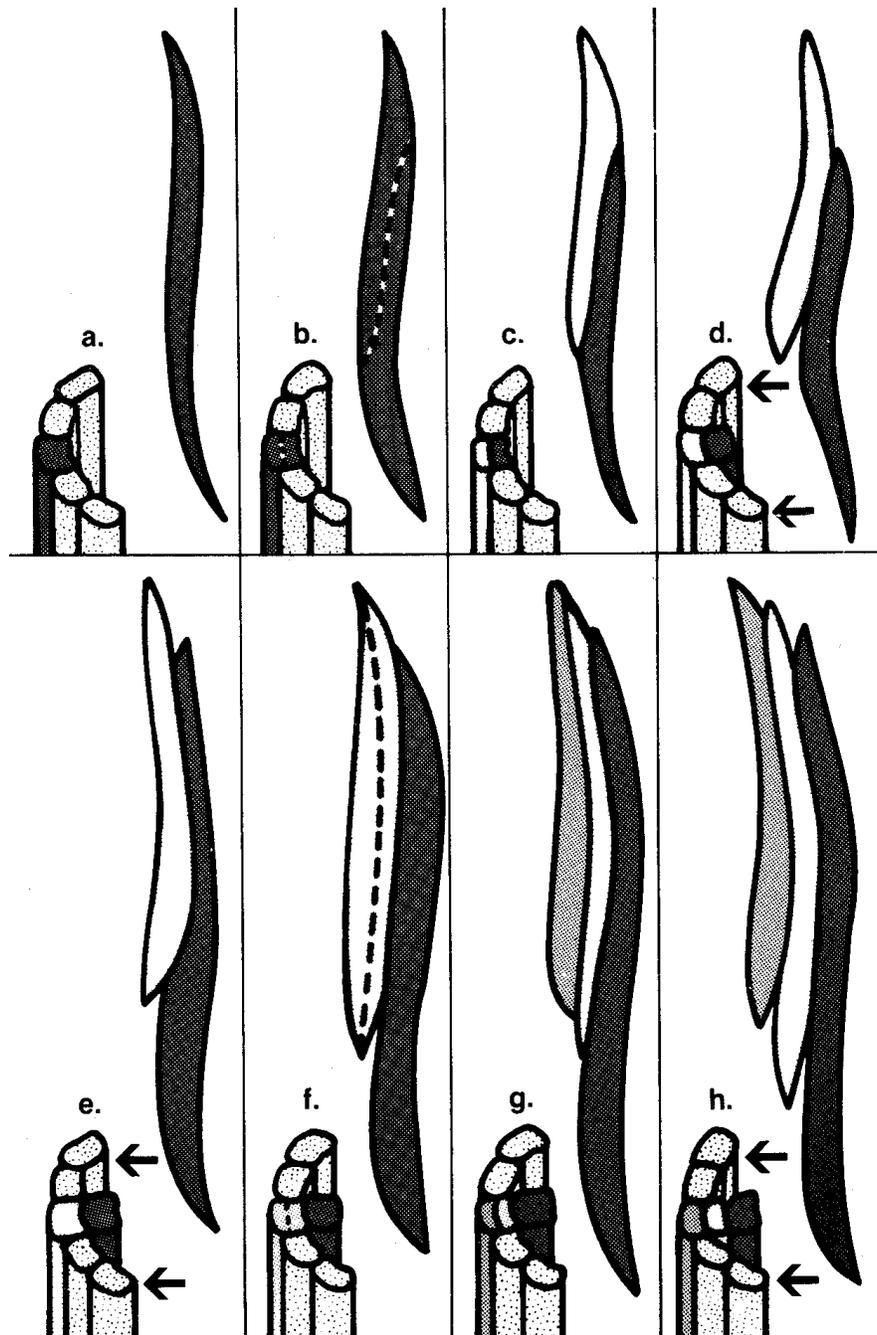


Figura 5.4 División periclinal de las fusiformes iniciales del cambium (adaptado de Haygreen y Bowyer 1989)

El cambium estratificado es un caso particular que se encuentra en ciertas especies incluyendo la acacia blanca (*Robinia pseudoacasia*). En esas maderas, las fusiformes iniciales son de un largo más o menos uniforme y están agrupados en corridas horizontales (figura 5.5). El largo de las fusiformes iniciales en las maderas de cambium estratificado varían de 140 μm a 520 μm .

