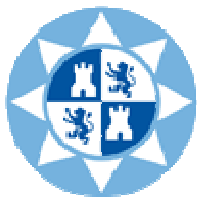


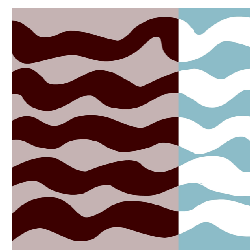
Fisiología Vegetal

Tema VIII Introducción al desarrollo vegetal

Ingeniería agrónoma grado en hortofruticultura y jardinería



Universidad
Politécnica
de Cartagena



ETSIA
Cartagena

Jorge Cerezo Martínez



Índice

| | |
|---|------------|
| 1. Desarrollo..... | Pág. 2 |
| 2. Concepto de crecimiento..... | Pág. 2 |
| 2.1. Crecimiento vegetal..... | Pág. 3 |
| 2.2. Control del ciclo celular..... | Pág. 3 |
| 2.3. Expansión celular..... | Pág.4 |
| 2.4. Factores que afectan al crecimiento..... | Pág. 5 |
| 3. Concepto de diferenciación..... | Pág. 5-6 |
| 4. Morfogénesis..... | Pág. 6 |
| 4.1. Polaridad..... | Pág. 6 |
| 4.2. Determinación de la polaridad..... | Pág. 6 |
| 4.3. Persistencia de la polaridad..... | Pág. 7 |
| 4.4. División celular polarizada..... | Pág. 7 |
| 4.5. División celular asimétrica..... | Pág. 7 |
| 5. Etapas de desarrollo..... | Pág. 8 |
| 5.1. Embriogénesis..... | Pág. 8 |
| 5.2. Formación de la raíz..... | Pág. 9 |
| 5.3. Desarrollo del tallo..... | Pág. 9-10 |
| 5.4. Desarrollo de la hoja..... | Pág. 10-11 |
| 5.5. Desarrollo de la flor..... | Pág. 12 |
| 5.6. Fitohormonas..... | Pág. 13 |
| 6. Bibliografía y referencias..... | Pág. 13 |
| 7. Glosario..... | Pág. 14 |

1. Desarrollo

Generalmente, se tiene una idea más o menos correcta de lo que es el crecimiento: sabemos que una planta crece, porque desde que germina la semilla hasta el momento en que nosotros la observamos como planta adulta, ha experimentado una serie de cambios que nos llevan a afirmar que la planta ha crecido. Sin embargo, si nos fijamos más detalladamente, observaremos que paralelamente el **aumento en tamaño** ha habido un cambio de forma, han aparecido nuevos órganos, en definitiva, podemos afirmar que ha habido un **proceso de diferenciación**.

En el desarrollo de una planta hay una serie de cambios de forma y tamaño, los segundos fácilmente destacables y cuantificables, que serían los que corresponden al crecimiento, mientras que aquellos cambios cualitativos que acompañan a nuevas propiedades morfológicas y funcionales caerían dentro del ámbito de la diferenciación, que trataría de explicar el porqué una célula, de pronto, o a lo largo de una serie de procesos, se transforma en otra u otras con una misión definida y distinta a la primera. Este conjunto de fenómenos que contribuyen a lo que se denomina el desarrollo de una planta, no son separables, es decir, crecimiento y diferenciación son las dos caras de una misma moneda.

El desarrollo representa un término paraguas, que se refiere a la suma de todos los cambios que sufre un organismo a lo largo de su ciclo de vida y que contribuyen a la progresiva elaboración del cuerpo de la planta. Este término engloba a crecimiento, diferenciación celular y morfogénesis.

2. Concepto de crecimiento

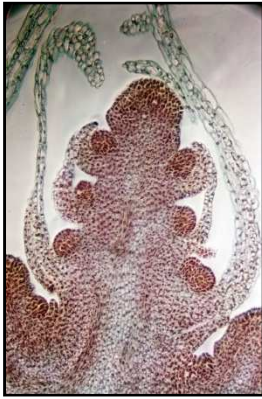
En principio, el crecimiento, puede definirse como un aumento de tamaño. Sin embargo, no es totalmente correcto. La planta toma del medio una serie de sustancias que tiene que transformar y convertir en sus propios constituyentes. Por lo tanto, como consecuencia de este metabolismo, la planta obtiene una ganancia de energía y de materia orgánica; y esta energía y materia orgánica las utiliza para su crecimiento, es decir, la planta entera o alguno de sus órganos **aumenta de peso**.

Empero, este aumento de peso puede resultar engañoso, pues, si nosotros pesamos un tejido o una planta, podemos comprobar que, efectivamente, ha experimentado un aumento de peso, pero si en vez de determinar el peso fresco, lo que determinamos es el peso seco, podemos observar diferencias substanciales, hasta el punto de que no haya crecimiento, sino simplemente ganancia en agua.

Por otra parte, un aumento en peso seco puede ser conseguido por acúmulo de una sustancia, sin que en realidad haya crecimiento; lo que nos lleva a la conclusión de que la definición de crecimiento tiene que ser algo más precisa y basada en un parámetro con mayor significación biológica que los hasta ahora mencionados. Podemos definir el crecimiento como la **síntesis de protoplasma** que, normalmente, viene acompañada de un cambio de forma y un **aumento irreversible** de la masa de un organismo vivo, órgano, tejido o célula. El aumento de masa total puede ser mucho mayor que el aumento en la masa de los componentes protoplásmicos propiamente dichos.

El aumento de la masa debe ser permanente, con lo que se elimina de esta definición la variación de volumen debida a fenómenos osmóticos. Debemos hacer constar que puede darse crecimiento sin que aumente de tamaño, pero sí el número de células; crecimiento con aumento de tamaño pero disminución del peso seco (plántula originada a partir de una semilla en la etapa previa a la realización de la fotosíntesis); o aumento de peso seco sin que haya crecimiento (hoja realizando la fotosíntesis durante el día).

