



UNIVERSIDAD DE TARAPACÁ



FACULTAD DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

2000

APUNTES DE CLASES

GUÍAS DE LABORATORIO

Material de apoyo docente



ASIGNATURA
CARRERA
PROFESORA

BOTÁNICA AGRÍCOLA
AGRONOMÍA
MSc. ELIANA BELMONTE SCHWARZBAUM

ARICA – CHILE

2018

B. Fuentes
Alto Dawson
24.02.2018

580
B4178
2018
c.2

580
B4178
2018
c.2

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Guía N°1 MÉTODO CIENTÍFICO	3
Guía N°2 MICROSCOPIA	8
Guía N°3 LA CÉLULA	16
Guía N°4 TEJIDOS PRIMARIOS EN PLANTAS VASCULARES	22
Guía N°5 ONTOGENIA Y ANATOMÍA DE LAS HOJAS	26
Guía N°6 CRECIMIENTO PRIMARIO EN RAÍCES	31
Guía N°7 CRECIMIENTO SECUNDARIO EN TALLOS Y RAÍCES	36
Guía N°8 ALTERNANCIA DE GENERACIONES	44
Guía N°9 INTERACCIÓN POLINIZADOR – PLANTA	53
BIBLIOGRAFÍA	56



FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA
Asignatura: **BOTÁNICA AGRÍCOLA**
Carrera: AGRONOMÍA
Académica: MSc. Eliana Belmonte Schwarzbaum
2017

INTRODUCCIÓN

El presente documento resume el material de apoyo utilizado por los estudiantes que cursaron la asignatura de **Botánica Agrícola** de la carrera de Agronomía de la Universidad de Tarapacá, durante las actividades prácticas que desarrollaron el primer semestre de 2017.

Al estructurar este curso se tomaron en consideración básicamente dos aspectos: los resultados de aprendizaje, metodología y evaluación del Programa de Estudio y, la necesidad de centrar las actividades para una ejecución efectiva y participación activa de cada estudiante, materializado dentro del laboratorio por “un estudiante, un instrumento óptico”. Única forma de obtener el aumento necesario para identificar células, tejidos y órganos, reflejados en características propias de la pared celular, organoides u otros.

El objetivo central del curso de **Botánica Agrícola** es considerar la célula como unidad básica de la vida vegetal; que se puede organizar en tejidos y órganos, asumiendo funciones complementarias. Y así identificar las modificaciones con las que se presenta en tejidos y órganos de partes vegetativas y reproductivas en plantas vasculares y que han ido evolucionando en el tiempo.

En resumen, se presenta todo el material creado para la ejecución del curso **Botánica Agrícola**, incluyendo la Excursión a Precordillera, que describe secuencialmente la metodología trabajada en terreno, 9 guías de laboratorio con las actividades específicas para los estudiantes y la fundamentación teórica del tema; junto con la guía sobre interacción polinizador-planta.

OBJETIVOS

PRESENTACIÓN, DESCRIPCIÓN Y PROPÓSITOS FORMATIVOS:

El sentido general del curso es dar una formación científica sobre la base del estudio de la célula como unidad básica de la vida vegetal, su composición y ciclo celular; de cómo estas células se diferencian y organizan en tejidos especializados y cómo un conjunto de tejidos de diversa complejidad forman órganos.

Se estudia también cómo estos órganos estructuran el cuerpo de la planta y cómo, por su evolución en distintos ambientes, conforman una morfología determinada. Permitiendo al alumno, mediante estos conocimientos, sentar las bases que le permitan resolver problemas propios de un Ingeniero Agrónomo.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE:

1. Conocer la estructura de la célula vegetal para que comprenda su funcionamiento.
2. Describir el proceso de crecimiento vegetal conociendo los tejidos y órganos que lo componen.
3. Inferir que el proceso de evolución de las plantas implica simplificación de la estructura vegetal.

Guía N°1 MÉTODO CIENTÍFICO

En el afán del Hombre por entender el mundo en el que habita, ha creado un cuerpo de ideas llamado "ciencia" que se puede caracterizar como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente, falible. Por medio de la investigación el Hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta. A través del Método Científico se pone a prueba enunciados verificables y para confirmar conjeturas, se necesita de la observación y la experimentación.

El Método Científico puede ser definido como un conjunto sistemático de criterios de acción y de normas que orientan el proceso de investigación y se caracteriza por ser:

- **Fundamentado**, porque cada afirmación debe estar sustentada por información publicada, que avale o dé respaldo a lo que se afirme.
- **Sistematizado**, porque debe mostrar conexión lógica de los conocimientos.
- **Empírico**, porque debe apoyarse en la experiencia que se entiende como el conocimiento adquirido ya sea por la práctica o por la observación.
- **Verificable**, ya sea por experimentos (modificando la naturaleza) o por la observación (sin modificar la naturaleza).

El método científico sigue una direccionalidad unívoca que le es característica, porque el método como tal es en sí un procedimiento encaminado a un objetivo; el intentar lograrlo conlleva seguir las siguientes etapas:

1. **Observación**: Es la etapa primordial para iniciar una investigación científica y se da casi en forma involuntaria. El científico entra en contacto con el fenómeno y algo lo induce a continuar buscando; esto exige atención, perseverancia, exactitud y juicio crítico, o sea, la observación debe ser cuidadosa, precisa y analítica. Puede realizarse en forma directa utilizando todos los sentidos, o en forma indirecta, valiéndose de experiencias realizadas por otros. La observación debe conducir a formular una pregunta sobre el evento o característica. Ejemplo: ¿existe alguna relación entre el crecimiento de una planta de lechuga y la cantidad de compost que se le aplique?
2. **Planteamiento del problema**: es una forma de afinar y estructurar formalmente la idea de investigar, y debe expresar una relación entre dos variables: la variable dependiente (condición en la que queremos intervenir aunque no es posible modificarla intencionalmente). Esta variable cambiará según la modificación de la variable independiente) y la variable independiente (condición que el investigador manipulará deliberadamente y de forma controlada). Tomando la pregunta planteada anteriormente, la variable dependiente sería la planta de lechuga y la variable independiente, la cantidad de compost que se aplique. El problema se debe plantear claramente, sin ambigüedad y debe

poder convertirse en pregunta contestable (y no en un simple si o no). Por ejemplo: ¿la cantidad de compost influye en el crecimiento de la lechuga? Este planteamiento permite realizar una prueba empírica o una observación concreta.

3. **Revisión bibliográfica o Marco Teórico:** es de suma importancia, porque se recopila información imparcial sobre el fenómeno que apoya la hipótesis y permite que ésta sea sometida a contrastación, contribuyendo al avance del trabajo en estudio. Se puede revisar libros o publicaciones virtuales, distinguiendo entre fuentes confiables y no confiables. Es una buena opción acudir a páginas de centros de estudios o universidades, recogiendo información de los propios científicos. El equipo investigador debe aprender a distinguir entre información de primera fuente de aquella que divulgan los medios de comunicación haciendo reportajes por ejemplo o que aparecen en los diarios como noticia.

No está estandarizado el criterio acerca de cuántas fuentes de investigación se debe consultar, pero es recomendable como mínimo 10 fuentes.

