



LIBRO ALQUILADO

2o. SEMESTRE.

BIOLOGÍA.

UNIDAD III.

### TEJIDOS Y ÓRGANOS DE LAS PLANTAS.

#### INTRODUCCIÓN.

Tanto en plantas como animales las células se reúnen para formar tejidos y éstos, a su vez, son formadores de órganos.

En esta unidad veremos el órgano embrionario de éstos y la función de cada uno en los diferentes grupos de vegetales.

#### OBJETIVOS.

- 1.- Distinguir en las plantas los tejidos simples y complejos.
- 2.- Distinguir la función y localización de los meristemos.
- 3.- Describir una sección longitudinal media del ápice en crecimiento de un tallo.
- 4.- Explicar y describir el desarrollo y crecimiento del tallo a partir de los tejidos primarios.
- 5.- Explicar y describir el desarrollo del tallo a partir de los meristemos secundarios.
- 6.- Diferenciar tallos herbáceos y tallos leñosos.
- 7.- Describir las características externas del tallo.
- 8.- Explicar y describir el desarrollo y crecimiento de la hoja y sus partes.

- 9.- Explicar y describir el desarrollo y crecimiento de la raíz y sus partes.

#### PROCEDIMIENTO DE APRENDIZAJE.

- 1.- Lee cuidadosamente todo el material, poniendo especial atención en los diagramas y reacciones químicas.
- 2.- Contesta las preguntas que se encuentran entre el texto.
- 3.- Apóyate en un compañero o en tu maestro, para verificar si comprendes lo que te pide cada objetivo.
- 4.- Todas las dudas resuélvelas con tu maestro.

#### AUTOEVALUACIÓN.

Como autoevaluación, contesta las preguntas que te entregará tu maestro.

#### UNIDAD II.

#### TEJIDOS Y ÓRGANOS DE LAS PLANTAS.

Al tratar los diversos tipos de células, se indicó que las características estructurales tales como el tamaño, la forma, el grosor de la pared y los tipos de plastos, están relacionados con la función de una célula. Sin embargo, al hacer el estudio de tallado de una planta con semillas (espermafita), se encontrará que estas células especializadas rara vez sirven solas, sino que están asociadas y actúan junto con otras células del mismo tipo. De esta manera, los elementos de los vasos están dispuestos extremo con extremo, formando una unidad conductora de cierta longitud. En forma similar, las fibras en grupos dan un sosten bastante más efectivo del que daría una sola fibra. La elaboración de alimentos en la planta se consigue mediante masas de células con clorofila. Frecuentemente, para el desempeño de una función general, se asocian dos o más tipos de células. (Tales grupos celulares de trabajo, con células relacionadas en estructura o en función, constituyen los tejidos de la planta. Estos se llaman simples cuando están compuestos de un solo tipo de células y complejos cuando están formados de dos o más tipos.)

Los tejidos se encuentran en ciertas combinaciones y relaciones espaciales en los diversos órganos de la planta: los tallos, las hojas, las raíces y las estructuras reproductoras. Cada órgano tiene una forma característica y desempeña alguna función principal de la planta. La forma y la función del órgano están, por supuesto, relacionadas con el ti-

po y la disposición de sus tejidos y células componentes. Se verá que la disposición final de todos los tejidos y órganos es el resultado de un desarrollo ordenado y progresivo que comienza en el ápice del tallo y de la raíz.

(El crecimiento y el desarrollo continuo de un tallo o de una raíz dependen de un suministro continuado de nuevas células las que, en último término, maduran y toman sus lugares como células especializadas funcionales.) Este suministro se debe a la acción de un grupo de células perpetuamente juveniles, en el extremo de los ejes. (Dicho grupo de células constituye un tejido formativo conocido como meristema y las células que integran un meristema son células meristemáticas.) (Un meristema localizado en el extremo de un tallo o de una raíz es llamado meristema apical, para distinguirlo de otros que se encuentran en otras partes de la planta. (Las células del meristema apical son típicamente pequeñas, compactas, de pared delgada y no claramente vacuolas.)