2.1. Crecimiento de la célula vegetal

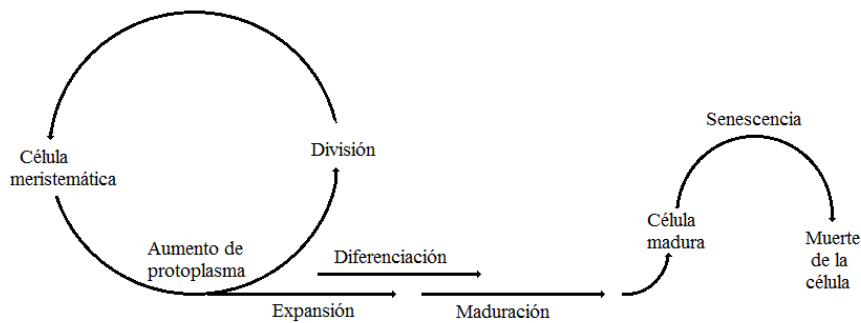


Meristemo: del griego μεριστός, "divisible", son tejidos de origen embrional y están constituidos por células que mantienen permanentemente su capacidad de división.

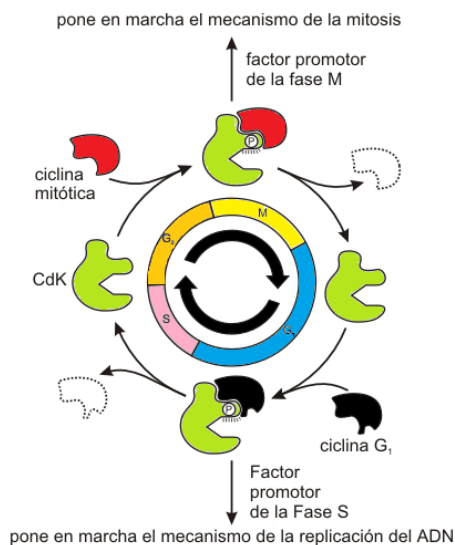
En principio, podemos afirmar que las células de las plantas, incluso de las plantas superiores, pueden crecer, potencialmente, de forma indefinida, incluso pueden aislarse células de órganos y manifestar **totipotencia**¹ análoga a la del cigoto del que derivan originalmente. En el caso de cultivo de callos, la capacidad de división indefinida se pone claramente de manifiesto.

Todas las células de la planta no tienen la misma capacidad de crecimiento, sólo algunos tejidos denominados **meristemos** gozan de dicha propiedad. En un meristemo no sólo se producen procesos de división celular y posterior alargamiento de las nuevas células formadas, sino que también pueden ocurrir procesos de diferenciación celular que llevarán a la organogénesis.

El crecimiento de un órgano viene acompañado de la aparición de nuevos tejidos o histogénesis. Por tanto, el mantener la separación entre crecimiento y diferenciación requiere un esfuerzo para considerarlo como **dos abstracciones separadas**; que en realidad se presentan **unidas**.



2.2. Control del ciclo celular



Quinasas dependientes de ciclinas (Cdk): Son enzimas que regulan el correcto desarrollo del ciclo celular. Estructuralmente, son heterodímeros constituidos por una subunidad quinasa y una subunidad ciclina. Esta última dota de especificidad a la Cdk y permite la regulación de su actividad.

El ciclo celular está regulado mediante cascadas de fosforilaciones y desfosforilaciones de proteínas clave. Existen fosfatasas constitutivas, que expresan su función continuamente, pero la actividad quinasa de dianas clave sólo depende de una Cdk específica, cuya especificidad depende de su subunidad ciclina. Es decir: La actividad de las Cdk se regula mediante la existencia de ciclinas funcionales, lo que conlleva que estén expresadas, carezcan de inhibidores y que no estén marcadas para su degradación.

2.3. Expansión celular

La pared celular es la principal **restricción mecánica** que limita la expansión celular. Esta pared tiene propiedades físicas que son intermedias entre las de una fase sólida y una líquida, ya que se trata de un material **polimérico hidratado**. A estas propiedades se les denomina propiedades **viscoelásticas**. Las paredes celulares que no están creciendo, y en condiciones apropiadas, muestran una extensión irreversible a largo plazo, o **deformación plástica**, de la que carecen las células que no están creciendo.

Durante el crecimiento, la pared celular distendida se expande por la acción de fuerzas físicas generadas por la **presión de turgencia** celular. La presión de turgencia crea una fuerza dirigida en todas direcciones hacia el exterior. La direccionalidad del crecimiento está determinada, en gran medida, por la estructura de la pared y, en particular por la orientación de las microfibrillas de celulosa.

Cuando las células se forman primero en el meristemo son isodiamétricas, es decir, tienen el mismo diámetro en todas direcciones. Si la orientación de las microfibrillas de celulosa fuera **isotrópica**, la célula crecería igualmente en todas direcciones, expandiéndose **radialmente** para generar una esfera. Sin embargo, la mayoría de las paredes celulares vegetales presentan ordenamiento de las microfibrillas de celulosa es **anisótropo**.