5.2.2 Radiales iniciales

Las radiales iniciales son células de forma cúbica que dan origen a las células de radio y a las células epiteliales (figuras 5.3 y 5.5).

5.2.3 Proceso de división celular en el cambium

Las células del cambium pueden dividirse sucesivamente para formar nuevas cambiales iniciales y nuevas células de xilema y floema. Las cambiales iniciales se dividen según dos mecanismos diferentes: 1) Según una división periclinal, 2) Según una división anticlinal.

División Periclinal

La división periclinal se efectúa según un plan LT tal como está ilustrado en las figuras 5.4, 5.6 y 5.7. Este tipo de división permite el crecimiento en diámetro de la planta para la formación de nuevas células de xilema y de floema.

División Anticlinal

La división anticlinal se efectúa según un plan LR, tal como está ilustrado en las figuras 5.6 y 5.7. Es responsable de la formación de nuevas células del cambium que permiten el crecimiento en circunferencia de este último. Es necesario remarcar que el crecimiento en circunferencia del cambium es igualmente debido al crecimiento subsecuente de las iniciales del cambium en altura y en diámetro como consecuencia de la división celular, tal como está ilustrado en la figura 5.8.

La producción de nuevas radiales iniciales tiene lugar según diferentes mecanismos. Ellas pueden ser producidas por la reducción en el largo de un cierto número de fusiformes iniciales o por la división celular de fusiformes iniciales o de algunas zonas de las fusiformes iniciales, tal como está ilustrado en la figura 5.9. En el caso de las latifoliadas con radios multiseriados, el número de radiales iniciales aumenta por la división de las radiales iniciales presentados o por fusión de varias radiales vecinas.