### 3-1 EL TALLO.

(La producción de nuevas células se lleva a cabo mediante la división en dos de cada célula meristemática. Sin embargo, puede verse que las nuevas células idénticas tendrán destinos diferentes, al examinar una sección longitudinal media del ápice en crecimiento de un tallo.) (La masa hemisférica de células del ápice es el meristema apical por debajo del cual están los primordios foliares, los más jóvenes y más pequeños de los cuales están en la parte superior.) Los primordios más largos y de más edad se superponen típicamente al meristema apical y lo envuelven. Las células de los primordios foliares son meristemáticas por un tiempo limitado, en contraste con las del meristema apical. Así que,

aunque el extremo libre del tallo puede crecer indefinidamente, las hojas de la planta pronto alcanzan su tamaño definitivo. (El sitio de origen de un primordio foliar en el tallo se llama nudo y la porción del tallo entre dos nudos sucesivos, entrenudo.) (El ángulo formado por un primordio foliar y el entrenudo superior es la axila de la hoja, y en este sitio el primordio foliar forma normalmente una yema lateral. La yema lateral o yema axilar, se puede desarrollar en una rama, la cual tiene la misma estructura que el tallo principal.)

(El alargamiento del tallo ocurre principalmente como resultado del agrandamiento de las células de los entrenudos, comenzando inmediatamente por debajo del primer nudo y extendiéndose a cierta distancia, hacia abajo.) La iniciación del crecimiento de las yemas latentes de invierno de las plantas leñosas, resulta del rápido alargamiento de los entrenudos, a medida que las altas temperaturas y la mayor disponibilidad de agua regresan en la primavera.

### TEJIDOS PRIMARIOS DEL TALLO.

El desarrollo del tallo maduro a partir de células embrionarias, inmediatamente por debajo del meristema apical tiene lugar en una forma ordenada. Una de las primeras indicaciones de maduración es la diferenciación de una capa superficial de una célula de grueso.

(Esto se consigue por divisiones tangenciales de las células superficiales.) Las células exteriores, así producidas, maduran rápidamente como células epidérmicas. De esta manera, los tallos adquieren una cubierta protectora superficial desde fases muy tempranas de su desarrollo. A menudo, unas cuantas capas celulares por dentro de la epidermis maduran formando colénquima, el cual ayuda a sostener el delicado ápice del tallo.) En una sección

transversal hecha a corta distancia por debajo del ápice, se pueden ver grupos aislados de células pequeñas dispuestas en círculo. Estos grupos se han formado por la división longitudinal continuada de células en esas zonas, y son conspicuas debido al denso citoplasma y a la pequeña área en sección transversal de las células así formadas. (En una sección longitudinal del ápice del tallo, se ve que estos grupos son cordones de células alargadas, los *cordones provasculares*. Estos se transforman en los primeros tejidos vasculares del tallo, por maduración de las células, en varios tipos especializados.)

La maduración comienza por diferenciación que ocurre, primeramente, en los márgenes exteriores del cordón y, algo más tarde, en los márgenes interiores. Siguiendo hacia adentro del punto de iniciación, las células de la mitad exterior del cordón maduran en elementos de los tubos cribosos (con células acompañantes) o en células cribosas y pequeñas células especializadas de parénquima. Las células provasculares, cercanas al margen interior, maduran en elementos de los vasos anuales o espiralados o traqueidas, y éstos son seguidos sucesivamente hacia afuera por una secuencia de miembros escalariformes, reticulados y punteados asociados a menudo con parénquima especializada y unas cuantas fibras leñosas.