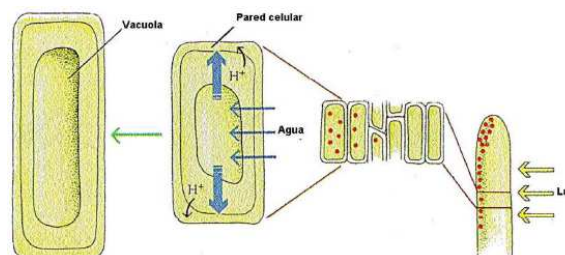


La presión de turgencia estira la pared celular y genera una tensión física contrapuesta, este hecho tiene consecuencias importantes para el mecanismo de elongación. Las células vegetales deben **controlar la dirección y velocidad** de la expansión celular, es decir, la orientación de la celulosa que se deposita y por la distensión selectiva de los enlaces entre polímeros de la pared

La pared celular sufre una enorme expansión sin perder su integridad mecánica ni adelgazar. Para que se produzca el crecimiento de la célula ésta ha de perder la rigidez de la pared, para ello requiere de tres mecanismos:

- **Endo- β (1,4)-D-glucanasa**: Rompe la cadena de xiloglucano permitiendo la separación de las microfibrillas.
- **Xiloglucano-endotransglicosilasa (XET)**: Alarga las cadenas de xiloglucano y permitirá una mayor separación entre las microfibrillas sin debilitar la estructura de la red polimérica.
- **Expansinas**: Rompen puntualmente los puentes de hidrógeno entre las cadenas de glucano de las microfibrillas y las cadenas de xiloglucano.

También, de acuerdo con la hipótesis del **crecimiento ácido** para la acción de las **auxinas**, un mecanismo que provoca la relajación de la tensión y la deformación plástica de la pared es la acidificación de la pared celular, como consecuencia de la **extrusión de protones** a través de la membrana plasmática. La pérdida de rigidez de la pared celular se ve aumentada por un pH ácido.



2.4. Factores que afectan al crecimiento

Los **factores externos** ejercen una fuerte influencia sobre el crecimiento, y todo lo que influya sobre la formación de nuevo protoplasma, afectará de forma directa al crecimiento. Podremos mejorar la productividad o, lo que es lo mismo, algún aspecto del crecimiento, actuando sobre algún factor externo, pero siempre tendremos un **límite** que vendrá fijado por la **dotación genética** de esta planta.

Existe una energética del crecimiento en **estrecho contacto con la respiración**, y, más concretamente, un aumento de la temperatura estimula ambos fenómenos. La disminución de la concentración de oxígeno tiene el efecto inverso, cesando el crecimiento cuando se alcanza un 1% de oxígeno en la atmósfera. Además, las sustancias inhibitoras de la respiración también actúan bloqueando o inhibiendo el crecimiento. Por otra parte, aquellas partes que presentan mayor tasa de crecimiento son las mismas que tienen unos valores de respiración más elevados. Por lo tanto, todo lo que afecte a la respiración afectará al crecimiento.

La temperatura actúa estimulando el crecimiento hasta un cierto límite y luego actúa como inhibidor. El papel regulador de la temperatura sobre el crecimiento puede considerarse que se realiza a través de la regulación de enzimas que directa o indirectamente intervienen en el proceso.

La luz también influye, ejerciendo un papel indirecto a través de la regulación de la fotosíntesis. Pero, además, la luz ejerce influencia directa, así, en plantas etioladasⁱⁱ, los entrenudos crecen exageradamente y, no obstante, las hojas apenas crecen.

El crecimiento está en relación estrecha con la nutrición. Todo lo que suponga una mejora de ésta se traducirá en un mayor crecimiento. Éste está influido por los iones minerales, el agua y por los factores ambientales. Pero además del C, del O₂ y del H₂ otros elementos participan de forma activa en la nutrición de la planta y, por tanto, también ejercerán alguna influencia sobre el crecimiento.

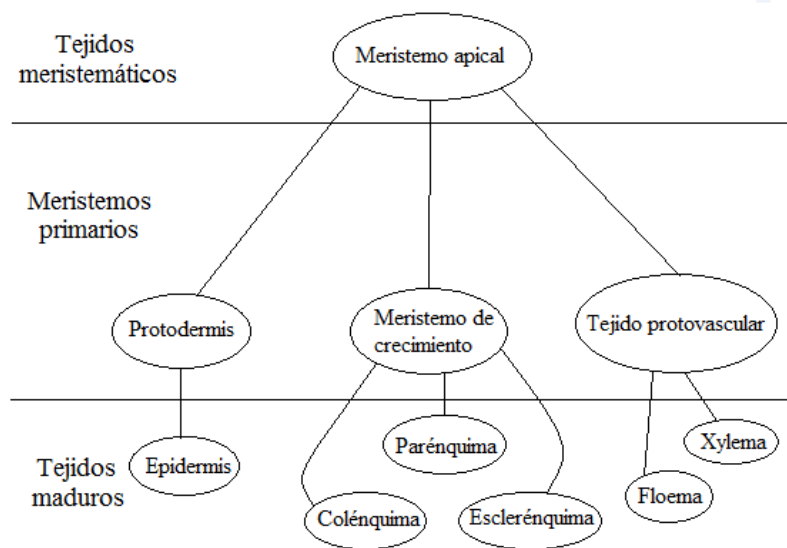
Sin embargo, hay otros que están más específicamente unidos con el crecimiento. En las plantas superiores se mantiene una cierta coordinación entre los distintos órganos, de tal forma que existe un crecimiento equilibrado de los mismos. Esta coordinación del crecimiento la realizan las hormonas vegetales.

3. Concepto de diferenciación

El sistema pluricelular del que se componen la mayoría de las plantas, procede principalmente de una **única célula** (zigoto o espora) que por división celular (mitosis o citoquinesis) y diferenciación, origina los distintos fenotipos celulares (por ejemplo, células del parénquima, colénquima, floema, xilema, etc.). Si se tiene en cuenta el mecanismo molecular de la replicación del ADN y la separación de estas cromátidas hermanas en la división celular por mitosis, se comprende que es de prever que, al menos la mayoría de las células del conjunto pluricelular de la planta, sean totipotentes, es decir, llevan **idéntica información genética**.