El objetivo del marco teórico es:

- a) Tener un concepto del fenómeno en estudio, tan claro, exacto y completo como sea posible.
 - b) Tener conocimiento de soluciones a problemas secundarios relacionados con los que preocupa al investigador, de modo que no se pierda tiempo en investigarlos de nuevo.
 - c) Determinar el grado de incertidumbre sobre el problema elegido, puede que existan pocas dudas (o ninguna) y, por lo tanto, fuese más útil no insistir en él.
 - d) Tener fundamentos adecuados para plantear una hipótesis correcta.
4. **La hipótesis:** es una respuesta tentativa o posible al problema planteado; es una afirmación que explica la forma como se relacionan las variables dependiente e independiente (algunos dirían, es una predicción). También se ha llamado “brújula que guía la investigación”. Esta debe ser sustentable en la medida en que se reciba evidencia que la apoye. Si se ha planteado una buena pregunta de investigación, se debería plantear una buena hipótesis. Una hipótesis se convierte en una afirmación cuando ha sido sometida a repetidas experimentaciones. Por ejemplo en relación a la pregunta anterior “**la planta de lechuga crece en la medida que se aplica mayor cantidad de compost**”.

Requisitos principales para la formulación de una hipótesis:

- Tiene que ser formalmente correcta y significativa (lógicamente consistente).
- Estar fundada en alguna medida en conocimiento previo, tiene que ser compatible con el cuerpo del conocimiento científico.
- Tiene que ser empíricamente contrastable.

Según los resultados obtenidos en la experimentación, la hipótesis puede ser **aceptada o rechazada**. Los tipos de hipótesis son:

Hipótesis alternativa: es la hipótesis de investigación, de trabajo. Aquí se nombran las variables que se están probando y lo que se espera.

Hipótesis nula: es la hipótesis que plantea que no existe determinado efecto por la variable que está en estudio.

5. **La experimentación:** de todos los pasos del método científico, el que verdaderamente separa la ciencia de otras disciplinas, es el proceso de experimentación; esta se estructura sobre la base de la hipótesis para probar su validez.

Se debe realizar un diseño adecuado que considere los procedimientos, las condiciones y las instancias más apropiadas de observación para obtener resultados válidos. Se debe predeterminar el número y clase de sujetos en estudio; el tamaño de la muestra y el de la población. Cada experimento debe contar con un grupo testigo o control y un grupo experimental. Ambos grupos son tratados exactamente igual, excepto en 1 factor cuyo efecto es el que se busca.

Los resultados obtenidos en esta etapa deben ser objetivos e imparciales y por ningún motivo, manipulados. Estos resultados determinan que se valide o rechace la hipótesis. Finalmente se debe decidir cómo se van a registrar los datos obtenidos y cómo se van a analizar; es muy importante aprender a construir formularios apropiados para el registro de datos. Idealmente se debe realizar análisis estadístico para que los resultados sean significativos. Finalmente los resultados se deben presentar en forma simple y atrayente, a través de tablas o de figuras, (se denomina figura a los gráficos, dibujos, mapas).

6. **La discusión:** es el análisis de los resultados obtenidos considerando los objetivos planteados y la información teórica recopilada. La profundidad de este análisis dependerá de la naturaleza de la hipótesis y del conocimiento del problema a investigar.
7. **Las conclusiones:** deben ser claras, concisas y referidas a cada uno de los objetivos planteados y cuya verificación se ha realizado en el transcurso del estudio. Es la etapa final de la investigación.
8. **Referencias Bibliográficas:** se presentan en orden alfabético del primer autor, distinguiendo entre bibliografía escrita e informática.

Condiciones que debe cumplir un experimento:

- a) Debe ser capaz de poner a prueba la hipótesis.
- b) Los resultados deben ser objetivos.
- c) Los resultados deben aportar la suficiente información a los científicos, para que puedan aceptar o rechazar la hipótesis.
- d) El experimento debe ser reproducible.
- e) El diseño experimental debe consignar claramente las variables dependiente e independiente, así como el grupo control y el experimental.

Trabajo práctico: **Aplicar el método científico a la presencia de almidón**

Antecedentes:

El almidón es un compuesto orgánico (hidrato de carbono: C-H-O) de fórmula $(C_6H_{12}O_6)_n$, en que “n” es un número indeterminado de moléculas de glucosa. Para los vegetales el almidón es un polisacárido de reserva de almacenamiento de energía. La enzima amilasa hidroliza el almidón dejando en libertad moléculas de glucosa. Las plantas almacenan el almidón en diferentes órganos de la planta, principalmente en raíces, tallos subterráneos, frutos, semillas, entre otros.

Actividad:

- Formar grupos de 3 personas y organizarse para formular su propio diseño experimental, toma de datos, construcción de formulario, experimentación, análisis de resultados y redacción de un Informe Final, que se entregó 15 días después.

Experimentación:

- Tome una pequeña cantidad de almidón en polvo, colóquelo en un portaobjeto que contenga una gota de agua. Homogenice con aguja de disección, observe con microscopio estereoscópico (lupa) desde menor a mayor aumento. Dibuje.
- Coloque sobre un portaobjeto que contenga una gota de agua, raspado de papa. Homogenice con aguja de disección, observe con microscopio estereoscópico (lupa) desde menor a mayor aumento. Dibuje.
- Para confirmar, sobre el raspado de papa deje caer una gota de lugol. Observe nuevamente a mayor aumento. Dibuje.
- Repita lo anterior pero esta vez colocando sobre un portaobjeto que contenga una gota de agua, raspado de nabo. Homogenice con aguja de disección, observe con microscopio estereoscópico (lupa) desde menor a mayor aumento. Dibuje.

- Para confirmar, sobre el raspado de nabo deje caer una gota de lugol. Observe con microscopio estereoscópico (lupa) desde menor a mayor aumento. Dibuje.

Preguntas orientadoras:

¿Por qué usó papa y nabo?: para responder piense qué parte de la planta representan estos órganos?

¿Cuál es su hipótesis?

¿Cuál es su grupo control?

Materiales para el laboratorio:

Almidón en polvo	Pisceta, pipeta	Cápsula Petri
Papa	Lugol	Vasos de precipitado
Nabo		

Informe Final. Debe reflejar las etapas del Método Científico, explicando claramente:

- PORTADA, con TÍTULO de no más de 20 palabras, explícito y relacionado con el tema en desarrollo, nombre completo de los autores, asignatura y carrera.
- INDICE, indicar el número de la página de cada sección
- INTRODUCCIÓN, cuál fue su pregunta de investigación, objetivos e hipótesis (máx. 1 pág)
- MARCO TEÓRICO, fundamentación teórica sobre método científico (máx. 2 pág)
- MATERIAL Y MÉTODO, explicar ordenadamente la experimentación realizada (máx. 1 pág)
- RESULTADOS, presentar los resultados de la experimentación realizada. Puede complementar con figuras (dibujos o fotos) y tablas (máx. 3 pág)
- DISCUSIÓN, analizar cada uno de los resultados obtenidos, teniendo en cuenta la fundamentación teórica (máx. 2 pág)
- CONCLUSIONES, presentar con frases cortas, los resultados más relevantes, acorde con los objetivos planteados (máx. 1 pág)
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS, presentar en orden alfabético del primer autor, cada uno de los textos revisados en papel o en línea.

Ejemplos

Trabajos escritos:

Mauseth J (1988) Introduction to Plant Biology. Saunders College Publishing, USA.

Nabors M (2011) Introducción a la Botánica. Pearson Educación S.A, Madrid.

Strasburger E, F Moll, H Schenck & A Schimper (2004) Tratado de Botánica, Barcelona.

Raven P, R. Evert & S Eichhorn (1991) Biología de las Plantas. Ed. Reverté, México.