(Las traqueidas o los elementos de los vasos diferenciados y las células asociadas que ocupan la mitad interna del cordón constituyen el *xilema primario* o *leño primario*. Los elementos de los tubos cribosos y las células asociadas constituyen el *floema primario*. El xilema y el floema primarios constituyen juntos el *tejido vascular primario*. Con la diferenciación del tejido vascular, una sección del tallo se observa claramente zonada. Por debajo de la epidermis hay una ancha zona de células parenquimáticas que se extienden hacia adentro, hasta el

tejido vascular. Esta es la *corteza*. Hacia adentro del tejido vascular se encuentra un centro de parénquima, la *médula*.) Las bandas de parénquima dispuestas radialmente son los *radios medulares*. Cada cordón de tejido vascular, que consisten de xilema y floema, es un haz vascular. En ocasiones, los cordones provasculares, originalmente aislados, se unen lateralmente, produciendo un cilindro hueco que madura como un cilindro completo de tejido vascular primario.

(En las regiones nodales del tallo, donde se originan las yemas foliares y rameales, los tejidos vasculares del tallo conectan con los de dichas yemas. Los cordones vasculares que van hacia las hojas y ramas se llaman *trazas foliares* y *trazas rameales*. En el sitio donde una traza sale del tejido vascular primario del tallo, deja una abertura en el cilindro vascular justo por encima de su punto de salida. Esta abertura se llama *laguna foliar* o *laguna rameal*.) Cuando son bastante altas y se extienden por más de un entrenudo o cuando los entrenudos son muy cortos, las lagunas traslapadas en nudos sucesivos disecan al cilindro vascular en muchos haces separados, como puede verse en sección transversal. En el crecimiento secundario de los tallos (que será descrito en la siguiente sección) las lagunas foliares y rameales están cerradas y enterradas profundamente por la superposición de tejidos secundarios.

(Ciertas especies, como las de las gramíneas, poseen, además del meristemo apical usual, una zona meristemática persistente, localizada en la base de cada entrenudo.) Estos *meristemos intercalares* pueden permanecer activos por algún tiempo, muchos después de que han madurado por completo las otras partes del entrenudo. El crecimiento de las células producidas por estos meristemos contribuye grandemente al rápido alargamiento del tallo. Los meristemos intercalares, eventualmente, dejan de funcionar

y sus células maduran para hacerse tejidos permanentes.

Los tejidos descritos se llaman *tejidos primarios* porque se forman directamente de células producidas en el ápice en crecimiento del tallo. Muchas plantas anuales delicadas y de vida corta tienen solamente tejidos primarios.

#### TEJIDOS SECUNDARIOS DEL TALLO.

Los tallos de árboles y arbustos y, también, los de plantas anuales más toscas, tienen capacidad para la producción continua de tejidos, más allá de los primarios. Este *crecimiento secundario* puede ser de larga duración y es la razón del continuado incremento de diámetro de los troncos de árboles y los tallos de arbustos, un año tras otro; o puede ser de corta duración y contribuir a dar la consistencia leñosa de las bases de los tallos de plantas anuales toscas. En los tallos perennes, las diversas fases, en el desarrollo de los tejidos primarios, son las mismas que las previamente descritas, excepto que la maduración hacia afuera del xilema primario y la maduración hacia adentro del floema se detienen, cuanto están a punto de encontrarse en el centro del cordón provascular. De esta manera, entre el xilema primario y el floema primario queda un corto arco de células provasculares. (Al terminar el crecimiento primario, por lo común durante las primeras semanas de una estación de crecimiento, las células provasculares residuales se dividen activamente y, por lo tanto, se transforman en un *meristema secundario* llamado *cámbium vascular*.) Es un meristema secundario, porque se forma después de que se ha completado el crecimiento primario, a partir de células formadas originalmente por el meristema apical. Las nuevas células, producidas por la división de las células cambiales, al madurar for-

man elementos del *xilema secundario* y elementos del *floema secundario*. El xilema secundario queda en la cara exterior del xilema primario y el floema secundario en la cara interior del floema primario. De las dos células que resultan de la división de una célula cambial, solamente una madura; su célula hermana permanece meristemática.