La diferenciación es un **término cualitativo** que supone la especialización de las células para ser estructural y funcionalmente diferentes. Esta diferenciación en plantas **puede ser reversible**, ya que las células diferenciadas pueden ser estimuladas y revertir a una forma embrionaria (desdiferenciación). Junto a la diferenciación encontramos los términos de:

- Competencia: Capacidad de las células para reconocer señales (hormonas o del medio) que activan una ruta particular de diferenciación.
- Determinación: Activación de una ruta particular de diferenciación.



4. Morfogénesis

El término morfogénesis, en sentido general, se refiere al origen de la forma de los seres vivos; el término forma, debe entenderse no sólo como la morfología externa de una planta, sino como su organización completa, que comprende distintos niveles perfectamente distinguibles unos de otros (nivel celular, nivel de tejidos, nivel de órganos, etc.). Sin embargo, no sólo implica los cambios observables en la forma y en la estructura, sino también los procesos que controlan el desarrollo de los tejidos y órganos. Por ello, se define la morfogénesis como el conjunto de fenómenos relativos a la diferenciación y desarrollo de los tejidos y órganos vegetales.

4.1. Polaridad

Las plantas constan de un eje longitudinal que sirve de soporte a órganos laterales tales como hojas o flores. A lo largo de este eje pueden apreciarse notables diferencias, siendo los dos extremos completamente diferentes. En otras palabras, el eje está diferenciado en raíz y tallo. A este respecto se puede decir que el eje longitudinal muestra polaridad. Definimos polaridad como cualquier situación en la que los dos extremos o superficies de un sistema viviente son diferentes.

4.2. Determinación de la polaridad

La polaridad del eje longitudinal de las plantas superiores está ya determinada desde la primera división desigual que sufre el cigoto. El extremo radicular de un embrión se dirige siempre hacia el micrópilo del óvulo, mientras que el futuro tallo se aleja de él. De esta forma la orientación del eje de polaridad en los embriones está determinada por las condiciones prevalecientes en el saco embrionario, es decir, la polaridad de la futura planta está predeterminada por la polaridad de los tejidos de la planta materna.

4.3. Persistencia de la polaridad

Una vez que la polaridad ha sido inducida en un organismo es muy difícil revertirla. Esta polaridad es inherente a los tejidos mismos y no depende de la gravedad, iluminación u otras condiciones externas. La polaridad fisiológica parece estar construida en los mismos tejidos.

4.4. División celular polarizada

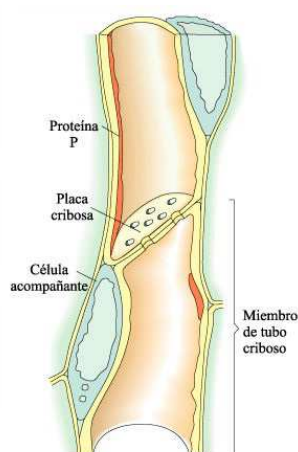
Los planos de la división celular durante el desarrollo de un órgano desempeñan un **papel muy importante** en la determinación de su forma y tamaño final. Sin divisiones celulares orientadas no existe forma organizada en ningún vegetal, caso que ocurre en los cultivos de callo de tejido en los que el plano de división celular es al azar, siendo los tejidos resultantes masas estructuralmente desorganizadas y **sin ninguna forma** característica. Así las divisiones celulares polarizadas dan al vegetal su forma tridimensional.

4.5. División celular asimétrica

Otro aspecto de la importancia de la polaridad en la **diferenciación y morfogénesis** puede verse en el caso de las divisiones celulares asimétricas. La primera división del óvulo fertilizado en las angiospermas es, frecuentemente, desigual, como resultado de la polarización del citoplasma celular. En este caso la **división desigual** es el primer acontecimiento en la historia de la nueva planta, pero las divisiones asimétricas son también frecuentes en estados posteriores de la diferenciación.

En la epidermis radicular de algunas plantas los pelos radiculares proceden de células formadas como resultado de una división desigual de ciertas células epidérmicas. Estas células tienen sus ejes principales paralelos al eje de la raíz y su citoplasma es más denso en el extremo apical. La mitosis aparece y se forma la pared celular transversal en una posición que da lugar a una célula hija más pequeña con citoplasma más denso y a otra célula mayor con citoplasma menos denso. Una situación similar se da en la formación y desarrollo de las células estomáticas.

El hecho de que la división asimétrica esté precedida por diferencias polarizadas en el citoplasma queda bien ilustrado en el desarrollo de los granos de polen, en los que el huso está orientado de tal forma que un núcleo hijo pasa al extremo de la célula en el que el citoplasma es más denso y se transforma en el núcleo generativo, mientras que el otro núcleo hijo se traslada a la región con citoplasma menos denso y se transforma en el núcleo vegetativo.



En otros casos, sin embargo, esta diferenciación citoplasmática es posterior a la mitosis, obteniéndose entonces después de la división celular dos células cuantitativamente idénticas. En las etapas posteriores, una de ellas perderá la mayor parte de los orgánulos citoplasmáticos, incluso el núcleo. Un ejemplo muy claro es el representado por la evolución conjunta de los elementos floemáticos y las células acompañantes.