Informático:

Mauseth www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab/

Guía N°2 MICROSCOPIA

La **microscopía** es la técnica de producir imágenes visibles de estructuras o detalles demasiado pequeños para ser percibidos a simple vista. En la microscopía se evidencia los grandes aportes que la Física ha hecho a la Biología.



El Microscopio

El microscopio es un instrumento de precisión e indispensable para el estudiante que se formará para ser Ingeniero Agrónomo. Aunque pareciera ser un instrumento indestructible, en realidad es muy delicado y debe tratarse con mucho cuidado.

Desde la antigüedad, civilizaciones como la mesopotámica y egipcia (ca. 3.000 aC) sabían que los espejos curvos y las esferas de cristal llenas de agua aumentaban el tamaño de las imágenes. En el siglo XI en China ya se utilizaban lentes convexas; sin embargo a partir de 1590 en que los hermanos Hans y Zaccharias Janssen, holandeses fabricantes de anteojos inventaron el microscopio, nuevos instrumentos fueron creados lo que venía aparejado del descubrimiento de diferentes tipos de células y organismos que no son visibles al ojo desnudo. En 1655 Robert Hooke inventa el microscopio compuesto y en 1632 van Leeuwenhoek descubre los glóbulos rojos, las bacterias y estudia el esperma humano.

Desde entonces y a la par de los descubrimientos, diferentes empresas se fueron especializando en la fabricación de instrumentos de calidad, dando pauta los alemanes y japoneses. El desafío siempre era obtener imágenes más nítidas así como profundizar el aumento. Desde los primeros microscopios hasta los actuales modelos, se han producido muchos avances, que han permitido al científico avanzar cualitativamente sus estudios.

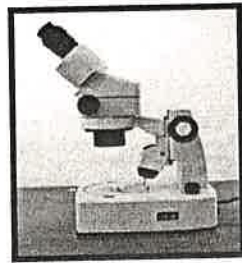
El alumno, durante el curso de Botánica Agrícola, utilizará los siguientes:

Microscopio de Campo Claro.

1. Microscopio Simple o Lupa (también llamado estereomicroscopio).

Consiste en una lente simple montada sobre una platina con sistemas de tornillos y cremalleras. Se usa para ampliaciones bajas, no superiores a 30 diámetros para evitar las aberraciones propias de las lentes.

El objeto que se desea observar, se coloca dentro de la distancia focal de la lente, obteniéndose así una imagen aumentada, virtual y derecha cuyo tamaño será mayor mientras más cerca esté el objeto de la distancia focal de la lente.



2. Microscopio Compuesto.

Es un instrumento óptico que se utiliza para el estudio detallado de objetos que por su tamaño son invisibles o confusos, formando de ellos imágenes aumentadas virtuales e invertidas. El microscopio compuesto consta de los siguientes sistemas:

- a) Sistema Mecánico o Estático.
- b) Sistema de Iluminación.
- c) Sistema Óptico.

1.-Sistema Mecánico.

Es la armazón metálica que sostiene a los sistemas de iluminación y óptico, dándole la posición adecuada y permitiendo los movimientos necesarios para la correcta coordinación entre ambos. Está formado por:

- a) **Asa o pie:** es la base de sustentación y la forma varía según el modelo del microscopio, la más usada es la de forma rectangular por proporcionar mayor estabilidad. A veces en aquellos más básicos sostiene a un espejo, o al sistema de iluminación en los más complejos.
- b) **Columna:** es el pilar que sostiene al tubo, la platina, el condensador y sobre el cual están montados los tornillos de focalización (macro y micrométrico).
 - En la parte superior, el tubo que soporta el o los oculares y el revólver portaobjetivos.
 - En la parte media, la platina, donde se ubica la preparación. Tiene un orificio central que permite el paso de los rayos luminosos.

-**Sistema de enfoque**, que se regula por medio de dos tornillos: el macrométrico para el enfoque aproximado (gran desplazamiento) y el micrométrico, para el enfoque de precisión (movimiento fino).

c) **Platina**: es una plataforma horizontal con un orificio central que permite el paso de los rayos luminosos sobre el cual se coloca el objeto a observar montado sobre un portaobjeto. Posee dos pinzas destinadas a sujetar la preparación y un sistema de tornillos adosados al carro, que permite desplazarla con movimientos horizontales y verticales, además hay una graduación con un Vernier que permite volver a centrar la muestra si se toma los números de las coordenadas del eje X e Y.

d) **Tubo o Cañón**: es un tubo metálico hueco con su superficie interna completamente negra para evitar la reflexión de la luz. En su extremo superior va montado el ocular y en su extremo inferior el revólver con los objetivos.

e) **Revolver**: es un mecanismo situado en el extremo inferior del tubo que por simple rotación moviliza los diferentes objetivos que lleva el microscopio. Los objetivos están dispuestos en el revolver de tal manera, que estando uno de ellos en foco, los demás también lo están al rotar el revolver. Esto se conoce con el nombre de **Sistema Parafocal**.

f) **Tornillos Focalizadores**: su desplazamiento es perpendicular al tubo, como también respecto a la platina, se realiza mediante dos tornillos; el **macrométrico** se utiliza para el enfoque aproximado y el **micrométrico**, de menor tamaño y movimientos lentos, está destinado al enfoque de precisión.

2.- Sistema de Iluminación.

Está ubicado bajo la platina y consta de:

a) **Fuente luminosa**: puede ser natural o artificial. La mayoría utilizan luz artificial proporcionada por la lamparilla incorporada al pie o a la base de la columna.

b) **Condensador**: es un sistema de lentes que concentra la luz en el plano de la preparación, para obtener una mejor iluminación.

c) **Diafragma iris**: es un dispositivo ubicado en la parte inferior del condensador y sirve para regular la cantidad de luz que llega a éste, eliminando los rayos luminosos periféricos que pueden producir aberraciones.

d) **Anillo Portafiltros**: es una estructura ubicada bajo el diafragma-iris que permite interponer entre el condensador y la fuente luminosa (o espejo) filtros, generalmente de color azul, para obtener una luz constante, homogénea y parecida a la luz natural. Los filtros son discos de

vidrio y el más usado es el azul porque reduce el exceso de rojo y amarillo producido por el filamento de la ampolleta.

3.- Sistema Óptico.

La parte fundamental del microscopio compuesto, lo constituyen dos lentes de aumento convergentes dispuestos en los extremos del tubo.

a) **Objetivos:** son sistemas de lentes acomodados en el revolver en número de tres o cuatro, están marcados por un aumento y la apertura numérica Ej. 10:1 a.n. - 0.25, quiere decir que el objetivo tiene un aumento de 10 diámetros y su apertura numérica es de 0.25. Se clasifican en:

- **Objetivos en seco:** cuando entre la preparación y la lente solo hay aire. Son los objetivos de 4X, 10X y 40X, nombrados coloquialmente “lupa”, “aumento menor”, y “aumento mayor”, respectivamente.
- **Objetivo a inmersión:** cuando entre la preparación y la lente existe una sustancia cuyo índice de refracción sea lo más aproximado al del vidrio (aceite de inmersión). Es el objetivo de 100X.

b) **Oculares:** son sistemas ópticos centrales colocados en el extremo superior del tubo al cual el observador aplica el ojo. Está formado por dos lentes convexas separados por un diafragma fijo. Su función es aumentar la imagen proyectada por los objetivos. Los oculares más comúnmente usados tienen un poder de aumento de 6x y 10x.