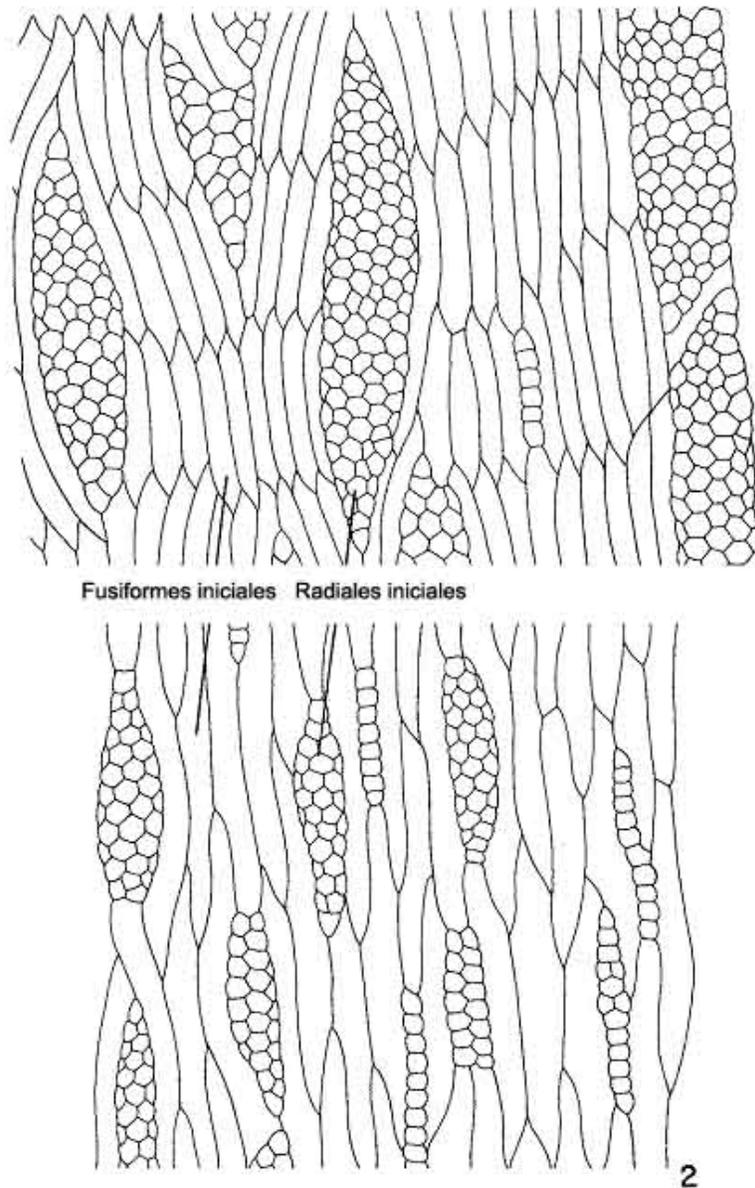


Figura 5.5 Plano tangencial del cambium. 1) Cambium estratificado 2) Cambium no-estratificado (adaptado de Fahn 1990).

5.2.4 Mecanismo de formación de las células de xilema y de floema

El crecimiento del árbol en diámetro es causado por la división periclinal de las fusiformes iniciales y de las radiales iniciales. Esas divisiones pueden producir ya sea una nueva inicial de cambium y una célula-madre de xilema, o bien una nueva inicial de cambium y una célula madre de floema. Las células - madres de xilema son producidas más frecuentemente que las células- madres de floema. Una célula - madre de floema se dividirá en dos células de floema, mientras que una célula - madre de xilema se dividirán dos células - hijas de xilema que se dividirán a su vez cada una en

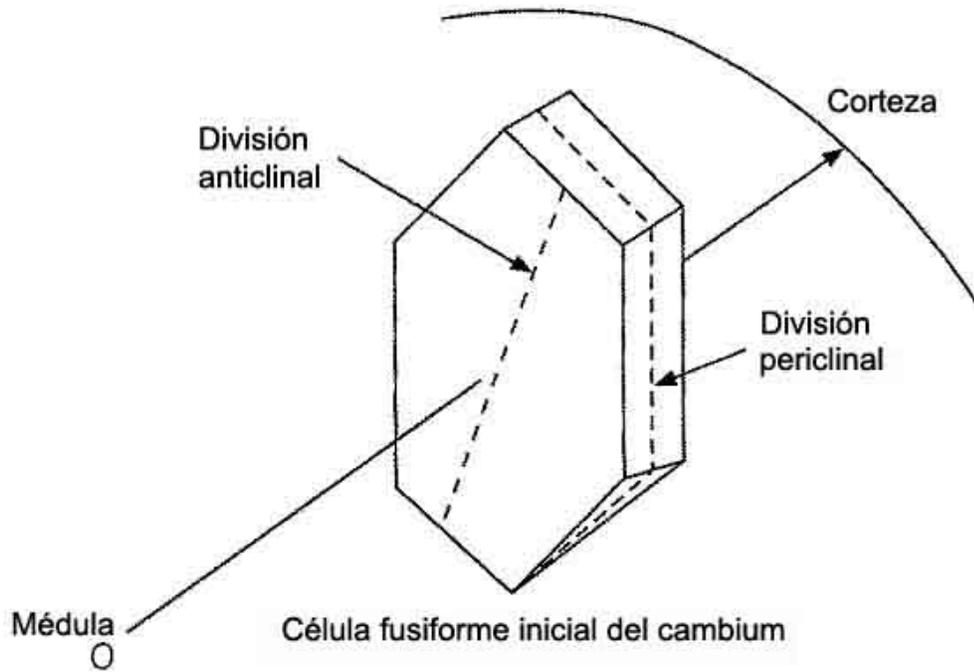


Figura 5.6 División periclinal y anticlinal de la fusiforme inicial del cambium (adaptado de Benabdallah, 1996)