5. Etapas del desarrollo

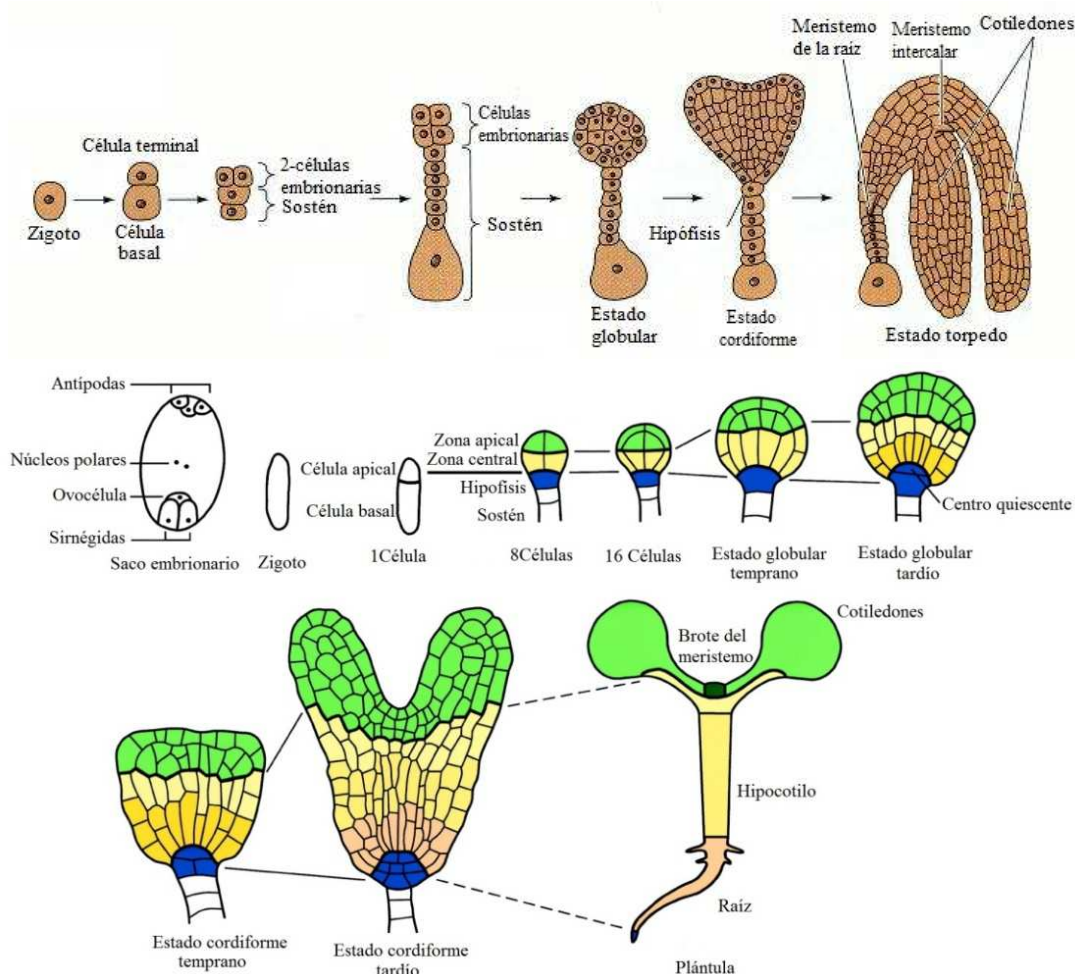
5.1. Embriogénesis

La embriogénesis, que tiene lugar dentro del saco embrionario del óvulo en espermatofitas, es el proceso que inicia el desarrollo de la planta. Comienza, normalmente, con la **fecundación de la célula huevo** del saco embrionario con una célula espermática del polen, para formar un cigoto. En las angiospermas tiene lugar una doble fecundación. A la formación del cigoto acompaña la unión de una segunda célula espermática del grano de polen con dos núcleos polares del saco embrionario, para constituir un núcleo triploide a partir del cual se desarrolla el endospermo, tejido de reserva alimenticia para el embrión. Además, otras estructuras del saco embrionario completarán la formación de una semilla. En algunas especies (dicotiledóneas), el endospermo se reabsorbe antes de completarse el desarrollo de la semilla.

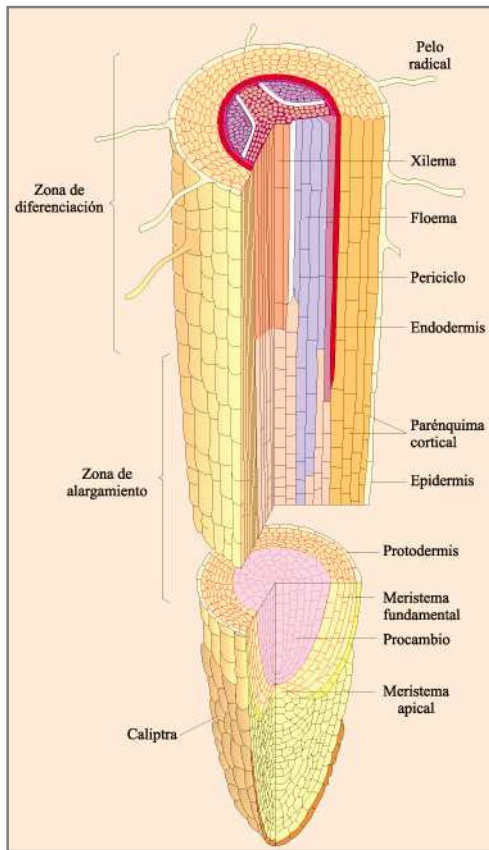
En algunas plantas, el embrión es un tanto rudimentario, constituido por un eje embrionario y, en dicotiledóneas, dos cotiledones que sustituyen en su función al endospermo.

No obstante, en el embrión está establecido el plan de desarrollo del cuerpo de la planta, determinado por la distribución espacial de las células. Así, la embriogénesis vegetal determina la **distribución apical-basal** (células que darán lugar a la raíz y al tallo) y la **distribución radial** de los tejidos que formarán parte de raíz o tallo. La expresión génica diferencial determinará la futura diferenciación celular.