Propiedades del Microscopio (propiedades de las lentes):

1. **Poder de Aumento:** razón entre tamaño de imagen producida por el microscopio y tamaño del objeto observado. Los dos sistemas ópticos del microscopio compuesto son capaces cada uno de amplificar imagen. Por lo tanto, el aumento total se obtiene multiplicando el aumento del ocular por el del objetivo. Ej. ocular de 10X y objetivo de 10X, poder de aumento= 100X.

2. **Poder de Resolución:** capacidad del microscopio que permite hacer perceptibles por separado, dos puntos situados muy próximos entre sí. Dos puntos luminosos pueden dar imágenes separadas siempre que entre ellas exista una distancia mínima “r” llamada límite de resolución; si esta distancia es menor a “r”, las imágenes se confunden. El límite de resolución es inverso al poder de resolución, de manera que cuanto mayor es el poder de resolución, menor es el límite de resolución. Para aumentar el poder de resolución del microscopio, manteniendo constante la longitud de onda, deben utilizarse lentes de mayor apertura numérica. Una forma de aumentar la apertura numérica es aumentar el índice de refracción, lo que se logra utilizando el aceite de inmersión.

3. Poder de Definición: es la capacidad de dar imágenes nítidas, de contornos precisos, libres de aberraciones.

4. Poder de Penetración: es la capacidad de las lentes que permite reconocer detalles de estructuras que están ubicadas a diferentes niveles de la preparación, esto nos da el grosor de lo observado.

Desafío de los investigadores:

La potencia amplificadora de un microscopio óptico está limitada por la longitud de onda de la luz visible. El microscopio electrónico utiliza electrones para iluminar un objeto. Dado que los electrones tienen una longitud de onda mucho menor que la luz, pueden mostrar estructuras mucho más pequeñas. La longitud de onda más corta de la luz visible es de alrededor de 4.000 ángstroms (1 Ángstrom es la diez millonésima parte de un milímetro). La longitud de onda de los electrones que utilizan los microscopios electrónicos es de alrededor de 0,5 ángstroms.

Todos los microscopios electrónicos cuentan con un cañón de electrones que emite los electrones que chocan contra el espécimen, creando una imagen aumentada. Se utilizan lentes magnéticas para crear campos que dirigen y enfocan el haz de electrones. El sistema de vacío es fundamental, evitar ser desviados por moléculas de aire. Estos microscopios cuentan con un sistema que registra o muestra la imagen que producen los electrones.

Dos son los tipos básicos de microscopios electrónicos: el **electrónico de transmisión** (Transmission Electron Microscope, TEM ó MET) y el **electrónico de barrido** (Scanning Electron Microscope, SEM ó MEB).

◆ **Microscopio electrónico de transmisión (MET):** permite observar una muestra en cortes ultra finos no mayores a un par de miles de ángstroms, obteniendo un aumento de hasta un millón de veces. Del haz de electrones que se dirige hacia el objeto que se desea aumentar, una parte rebota o son absorbidos por el objeto y otros lo atraviesan formando una imagen aumentada. Una placa fotográfica o una pantalla fluorescente ubicada detrás del objeto registra la imagen aumentada.



TEM: mitocondria (60.000x)



MEB: estoma con bacterias (4000x)

Microscopio electrónico de barrido (MEB), crea una imagen ampliada de la superficie de un objeto. No es necesario cortar el objeto en capas para observarlo. El MEB explora la superficie de la imagen punto por punto. Su funcionamiento se basa en recorrer la muestra con un haz muy concentrado de electrones. A medida que el haz de electrones barre la muestra, se presenta toda la imagen en el monitor. Los MEB pueden ampliar los objetos 200.000 veces o más. Las imágenes de son tridimensionales y realistas de la superficie del objeto.

Trabajo práctico: Uso del Microscopio

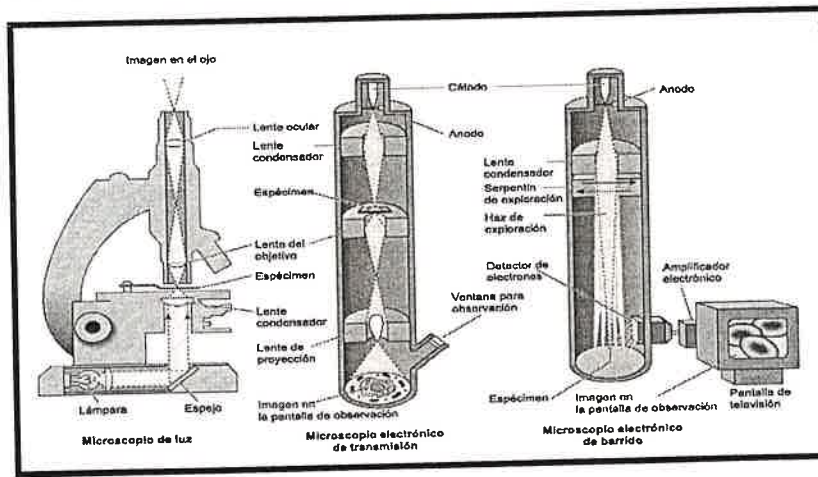
Lo primero que debe tener en cuenta el alumno al sentarse frente al microscopio, es ver si externamente se encuentra bien, es decir no hay piezas rotas o deterioradas, ya que el mismo será responsable en el futuro del instrumento. Luego con papel tisúes o pañuelo desechable humedecido en alcohol al 50%, limpie los lentes para obtener buenas imágenes durante la observación, de lo contrario la observación será oscura o borrosa.

- Coloque el microscopio en una posición cómoda para la observación. Tómelo siempre de la columna.
- Rote el revolver hasta sentir el “clic” que le indica que está en la posición correcta del lente elegido, comenzando con el objetivo de lupa, que le dará una idea general de la muestra. Luego debe ir cambiando los objetivos de acuerdo a las indicaciones de su profesora.
- Coloque la preparación en la platina; tenga cuidado de colocar siempre el cubreobjeto hacia arriba, ya que de lo contrario con objetivos de mayor aumento, no podrá observar con nitidez.
- Dé la iluminación apropiada a la muestra en observación.
- Mueva el macrométrico cuidadosamente hasta tener enfocada la preparación.
- Utilice el micrométrico para llegar al óptimo de enfoque.
- Regule la intensidad de la luz cerrando lentamente el diafragma. Suba el condensador casi hasta el tope.

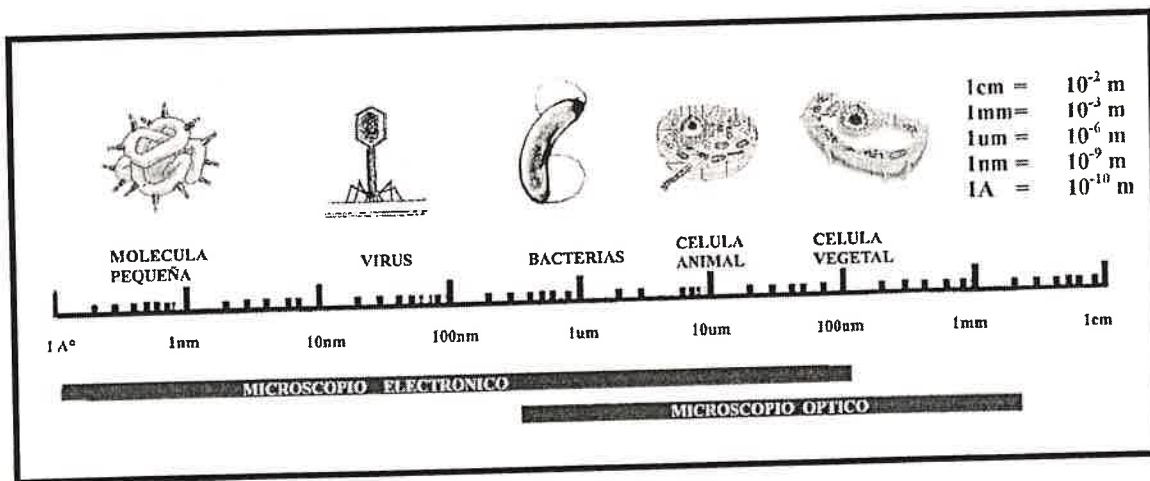
Precauciones en el uso del Microscopio:

- Trate de mover lo menos posible el microscopio, si lo hace cuide de llevarlo en la posición de uso.
- Nunca toque los lentes con los dedos.
- Si encuentra algún desperfecto, avise de inmediato a su profesor.
- Si está utilizando el objetivo mayor (40X) o el de inmersión (100X), recuerde que la distancia entre estos y la preparación es mínima, por lo tanto extreme sus cuidados.