Los elementos de los vasos o traqueidas del xilema secundario son de tipo punteado. Ocasionalmente, la acción cambial produce también fibras leñosas y células parenquimáticas del leño. Los elementos de los tubos cribosos o las células cribosas del floema secundario no difieren en forma significativa de las del floema primario y están asociadas con fibras floemáticas y parénquima floemático. Los elementos del xilema secundario tienen típicos engrosamientos lignificados. Son fuertes y comparativamente incompresibles, en contraste con los delicados elementos del floema, de pared delgada. Los ajustes de espacio requeridos, como resultado de la acumulación de tejidos vasculares secundarios, se harían, por lo tanto, a expensas del floema primario el cual es aplastado progresivamente, a medida que nuevos tejidos secundarios presionan hacia afuera. De esta manera el floema primario es reemplazado por un floema secundario.

A medida que el xilema secundario continúa acumulándose, el cilindro de cambium completo aumenta en circunferencia por una ocasional división radial de algunas de sus células. De esta manera, en efecto, el cámbium se mueve hacia afuera, a medida que aumenta el xilema secundario. La extensión radial del floema permanece casi constante, puesto que el floema secundario, en la misma forma que el floema primario fue aplastado por el floema secundario, formado en primer lugar.

En los tallos, donde los haces vasculares primarios están separados por radios medulares, las

secciones del cámbium vascular dentro de los haces quedan a veces conectadas por una banda meristemática que se desarrolla a través del radio. Estos nuevos meristemas secundarios son *interfasciculares*, esto es, están entre los haces vasculares. En algunos tallos, el cámbium interfascicular produce más tejido del radio y los radios se alargan, a medida que los haces vasculares aumentan radialmente. En estos tallos se preservará la individualidad de los haces vasculares. En otros tallos, el cámbium interfascicular produce xilema y floema secundarios. De esta manera los haces vasculares separados pueden quedar unidos por tejidos vasculares secundarios, en un cilindro continuo.

Los radios secundarios, llamados *radios vasculares*, que completan los radios medulares, son formados también por el cámbium. Estos pueden iniciarse en varios puntos en el xilema secundario y se extienden hacia afuera, hacia el floema o a través del mismo. Tienen extensión vertical limitada y son como pequeñas láminas de parénquima, insertadas entre los elementos vasculares. Como en los radios medulares, hay vías de movimiento lateral de materiales. En las células de los radios se acumulan frecuentemente almidón y cristales.

(Solamente los tejidos que están por dentro del cámbium son verdaderamente permanentes, mientras que los que están hacia afuera son reemplazados, a medida que prosigue el aumento en diámetro del tallo. El incremento en diámetro de los tallos perennes, por lo tanto, está relacionado directamente con la producción de xilema secundario. En regiones templadas, donde el ciclo estacional presenta períodos alternadamente favorables y desfavorables para el crecimiento, el xilema secundario, por lo común, se forman en bandas concéntricas claramente delimitadas. Cada banda, normalmente, representa la producción del leño de un año y se llama *anillo de crecimiento anual*.) La demarcación de un anillo

de crecimiento anual a partir de otro, refleja el hecho de que la actividad cambial es vigorosa en primavera y las condiciones prevalecientes más favorables para el crecimiento celular, dan como resultado elementos xilemáticos de mayor tamaño que en el verano. En las gimnospermas, como el pino, las traqueidas formadas en primavera son grandes, mientras que las formadas en el verano son más pequeñas. En las angiospermas, como en encino, el *leño de primavera* puede tener una proporción de vasos muy alta, mientras que el *leño de verano* tiene una predominancia de fibras leñosas. De aquí que el cambio abrupto en el tamaño o el tipo de las células, marca el límite entre el leño de verano del crecimiento de un año y el leño de primavera del año siguiente. En cualquier anillo de crecimiento anual, por supuesto, el leño de primavera está por dentro del leño de verano. Los anillos de crecimiento anual están, generalmente, ausentes, o son indiferenciables en el leño formado en regiones donde las condiciones favorables de crecimiento prevalecen durante todo el año. (El ancho radial de los anillos de crecimiento anual y las proporciones del leño de primavera con respecto al de invierno son por lo común diversos, reflejando diferencias de las condiciones ambientales de un año a otro, a medida que el cámbium forma los anillos. Las condiciones tales como sequía, bajas temperaturas, pobre aereación del suelo y competencia excesiva, que afectan adversamente el crecimiento de las plantas, se reflejan generalmente en la formación de anillos angostos.)