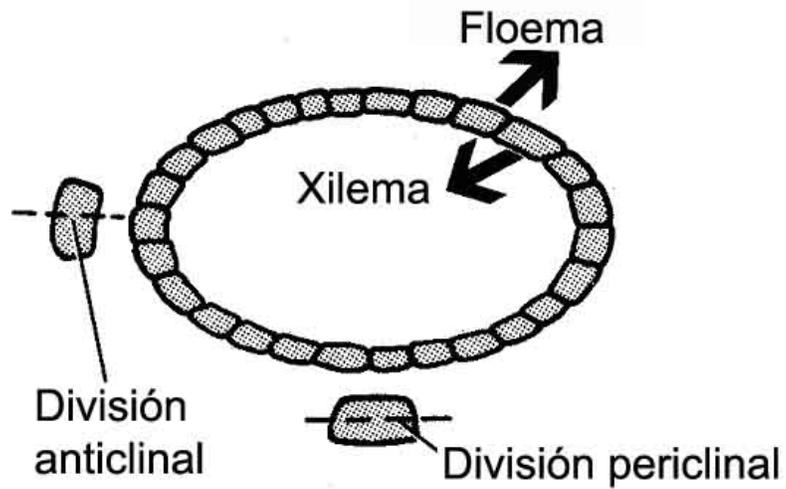


Figura 5.7 División periclinal y anticlinal de la cambial inicial (adaptado de Haygreen y Bowyer, 1989)

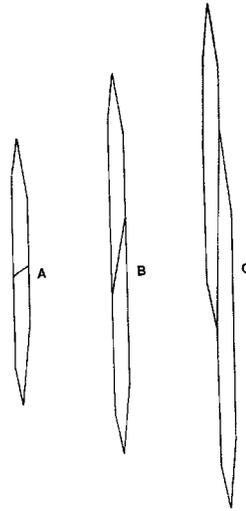


Figura 5.8 División anticlinal y elongación de la célula fusiforme inicial. A) División de la fusiforme inicial según una división anticlinal, B) y C) las dos células anteriores se elongan (adaptado de Jane 1970).

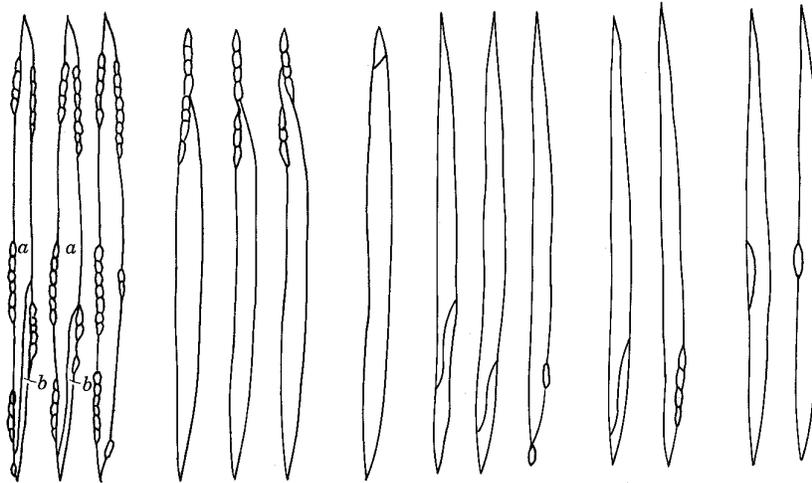


Figura 5.9 Formación de las iniciales de radio a partir de las iniciales fusiformes (adaptado de Panshin y de Zeeuw 1980).

dos células de xilema. Se obtiene como resultado que una división periclinal de la célula cambial inicial genere dos nuevas células de floema o cuatro nuevas células de xilema. Además un número mucho menor de divisiones de las cambiales iniciales dan nacimiento a una célula - madre de floema, esto explica por que el cambium produce muchas más células de xilema que de floema. El mecanismo general de formación de las células de xilema y de floema es presentado en las figuras 5.10 y 5.11.

5.2.5 Variación del largo de las fusiformes iniciales del cambium

El largo de las fusiformes iniciales del cambium varía en función de un cierto número de factores. En regla general, el largo de las fusiformes iniciales determina el largo de las células del xilema y del floema. Además, el largo de las fusiformes iniciales es inversamente proporcional a las tasas de división anticlinal. Esto implica que mientras más elevada es la tasa de crecimiento, más cortas son las fusiformes iniciales.