Comparación entre el microscopio óptico, electrónico de transmisión y electrónico de barrido:



Relaciones de tamaño de algunos organismos vivos:



Preparación al Fresco.

En muchas oportunidades se necesita observar en el laboratorio material vivo. Para que ello sea posible debe realizarse una preparación temporal o al fresco.

Procedimiento:

- En un portaobjeto limpio se agrega una gota de agua destilada.
- Luego se agrega el objeto o material vegetal a observar.
- Finalmente se toma el cubreobjeto por los bordes y afirmando con una aguja de disección, se deja caer suavemente sobre la muestra, desplazando con ello todo el aire y evitando que en la muestra queden burbujas.

Trabajo práctico. Aprendiendo a usar el microscopio óptico

MOTAD es una sigla que significa lo siguiente:

M= material
O= observación
T= tinción
A= aumento
D= descripción

1. En un trozo de papel y lo más pequeño posible, escriba el número 4. Colóquelo sobre el portaobjeto, coloque el cubreobjeto y observe con aumento menor.
 - a) Mueva de derecha a izquierda su preparación, ¿en qué dirección se mueve el número?
 - b) Mueva hacia delante y hacia atrás su preparación. ¿Cómo es el movimiento del número?
 - c) ¿Cómo observa el número en su preparación?
Anote, explique, dibuje.

2. Tome un catáfilo de cebolla, retire la epidermis, móntela sobre una gota de agua en el portaobjeto. Tiña agregando una gota de azul de metileno y cúbrala con el cubreobjeto. Observe con aumento menor y mayor pared celular, vacuola, núcleo y nucléolo(s).
Observe y dibuje.

3. Haga un corte transversal a mano alzada por tomate, utilizando la hoja de afeitar. Monte en el portaobjeto sobre una gota de agua; cúbrala con el cubreobjeto. Observe cromoplastos con aumento menor y mayor.
Observe y dibuje.

4. Haga un corte transversal por hoja de gomero (*Ficus elástica*), móntela sobre una gota de agua en el portaobjeto, cúbrala con el cubreobjeto. Observe cistolitos y sus relaciones celulares con aumento menor y mayor.
Observe y dibuje.

5. Haga un corte transversal por pecíolo de hoja de cala (*Zantedeschia aethiopica*), móntela sobre una gota de agua en el portaobjeto, cúbrala con el cubreobjeto. Observe cristales en forma de agujas (llamados rafidios) con aumento menor y mayor.
Observe y dibuje.

NOTA: Haga MOTAD en cada caso.

Guía N°3 LA CÉLULA

La capacidad para distinguir los detalles estructurales de las células, depende mayormente de los instrumentos de que se disponga. Los primeros microscopios eran rudimentarios y el conocimiento de la estructura celular era en consecuencia limitado. Hoy en día se dispone de microscopios más complejos que han abierto nuevas perspectivas al estudio de la célula.

Las técnicas de preparación de los especímenes a ser observados en el microscopio son muy diversas, así tenemos:

Examen Inmediato

Se efectúa directamente sobre las células vivas o después de extraídas del organismo, mientras aún conserva la vida. Se deposita sobre un portaobjeto los elementos a estudiar, sobre ellos se coloca un poco de líquido que constituya un medio normal (agua destilada, lugol, etc.) u otro medio que lo reemplace y se observa al microscopio, con aumento e iluminación adecuados.

Este examen de células vivas a veces no permite visualizar detalles de estructuras puesto que todas tienen la misma capacidad de absorber la luz transmitida; en ciertas condiciones se pueden utilizar colorantes vitales para aumentar el contraste de elementos celulares, por ejemplo floroglucina u otros.

Los colorantes que tiñen las estructuras celulares vivas se clasifican en:

- Intravitales: no tóxicos para la célula.
- Supravitales: aquellos que por algún mecanismo bloquean algunas reacciones metabólicas de la célula y conducen a su muerte.

Las limitaciones de este examen son la escasa duración de los preparados, el difícil discernimiento de estructuras de índice de refracción parecido y la dificultad para lograr cortes delgados y uniformes de tejidos vivos que permita que la luz pueda pasar a través de él.

Para obtener un buen examen inmediato:

- Colocar una gota de agua en el centro de un portaobjeto limpio.
- Ubicar el trozo de material que desea observar teniendo cuidado que el agua cubra completamente el material.
- Tomar un cubreobjeto colocándolo en posición de un ángulo de 45°; deslizarlo hasta ponerlo en contacto con la gota de agua dejándolo caer gradualmente y lentamente sobre el material que desea observar. Evita la formación de burbujas de aire que interferirán con una buena observación.

Examen Mediato

Proceso que requiere de una larga preparación pero tiene la ventaja que se mantienen en buenas condiciones por meses e incluso un par de años. El proceso consiste en:

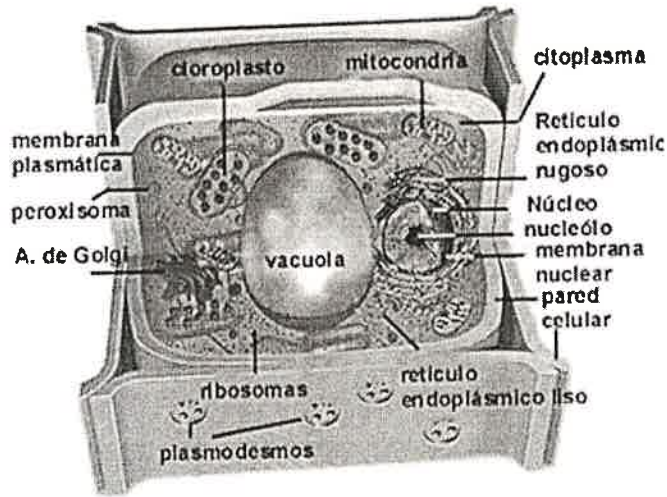
- Fijar el material en una solución de FAA (mezcla de formaldehído, alcohol y ácido acético).
- Deshidratar el material haciéndolo pasar por una serie de alcoholes desde 50 a 100%.
- Embeber el material en parafina con el fin de obtener bloques de parafina que puedan ser cortados en cintas muy finas, usando un micrótopo.
- Colocar las cintas finas de parafina en portaobjetos.
- Disolver la parafina de los portaobjetos con un solvente orgánico (xilol-toluol).
- Teñir el material para contrastar las distintas estructuras. Generalmente se usa tinción Safranina-Verde rápido. La safranina teñirá de rojo los tejidos lignificados el verde rápido, teñirá de verde los tejidos celulósicos.
- Proteger las preparaciones montando un cubreobjeto sobre el material con bálsamo de Canadá.