La embriogénesis establece también los futuros **meristemos primarios**, que permitirán el crecimiento continuo de la planta.



5.2. Formación de la raíz



Todas las células de las raíces se desarrollan a partir de un meristemo, que desde el punto de vista funcional puede ser considerado como formado por dos meristemas opuestos que rodean a una zona con una actividad meristemática casi nula, el llamado **centro quiescente**. Las células de estos dos meristemas opuestos muestran un crecimiento fuertemente polarizado. Las células del meristemo que se encuentran por debajo del centro quiescente y que darán lugar a la **caliptra**, crecen en **sentido acropétalo**. Las células del meristemo que se encuentran por **encima del centro quiescente** y que darán lugar a la epidermis radicular, corteza y estela, tienden a crecer en **filas radiales**. El centro quiescente es un depósito de células relativamente resistentes a la destrucción debido a su actividad, en él pueden ocurrir divisiones ocasionales y puede convertirse en **centro activo** cuando son dañadas las células iniciales.

Las células iniciales y la primera generación de células hijas, son células **no vacuolizadas** y con procesos muy activos de división celular; según nos alejamos de las células iniciales la **vacuolización aumenta**, las divisiones celulares son menos frecuentes y comienza la **elongación celular**.

Los límites del cilindro vascular, córtex y epidermis, comienzan a ser reconocibles a una cierta distancia de las células iniciales apicales. Las distintas zonas pueden distinguirse por el tamaño de las células y por los planos de división. El procámbium del floema es reconocible en un estado temprano del desarrollo debido a sus células pequeñas en sección transversal. Este procámbium se desarrolla en sentido acropétalo y la diferenciación del xilema y el floema sigue la misma dirección. Los primeros elementos del floema maduran típicamente más cerca del ápice que los primeros elementos del xilema.

5.3. Desarrollo del tallo

El cuerpo primario del tallo de la mayoría de plantas superiores deriva solo indirectamente del **meristemo apical**. La mayoría de las células de los entrenudos se generan por meristemas situados por debajo de los primeros **primordiosⁱⁱⁱ florales**, que forman lo que se conoce como **meristemo subapical**. La longitud del tallo está determinada fundamentalmente por la actividad de dicho meristemo subapical.

Las células producidas por este meristemo sufren un proceso de elongación y finalmente de diferenciación. A medida que el procámbium se diferencia entre las células derivadas del meristemo apical, adquiere perfil del futuro sistema vascular que se desarrollará a partir de él. La maduración de los elementos vasculares primarios puede tener lugar mientras el procámbium

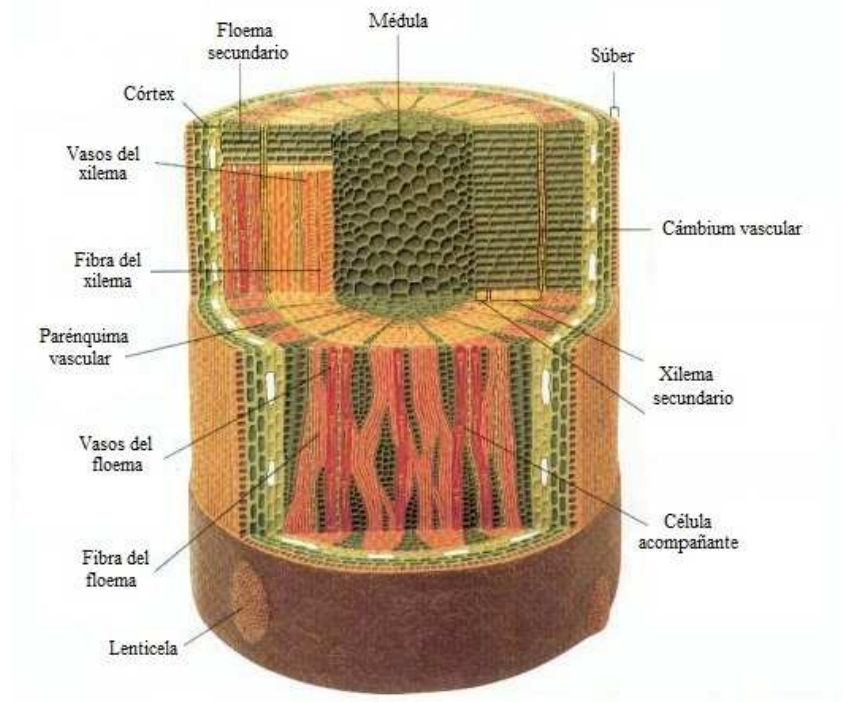
se halla todavía en división activa, o bien sucede después de que la mayoría de las divisiones se hayan completado.

Las células del meristemo fundamental, pronto muestran vacuolización creciente, mientras que las células procambiales experimentan repetidas divisiones longitudinales, pero se extienden solo muy limitadamente en sentido transversal. Así el procámbium llega a distinguirse del resto por sus células densas y estrechas, alargadas paralelamente respecto al eje longitudinal del órgano.

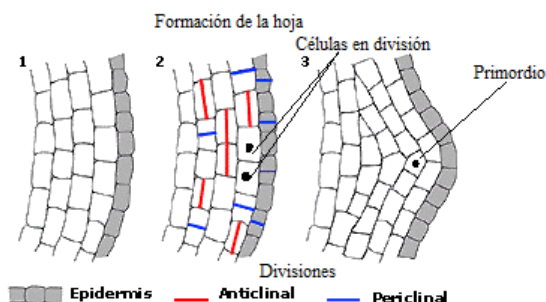
El curso de la iniciación procambial en el ápice del brote, tiene mucho que ver con las causas determinantes del establecimiento de los modelos filotáticos de una planta.