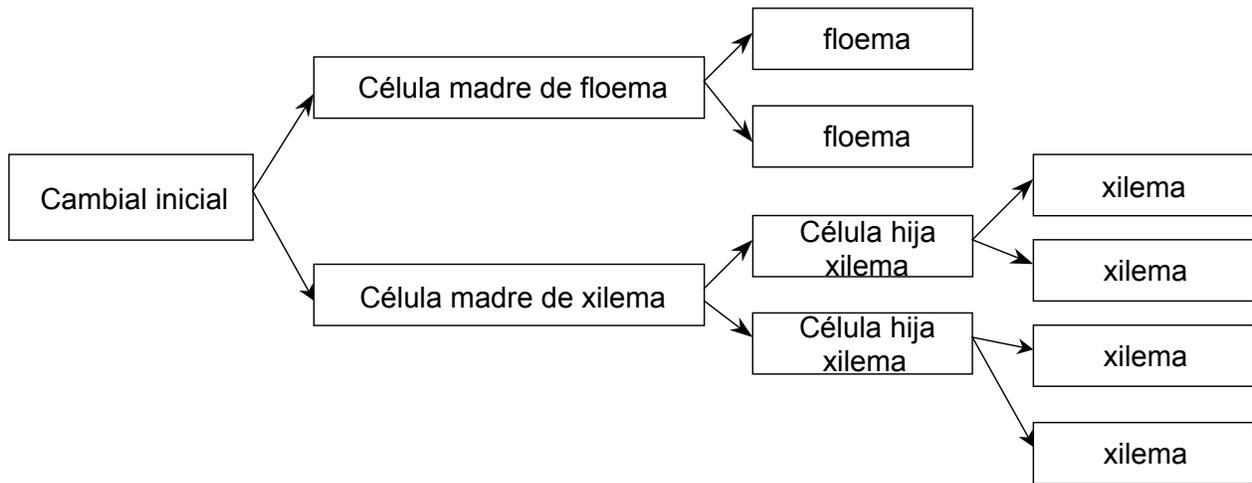


Figura 5.10 Mecanismo de formación de células de xilema y floema

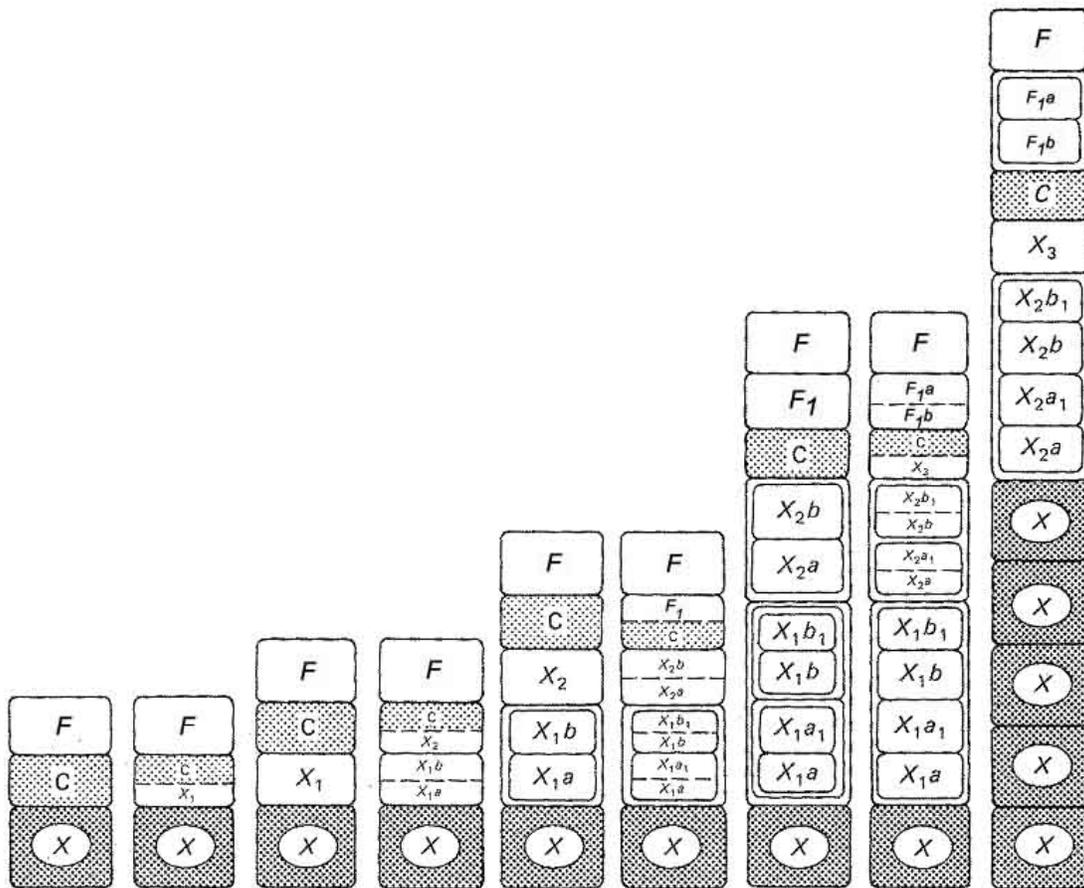


Figura 5.11 Mecanismo de formación de células de xilema y floema (adaptado de Panshin y de Zeeuw 1980)

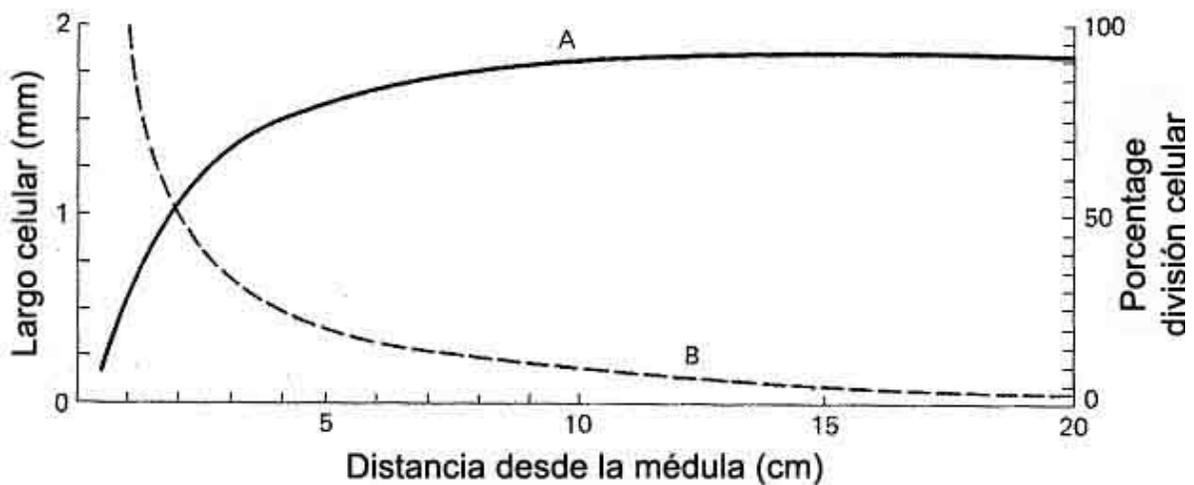


Figura 5.12 Cambios de las fusiformes iniciales respecto a la posición de la médula. A: largo de las fusiformes iniciales, B: porcentaje de fusiformes iniciales realizando división anticlinal (adaptado de Panshin y de Zeeuw 1980).

Efecto de la distancia radial de la médula hacia la corteza

El largo de las fusiformes iniciales aumenta de la médula hacia la corteza como lo muestra la figura 5.12. Además, la proporción de las fusiformes iniciales que sufren una división anticlinal disminuye de la médula hacia la corteza.

Efecto de la altura en el árbol

El largo de las fusiformes iniciales aumenta desde la base del tronco a la base de la copa viva y decrece hasta la cima del árbol (punto más alto del árbol).

Efecto de la tasa de crecimiento

Un aumento de la tasa de crecimiento implica un crecimiento del número de divisiones anticlinales, por lo tanto, una reducción en el largo de las fusiformes iniciales.

5.3 Actividad del cambium vascular según la estación

El cambium es inactivo en invierno. En primavera, la actividad del cambium recomienza si la temperatura media sigue siendo superior a 5° C por una semana. El recomienzo de la actividad del cambium coincide con la producción de auxinas a través de los meristemas apicales cuando se abren los brotes. En otoño, la detención de la actividad del cambium es función del fotoperíodo.