TÉCNICA PARA LA PREPARACIÓN DE TEJIDOS EN MICROSCOPIA OPTICA Y ELECTRÓNICA

Etapa	Definición	Microscopía óptica	Microscopía electrónica
Fijación	Muerte rápida de las células preservando la morfología lo más cercano posible a la realidad (por desnaturalización de las proteínas)	Formalina 8% FAA Alcohol (tamaño de 1cm)	Acroleína Ac. ósmico Gluteraldehído Permanganato de potasio (tamaño de 1mm)
Inclusión	Impregnación del tejido en sustancias consistentes que permitan obtener un bloque sólido	Parafina	Resinas plásticas
Corte	Obtención de cortes finos mediante el micrótopo	Micrótopo 2 μ m - 80 μ m	Ultra micrótopo 0,002 μ m
Tinción	Aumento del contraste de las estructuras	Safranina-Verde rápido	Metales pesados que dispersan los electrones

LA CÉLULA

Estructura de una célula vegetal



La Teoría Celular sostiene: “La célula es la unidad estructural y funcional de todos los seres vivos” y ha sido reconocida como uno de los factores fundamentales de la Biología.

Las investigaciones modernas realizadas con el microscopio electrónico, han permitido clarificar algunos detalles celulares ignorados hasta hace muy poco. Por esto la imagen celular que da el microscopio corriente (1500 aumentos) difiere notablemente de la que da el microscopio electrónico (200.000 aumentos más).

Los diferentes tipos de células vegetales pueden distinguirse por la forma, espesor y constitución de la pared, como también por el contenido de la célula. El ser humano ha tomado ventaja de la diversidad celular: consumimos los almidones y proteínas almacenados en sus tejidos de reserva, usamos los pelos de la semilla del algodón (*Gossipium hirsutum*) así como las fibras del tallo del lino (*Linum ussitatisimum*) para vestirnos; aun cuando las células están muertas, como en el leño, lo utilizamos para construcciones y para hacer papel.

ESTRUCTURA DE LA CÉLULA VEGETAL

La célula vegetal comparte muchas estructuras con la célula animal, pero se diferencia por la presencia de la pared celular, de grandes vacuolas y presencia de plastidios.

Pared Celular

Es una estructura formada químicamente por celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas y proteínas. La **celulosa** está formada por monómeros de glucosa unidos de manera lineal que se disponen paralelas entre sí, unidas por puentes de hidrógeno

formando microfibrillas. Las microfibrillas se combinan con **hemicelulosas** y **pectinas** formando macrofibrillas. Puede presentar 3 zonas: la pared primaria, lámina media y pared secundaria.

Las células de activo crecimiento (células meristemáticas) y las células jóvenes presentan **pared primaria**. En las células que cumplirán funciones de transporte de agua (llamado xilema) y en células con función de dar firmeza, protección y sostén a la planta (llamado esclerénquima) se presenta **pared secundaria**, la que puede se puede impregnar de otros compuestos químicos, como la **lignina** (que le da la dureza a la madera).

La pared primaria del tejido epidérmico se puede impregnar con **cutina** o **suberina** tornando impermeables las paredes celulares. La **lámina media** está formada por sustancias pécticas (polisacáridos) y es difícil de observar con microscopio óptico, es la capa que mantiene unidas las células.

Todas las células vegetales tienen pared celular (a excepción de algunas células gaméticas y otros componentes del tapetum, células relacionadas con el tejido reproductor).

Vacuola

Organelo de la célula vegetal cuya función básica se relaciona con la regulación de sales y minerales del citoplasma. La vacuola se forma por la fusión de pequeñas vacuolas durante el proceso de elongación celular. La membrana de la vacuola se llama **tonoplasto** y está formado por una unidad de membrana. El contenido vacuolar es principalmente agua, sales minerales y algunas proteínas.

Muchas semillas contienen enzimas en la vacuola, las que son responsables de la degradación de proteínas durante el proceso de germinación (aleurona). Otra función que realiza la vacuola es la acumulación de sales en forma de cristales. Los cristales más comunes son los de carbonato de calcio y los de oxalato de calcio. Eventualmente las vacuolas pueden contener pigmentos (antocianinas por ejemplo).

Plastidios

Los plastidios son organoides que, al igual que el núcleo, están separados del citoplasma por un sistema de doble unidades de membrana. Están presentes en todos los representantes del reino Plantae, variando en forma, tamaño y pigmentación. Se derivan de los proplastidios, presentes en células meristemáticas. Los plastidios adultos de las células parenquimáticas se presentan como:

1.- **Cloroplastos**: plastidios fotosintéticamente activos que contiene en su membrana interna clorofila y otros pigmentos. Estos conjuntos moleculares son responsables de captar la energía radiante, la que se fija en energía química a través de sistemas enzimáticos presentes en el estroma o matriz del cloroplasto. La membrana interna se pliega formando sacos aplanados o

granos. Este sistema interno de membranas o tilacoides se encuentra embebido en una matriz proteínica o estroma, el cual contiene abundante ADN y ribosomas.

2.- **Leucoplastos:** plastidios sin pigmentación que encierran materiales de reserva. Se encuentran en tejidos no expuestos a la luz. Reciben distintos nombres, dependiendo del tipo de sustancia que almacenen, llamándose amiloplastos a los que almacenan almidón; aleuoplastos a los que almacenan proteínas del tipo aleurona y elaioplastos a los que almacenan distintos tipos de lípidos.

Los granos de almidón se forman por la agregación de capas de almidón en forma concéntrica alrededor del hilum. La distinta densidad que se observa en las capas se debe a la diferente hidratación que presentan. La posición del hilum, la forma y tamaño de los granos de almidón y su apariencia solitaria o en forma de granos compuestos, son rasgos conservativos que permiten identificar la especie de la cual provienen. Granos compuestos se observan en dos especies de la familia Poaceae (arroz, *Oryza sativa* y avena, *Avena sativa*) y en el camote, *Ipomoea batatas* de la familia Convolvulaceae.

3.- **Cromoplastos:** son plastidios que almacenan grandes cantidades de pigmentos amarillo-anaranjados, en particular, carotenoides. Estos plastidios se pueden desarrollar a partir de cloroplastos o estructurarse como plastos sin clorofila. Los cromoplastos se encuentran en pétalos, frutos maduros, en algunas raíces (zanahoria, por ejemplo) y otros.

Membrana Celular (plasmática, citoplasmática o plasmalema)

Una de las estructuras fundamentales descritas desde los comienzos del estudio de la célula, fue la membrana celular, aunque no fue vista por los primeros investigadores, se acepta como un límite.

La membrana celular posee características muy importantes como su permeabilidad diferencial o semipermeabilidad en que solo ciertas sustancias pueden atravesarla. Otra característica es que una lesión menor puede ser rápidamente reparada y otra cualidad es la elasticidad, demostrada por su capacidad de retornar a su primera posición después de haber sido presionada o estirada por un micro instrumento.

NOTA: Un fenómeno al que está expuesta una célula es la Plasmólisis que consiste en la contracción del protoplasma como consecuencia de haber perdido agua por **exosmosis**. Este fenómeno ocurre cuando la célula se halla en contacto con una solución hipertónica, lo que provoca la sustracción del agua y la pérdida de la turgescencia celular. La plasmólisis es reversible cuando la célula absorbe agua de otra solución hipertónica.