Como norma general, el establecimiento del procámbium es seguido por la diferenciación de algunas de sus células en elementos floemáticos y xilemáticos. Los primeros elementos floemáticos se diferencian normalmente en sentido acropétalo a lo largo de la periferia externa del procámbium. La diferenciación xilemática se inicia en la parte interior del procámbium, generalmente, cerca de la base de las hojas o en su nudo, y, desde allí, progresa acropétalmente^{iv} hacia dentro de la hoja y basipétalmente^v hacia el interior del tallo.

El crecimiento del tallo producido por la actividad del meristemo apical, en conexión con el inicio de los primordios florales, queda articulado en nudos y entrenudos, sobre todo, por el crecimiento de estos últimos.



5.4. Desarrollo de la hoja

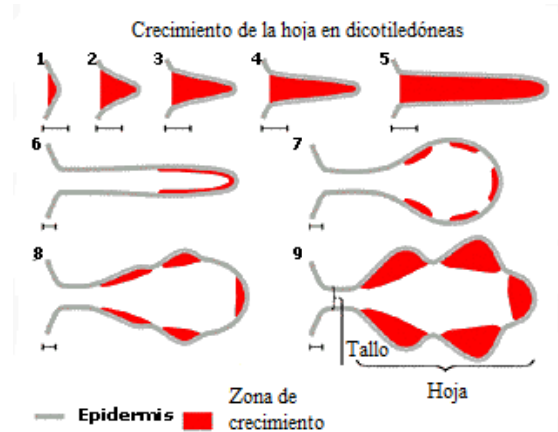


Las hojas se originan como resultado de una serie de **divisiones periclinales** en los flancos del meristemo apical. Como resultado de esta serie de divisiones en un área muy localizada, se forma una **pequeña protuberancia** que dará lugar al futuro primordio foliar.

El desarrollo de las hojas, al menos en las dicotiledóneas, puede dividirse en tres etapas:

- Formación de las bases foliares
- Formación del eje foliar
- Formación de la lámina foliar o limbo

Algunas células localizadas en el centro de la base foliar comienzan a dividirse dando lugar a una protuberancia de forma alargada a veces algo aplanada por el lado adaxial^{vi}. Esta protuberancia es el eje de la nueva hoja y está compuesta por el peciolo y la costilla media de la hoja. Poco después, algunas células de los flancos comienzan a crecer de tal forma, que el eje adquiere una apariencia más aplanada en sección transversal. Estas células de los flancos constituyen los meristemos marginales que darán lugar al limbo de la hoja.



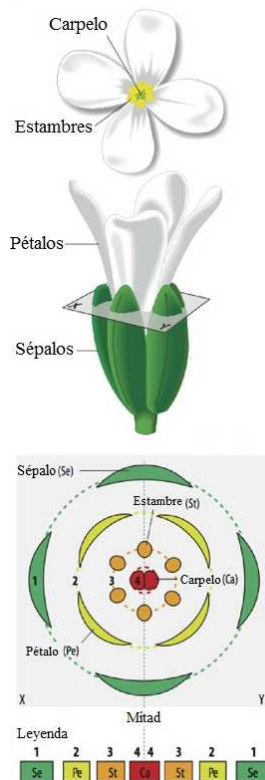
Como resultado de la actividad de los meristemos marginales, se forman varias capas de células en las cuales la división celular cesa en diferentes estados. Las células de la epidermis son los que cesan la división celular en primer lugar. Estas células epidérmicas, sin embargo, continúan aumentando de tamaño hasta que la hoja alcanza su tamaño definitivo. Las células del mesófilo en empalizada continúan dividiéndose, dando lugar a una capa de células fuertemente empaquetadas; dejan de dividirse y alargarse poco tiempo después que las células epidérmicas. Las células del futuro mesófilo lagunar cesan de dividirse poco antes que las del mesófilo en empalizada, dejando entre ellas gran cantidad de espacios intercelulares. El primer procámbium se forma en la base del primordio foliar en un estado muy primitivo del desarrollo. Este primer procámbium dará origen a la futura vena central y se desarrollara en sentido acropétalo hacia la punta, y basipétalo hacia abajo, para unirse con el procámbium del tallo. Los primeros elementos vasculares que aparecen son los del protofloema, seguidos por los del protoxilema. Poco tiempo después, comienza la actividad de los meristemos marginales, y los primeros indicios de venas laterales aparecen cuando los primordios foliares tienen una longitud de 2 mm. El desarrollo completo de la hoja depende de su exposición a la luz, siendo éste uno de los aspectos más importantes de la fotomorfogénesis.

La forma final de la hoja depende de tres factores:

- La forma del primordio foliar
- Número, distribución y orientación de las divisiones celulares
- Magnitud y distribución del alargamiento celular