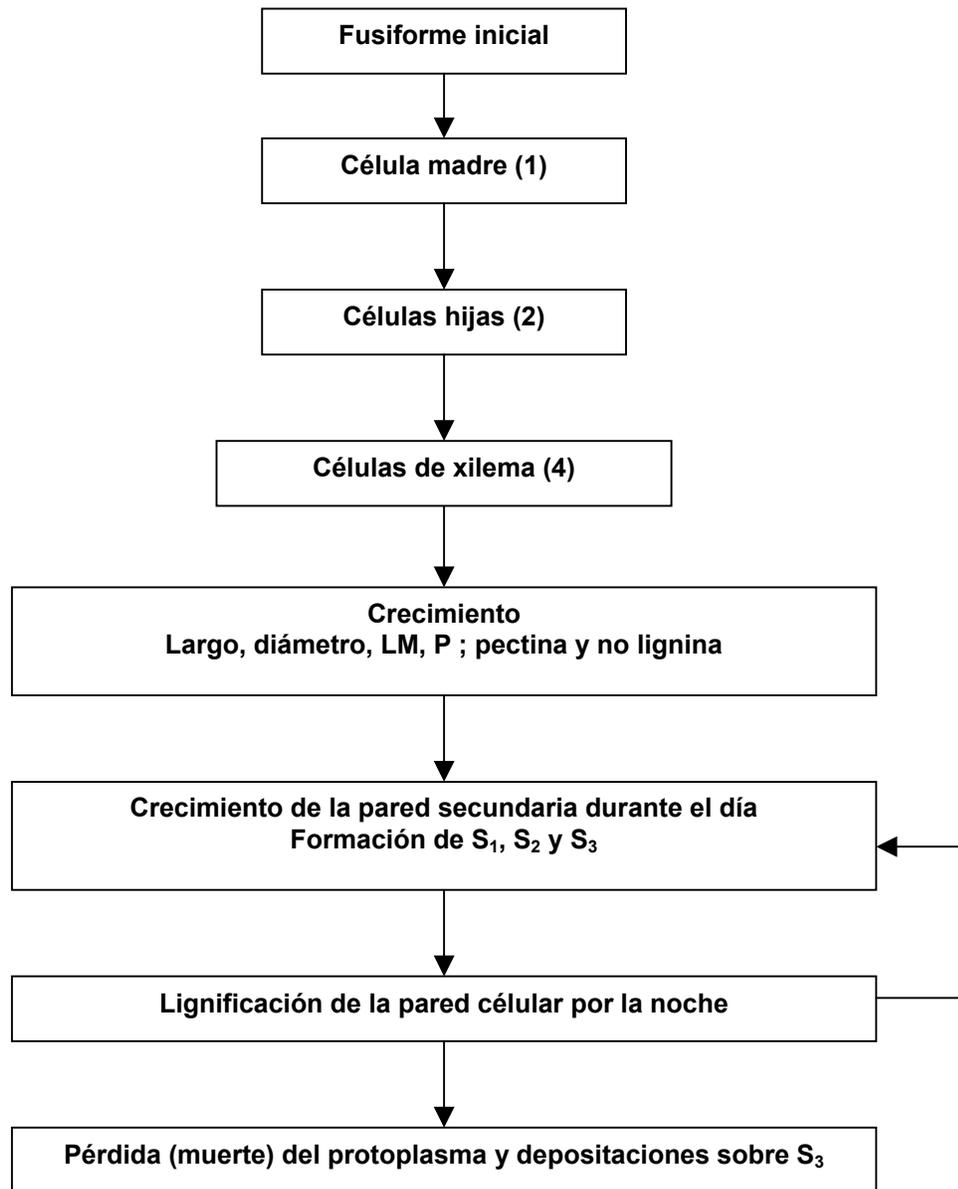


Figura 5.13 Crecimiento de las células de xilema después de la división periclinal de las fusiformes iniciales.

Réferencias

- Benabdallah, B. 1996. Structure de la matière ligneuse. Manuel de foresterie. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et Presses de l'Université Laval. pp. 1276-1296.
- Fahn, A. 1990. Plant anatomy. Fourth edition. Pergamon Press, Oxford. 588 p.
- Jane, F.W. 1970. The structure of wood. Second Edition. Adam and Charles Black, London. 478 p.
- Panshin, A.J.; de Zeeuw, C. 1980. Textbook of wood technology. Fourth edition. McGraw-Hill Book Co. New York. 722 p.