Trabajo práctico: Forma y tamaño celular

Plasmólisis. Se trabajará con hojas de *Elodea* sp., una planta vascular acuática.

1. Deposite una hoja de *Elodea* sobre una gota de agua en el portaobjeto; observe al microscopio con aumento menor y mayor. Describa la ubicación de los cloroplastos respecto a la pared celular.
2. Prepare otra hoja de *Elodea*, pero esta vez cambie el agua por una solución de azúcar al 10%. Espere por 5min y luego observe al microscopio.
- 3.

¿Cambió la distribución de los cloroplastos?, explique.

¿Qué ocurrió en el interior de las células?

4. Retire la hoja de *Elodea* que estaba sometida a las condiciones del experimento 2 y deposítela en un portaobjeto que contenga agua corriente. Espere unos minutos y observe al microscopio con aumento mayor y menor.

¿Qué sucedió ¿Vuelve la célula a su condición original?

¿Cómo describiría el proceso que ha ocurrido?

FORMA Y TAMAÑO CELULAR

1. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora y observe al microscopio con aumento menor y mayor. Identifique estructuras celulares, diferenciándolas por forma y tamaño celular, ubicación espacial en el órgano (focalice su atención en pared celular, vacuola, plastidios).

Guía N°4 TEJIDOS PRIMARIOS EN PLANTAS VASCULARES

Los sistemas de tejidos de origen primario que se reconocen en la organización de una planta terrestre, son derivados de los meristemas apicales.

TEJIDO MERISTEMÁTICO: Formado por células vivas en continua división, que se localizan en yemas apicales, axilares y en meristemas laterales, y cumplen la función de promover el crecimiento en longitud y en grosor del vegetal. Las células hijas formadas siguen un proceso de diferenciación y dar origen a tejidos con una función distinta a la meristemática.

Diferenciación: Proceso que se manifiesta fundamentalmente por una modificación de la pared celular, variación en el tamaño y número de vacuolas, cambios en los organelos y hasta pérdida del citoplasma, desarrollo de plastidios con o sin presencia de pigmentos, acumulación de sustancias ergásticas como almidón, taninos y/o minerales. (Ergástico: producto sintetizado por la propia planta).

Producto de la diferenciación, se estructuran tejidos en los siguientes sistemas:

1. Sistema dérmico:

Tejido constituido por la epidermis, cuyas células se ordenan sin dejar espacios intercelulares, en capas mono o pluriestratificadas; presente en tallos y raíces con crecimiento primario, en hojas, flores y gran parte de frutos.

La función de la epidermis es la **protección** superficial de los órganos que cubre y mantener el nivel hídrico de las células; también es un medio obligado que debe **atravesar** cualquier partícula que entre o salga de la planta. Adopta variadas formas, según el sustrato y clima a la que esté sujeta.

La cutina es un polímero de ácidos grasos, impermeable al agua que se deposita en la pared externa de la epidermis formando la **cutícula**, que contribuye a evitar la pérdida excesiva de agua.

Los complejos estomáticos, tricomas, glándulas y pelos radiculares, son estructuras derivadas de las células epidérmicas.

2. Sistema fundamental:

Representado por tejidos con función metabólica activa, como fotosíntesis, almacenamiento de compuestos orgánicos o ergásticos; también pueden cumplir funciones mecánicas. Los principales tejidos son:

TEJIDO PARENQUIMÁTICO: Formado por células vivas con paredes primarias celulósicas, vacuolas grandes y orgánoides citoplasmáticos. Es el tejido fundamental de la

planta (parénquima cortical y parénquima medular de tallos y raíces) y parénquima clorofiliano del mesófilo foliar y partes verdes de la planta.

Dependiendo del hábitat, la planta desarrolla parénquima acuífero (como en la familia Cactaceae), parénquima aerífero (plantas acuáticas), parénquima de relleno, parénquima clorofiliano (fotosíntesis), parénquima de almacenamiento (reserva), como también, de transporte, secreción y cicatrización.

TEJIDO COLENQUIMÁTICO: Formado por células con paredes celulósicas desigualmente engrosadas: colénquima angular (engrosamientos en las aristas), colénquima lagunar (engrosamientos cubren paredes laterales).

Se encuentra en tallos y pecíolos de plantas herbáceas anuales o bianuales, reforzando el parénquima cortical. En hojas de Angiospermas se distribuye junto al esclerénquima, protegiendo a los haces vasculares.

TEJIDO ESCLERENQUIMÁTICO: Por diferenciación, las células engruesan y lignifican sus paredes, y el protoplasto muere por estrechamiento del lumen celular.

Tipos de esclerénquima:

- **FIBRAS de esclerénquima**, células alargadas que dan firmeza y soporte al tejido conductor (xilema y floema) y normalmente se hallan en haces o cordones. Están asociadas al parénquima cortical y tejidos vasculares en tallos y raíces con crecimiento secundario.
- **ESCLEREIDAS** (o células pétreas), son células cortas, más o menos isodiamétricas (cuboidales) con paredes muy lignificadas, con función de sostén y resistencia. Pueden estar agrupadas en masas compactas formando superficies impenetrables como en la cáscara de una nuez o en los cuercos de frutos, o dando firmeza a frutos como en la pera.

3. Sistema vascular: a través del **xilema**, la planta transporta el agua y las sales minerales desde la raíz a los órganos fotosintetizadores (a excepción de algunas epífitas que no desarrollan el sistema radicular y potencian la entrada de vapor de agua vía tricomas, preferentemente foliares).

El **floema** es el encargado del transporte de nutrientes (metabolitos sintetizados por la planta, fundamentalmente mono y disacáridos, desde los órganos donde se sintetizan al resto de la planta).

Xilema y floema primarios derivan del procambium (meristema primario) y xilema y floema secundarios derivan del cambium vascular (meristema secundario).

TEJIDO XILEMÁTICO: Es un tejido complejo, constituido por células conductoras como tráqueas o traqueidas -que se diferencian a partir del procambium-, acompañadas de fibras de esclerénquima xilemáticas y parénquima xilemático. Las células conductoras no tienen citoplasma lo que facilita la función de transporte de agua y sales minerales (también llamada **savia bruta**).

Las **tráqueas (o vasos xilemáticos)**, son células diferenciadas con función de conducción de agua y sales minerales. Durante la diferenciación, las células del procambium (meristema primario) se disponen en series longitudinales que se van elongando, desapareciendo las paredes transversales entre las células de la serie, resultando **tubos celulares continuos** relativamente anchos y de varios centímetros de longitud.

El proceso de engrosamiento de la pared comienza con depósitos de **lignina** en forma anular, helicoidal, reticulada o punteada, que van dejando áreas sin engrosamiento llamadas **punteaduras** -áreas que no tienen pared primaria ni secundaria, sólo la membrana plasmática- y están presentes en las paredes laterales de estas células alargadas, para favorecer el intercambio de agua y sales minerales entre vasos.

Las **traqueidas**, son células con la misma función de las tráqueas, sólo que el proceso de diferenciación culmina con **células alargadas individuales**, de extremos aguzados, con múltiples punteaduras fundamentalmente en las paredes terminales oblicuas que les permite formar largas series longitudinales para la conducción en esa dirección.

Las **fibras de esclerénquima xilemáticas** dan resistencia al tejido y el **parénquima xilemático**, por ser células metabólicamente activas, proporcionan toda la energía que requiere el proceso de transporte a lo largo de toda la planta.