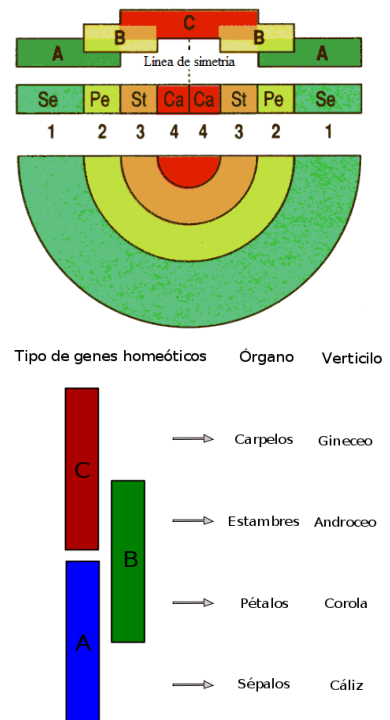


5.5. Desarrollo de la flor



En algún momento del ciclo biológico de las angiospermas, uno o más de los ápices vegetativos de la misma cesan de producir nuevas hojas y yemas, y se transforman en un **ápice floral**. Este cambio de la actividad vegetativa a reproductora implicará un cambio en la estructura del ápice vegetativo del brote. El primer cambio detectable es un **aumento en la división celular** en la región del cuerpo, que, generalmente, se extiende hacia abajo y hacia los flancos. Al mismo tiempo, se observa una reducción marcada de la división celular en la parte central del meristemo, donde algunas de las células sufren una **fuerte vacuolización**. Como resultado de estos cambios, la región apical del brote queda transformada en una estructura consistente en una zona medular fuertemente vacuolizada, cubierta por un manto de células meristemáticas más pequeñas y densamente coloreadas. Este manto, que incluye la túnica y las capas de célula más externas del cuerpo, dará lugar a las brácteas y al primordio floral; este último, se extenderá por toda la superficie del ápice, de tal forma que todo el tejido meristemático queda diferenciado. Como norma general, las distintas partes florales se originan como una **secuencia acropétala** continua de sépalos, pétalos, estambres y carpelos.

Los sépalos y pétalos se originan, al igual que las hojas, a partir de **divisiones periclinales** en una o más capas subsuperficiales del meristemo apical. En su crecimiento hacia arriba, las partes del periantio muestran actividad apical de corta duración, seguida de crecimiento intercalar. La actividad marginal, seguida del crecimiento intercalar, es responsable del crecimiento en anchura de los primordios del periantio. En cuanto al origen de los estambres tienen el mismo que las estructuras axiales. Después de su iniciación, los estambres presentan un crecimiento apical de corta duración, seguido por un crecimiento intercalar. Las anteras presentan una forma especial de actividad marginal, lo cual da a lugar a la característica estructura bilobulada y trilobulada. El carpelo se parece a una hoja en el modo de originarse desde el meristemo apical, mientras que la placenta o los óvulos se originan como una estructura axial. Los carpelos, además presentan crecimiento apical y marginal.



5.6. Fitohormonas

Las fitohormonas son **substancias químicas** producidas por algunas células vegetales en sitios estratégicos de la planta y estas hormonas vegetales son capaces de **regular** de manera predominante los **fenómenos fisiológicos** de las plantas. Las fitohormonas se producen en **pequeñas cantidades** en tejidos vegetales, a diferencia de las hormonas animales, sintetizadas en glándulas. Pueden actuar en el propio tejido donde se generan o bien a largas distancias.

Las hormonas vegetales controlan un gran número de sucesos, entre ellos el crecimiento de las plantas, la caída de las hojas, la floración, la formación del fruto y la germinación. Se establecen fenómenos de antagonismo y balance hormonal que conducen a una regulación precisa de las funciones vegetales. Las fitohormonas ejercen sus efectos mediante complejos mecanismos moleculares, que **desembocan en cambios de la expresión génica**, cambios en el citoesqueleto, regulación de las vías metabólicas y cambio de flujos iónicos.

Las características compartidas de este grupo de reguladores del desarrollo consisten en que son sintetizados por la planta, se encuentran en muy bajas concentraciones en el interior de los tejidos, y pueden actuar en el lugar que fueron sintetizados o en otro lugar. Los efectos fisiológicos producidos no dependen de una sola fitohormona, sino más bien de la **interacción** de muchas de estas sobre el tejido en el cual coinciden.

Regulan procesos de correlación, es decir que, recibido el estímulo en un órgano, lo amplifican, traducen y generan una respuesta en otra parte de la planta. Interactúan entre ellas por distintos mecanismos:

- Sinergismo: la acción de una determinada sustancia se ve favorecida por la presencia de otra.
- Antagonismo: la presencia de una sustancia evita la acción de otra.
- Balance cuantitativo: la acción de una determinada sustancia depende de la concentración de otra.

Tienen además, dos características distintivas de las hormonas animales:

- Ejercen efectos pleiotrópicos, actuando en numerosos procesos fisiológicos.
- Su síntesis no se relaciona con una glándula, sino que están presentes en casi todas las células y existe una variación cualitativa y cuantitativa según los órganos.

6. Bibliografía y referencias

Bibliografía

Fisiología Vegetal. Lincoln Taiz, Eduardo Zeiger-Castelló de la Plana: Publicacions de la Universitat Jaume I. D.L. 2006. ISBN 978-84-8021-601-2

Fisiología Vegetal. Juan Barceló Coll y otros. Ediciones Pirámide, S.A.- Madrid. 1990. ISBN 84-368-0339-6

Fundamentos de la Fisiología Vegetal. J. Azcón-Bieto y M. Talón. Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona. McGraw-Hill, interamericana. ISBN 978-84-475-3230-8

Referencias

http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/crecimiento_vegetal/

http://www.nature.com/emboj/journal/v20/n14/fig_tab/7593857f1.html

http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/bolarios/FisioVegetal/TeoriaFisioVegetal/Resumenes/tema15.htm

7. Glosario

-
- ⁱ **Totipotencia:** Capacidad de una célula o tejido para regenerar un organismo entero.
- ⁱⁱ **Etiolada:** Fenotipo con elongación acusada y sin pigmentación verde. Dícese de la plántula cultivada en oscuridad.
- ⁱⁱⁱ **Primordio:** Primer estadio en el desarrollo de un órgano.
- ^{iv} **Acrópeto:** Se dice del órgano que se desarrolla desde la base hacia el ápice.
- ^v **Basípeto:** Que se desarrolla hacia la base.
- ^{vi} **Adaxial:** Relativo al haz o cara superior de la hoja.