Aunque a la producción de xilema secundario de cada año la llamamos "anillo", es de hecho un cono de xilema con la punta abierta, que encierra al cono del año previo y se extiende más allá de él. Por lo tanto, el xilema secundario del tronco de un árbol puede ser visualizado apropiadamente como una serie de conos de extremo abierto cada vez más largos y apilados uno sobre otro, siendo el más largo y externo el formado en último lugar. Como, gene--

ralmente, se forma un solo anillo de crecimiento cada año, una cuenta de los anillos en la base del tronco, donde están presentes todos los anillos, indicará la edad del árbol. La edad de una rama puede ser determinado en forma similar, ya que, su estructura, es una réplica de la del tallo principal.

Las ramas que se originan en el tallo primario mueren a veces, por una u otra razón, después de crecer unos pocos años, y se desprenden de la superficie del tronco. La sección interior de tales ramas, que se extiende hacia adentro, hasta los tejidos primarios quedará enterrada cada vez más profundamente por el crecimiento secundario directo del tallo. La rama muerta y enterrada, endurecida por la acumulación de resinas, gomas y taninos, se reconocerá como un nudo en la madera aserrada del tronco.

(En muchas especies de árboles, a medida que éstos se hacen más viejos, la conducción de agua y sustancias disueltas por el xilema secundario queda limitada a la porción externa o más joven de ese tejido. Por lo común, solamente unos pocos anillos de crecimiento anual son activos en la conducción, en un momento dado. Esta porción activa del xilema se llama *albura*. En los anillos más viejos, más cerca del centro del tronco, los vasos quedan comúnmente ocluidos por el crecimiento intrusivo de células de parénquima circundante, a través de los poros, en las paredes de los vasos, así como también por depósitos de gomas y resinas. El leño inactivo no conductor, se llama *duramen*.) A medida que cada año se agrega más albura por la actividad del cambium, la albura vieja se convierte en duramen, aproximadamente en la misma proporción. Por lo tanto, el grosor radial del cilindro de albura permanece bastante constante a través de los años, y el del duramen aumenta.

En muchas especies de árboles, el duramen sufre cambios químicos, por la acumulación de sustancias tales como resinas, aceites, gomas y taninos. La acumulación de estos materiales causa comúnmente que el duramen sea más oscuro y más duro que la albura. En el cedro rojo (*Juniperus virginiana*) y en otras especies, el depósito de aceites y taninos en el duramen hace que sean más resistentes a la descomposición y a los ataques de los insectos. Los postes de este cedro son muy apreciados para cercas, debido a esta propiedad. Los tablones y las vigas cortadas del duramen de especies maderables son más fuertes y duraderos que los obtenidos de la albura.

La madera de diferentes especies de árboles difiere mucho en su conveniencia para usos específicos. Densidad, dureza, flexibilidad, resistencia a choques, fuerza de compresión, textura, resistencia a la deformación y resistencia a las rajaduras, son algunas características de la madera que determinan su utilización. Estas cualidades están relacionadas con características anatómicas tales como dimensiones, tipos, proporciones, disposición y grosor de las paredes de las células que componen el xilema secundario. El grano distintivo de las maderas usadas para trabajos de ebanistería está relacionado, en gran parte, con la extensión vertical y radial de los radios vasculares, a la longitud y dirección de las fibras leñosas y al plano en el cual es aserrada la troza.

(En muchos tallos leñosos, cuando comienza el desarrollo vascular, se forma otro meristemo secundario en la parte exterior de la corteza. Como se puede ver en una sección transversal, un círculo continuo o, a veces interrumpido de células de la corteza junto a la epidermis o exactamente por debajo de ella, se vuelve meristemático. Las divisiones de estas células se efectúan en el plano tangencial, las células que quedan al exterior maduran usualmente como células del corcho, en hileras ra-