TEJIDO FLOEMÁTICO: Las células conductoras del floema son los **elementos cribosos**, de los cuales hay dos tipos: las **células cribosas** y los **elementos del tubo criboso**.

Criboso: se refiere a las agrupaciones de poros de las áreas cribosas por las que se interconectan los protoplasmas de dos elementos cribosos adyacentes.

Células cribosas, son células individuales, largas y fusiformes, con áreas cribosas en los extremos, propia de plantas vasculares que se reproducen por esporas y no forman semillas, como las Pteridophyta. También están presentes en Gimnospermas que son plantas vasculares que no tienen ovarios, por lo tanto forman semillas pero no frutos.

Elementos del tubo criboso, son células con protoplasma vivo pero sin núcleo, alargadas que van formando series longitudinales llamadas **tubos cribosos**. En los extremos de cada elemento criboso se desarrollan **placas cribosas**, con poros más grandes que las del

área cribosa y rodeadas de un polisacárido de pared llamado **calosa**. Son propios de Angiospermas (Dicotiledóneas y Monocotiledóneas).

Los tubos cribosos están asociados a las **células acompañantes**, que son células vivas, con protoplasma y núcleo y derivan de la misma célula madre que el elemento del tubo criboso.

Trabajo práctico: **FORMA Y TAMAÑO CELULAR** (continuación)

1. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora para obtener cortes a mano alzada.
2. Observe al microscopio con aumento menor y mayor e identifique estructuras celulares, diferenciándolas por forma y tamaño celular, ubicación espacial en el órgano (focalice su atención en tejido epidérmico, parenquimático, esclerenquimático, colenquimático, xilemático, floemático).
3. Identifique distribución espacial del tejido conductor.
4. Identifique corteza y médula.

Guía N°5: ONTOGENIA Y ANATOMÍA DE LAS HOJAS

La hoja es un órgano cuya función principal es la fotosíntesis y es el órgano de la planta por donde se evapora la mayor cantidad de agua.

Este órgano tiene su origen en los primordios foliares de los meristemas apicales caulinares y a diferencia de los tallos, presentan crecimiento apical limitado.

El crecimiento de las hojas está dado fundamentalmente por división celular y posterior elongación de células ubicada lejos del ápice foliar, determinándose así un tipo de crecimiento intercalar. A diferencia de las hojas de Angiospermas y Gimnospermas, en la Pteridophyta la célula apical mantiene su crecimiento por mucho tiempo.

La filotaxis o posición de las hojas en el eje caulinar se puede reducir a tres tipos básicos: opuestas, alternas y verticiladas.

En las hojas verdaderas o nomófilos es posible reconocer morfológicamente la lámina o limbo foliar, la nervadura, el pecíolo y la base foliar. La lámina comúnmente dorsiventral es la parte más importante de la hoja pues en ella es donde se realiza la mayor parte de la fotosíntesis. La lámina puede ser entera o partida. Los vasos conductores recorren la lámina según un patrón determinado por la nervadura foliar.

En general las Monocotiledóneas presentan hojas simples lineares, sésiles y de nervadura paralela. Las Dicotiledóneas presentan nervadura reticulada (pinnada o palmada), pueden ser pecioladas o sésiles y presentan lámina entera, hendida (lobada, si la incisión es menor de 50%), partida (incisión mayor a 50%) o sectada (la incisión llega casi hasta el nervio medio o hasta el nervio medio mismo). En la Gimnospermas la gran mayoría de las Coníferas, presentan hojas aciculares.

La unión de la lámina con el eje del vástago se llama **pecíolo**, estructura que por lo general es de sección transversal circular, pero puede ser alado, con hendiduras, corto, largo, desnudo o con tricomas uni o pluricelulares y/o glandulares. Además de servir como medio de transporte de agua y metabolitos secundarios, en el pecíolo se realizan algunos movimientos de fototropismo con los cuales la superficie de la lámina se mantiene durante la mayor parte del día perpendicular a los rayos solares. El pecíolo se origina por una reducción temprana del crecimiento marginal en la zona correspondiente.

La base foliar presenta mayor diámetro que el pecíolo, dando lugar en algunos casos a una vaina que protege la yema axilar de la hoja correspondiente.

Las estípulas son apéndices de la base foliar que están presentes exclusivamente en las Dicotiledóneas, apareciendo de diferentes formas y tamaños, pudiendo parecer escamas, pequeñas hojas, excrecencias foliares o espinas.

Histológicamente, los diferentes tejidos que componen la hoja o **nomófilo**, se disponen básicamente en sentido dorsiventral, manteniéndose la organización en los tres sistemas de tejidos: dérmico, fundamental y vascular.

Las superficies foliares de las Angiospermas están cubiertas por epidermis con células cutinizadas y sin cloroplastos, correspondiendo a la epidermis superior o adaxial y a la epidermis inferior o abaxial. Las únicas células epidérmicas que desarrollan cloroplastos son las células oclusivas del complejo estomático.

El mesófilo está constituido por células parenquimáticas las que en general en las Dicotiledóneas se organizan formando un parénquima en empalizada hacia la superficie adaxial (hojas bifaciales). En las Monocotiledóneas esta diferenciación no se observa (hojas equifaciales o unifaciales).

El sistema vascular se distribuye entre las células del mesófilo constituyendo la nervadura y en general, es de origen procambial.

A diferencia de las Angiospermas, las hojas de las Gimnospermas pueden ser aciculares, en que la zona vascular se rodea de un tejido de transfusión constituido por traqueidas y parénquima, el cual limita con una endodermis. El parénquima asimilador está constituido por células de paredes replegadas. Bajo la epidermis de células de paredes muy cutinizadas, se encuentra la hipodermis de células esclerenquimáticas.

Los **catáfilos** son hojas de estructura anatómica muy simple y en general se encuentran formando parte de los tallos subterráneos, ya sea constituyendo siempre escamas o bien constituyendo catáfilos reservantes.

Los **hipsófilos** son también de estructura más simples que los nomófilos y en general se encuentran protegiendo a las yemas florales. Constituyen otra categoría de hojas y corresponden a las primeras hojas embrionarias.

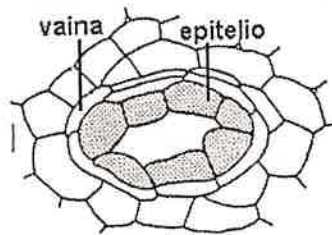
Las estructuras secretoras son generalmente características de las hojas y participan en la secreción de agua u otras sustancias resultantes del metabolismo de la planta. Los tricomas glandulares son de origen epidérmico y pueden ser uni o pluricelulares. Los conductos secretores como las cavidades oleíferas característicos del mesófilo de las hojas de especies del género *Citrus* y del género *Eucalyptus*, son ejemplos de cavidades **lisígenas** (que se originan por la ruptura de paredes de células secretoras). En cambio los conductos secretores de resina, mucílagos y gomas, son de origen **esquizogénico** (se originan por la separación de

células secretoras, las que vacían su contenido a los espacios intercelulares, estructurando un conducto resinífero). A diferencia de lo anterior, los conductos laticíferos que permiten la circulación del látex, se originan a partir del meristema apical.

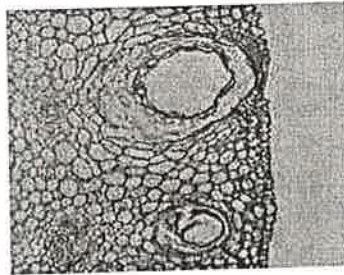
Estructuras secretoras especiales son los **hidatodos** que corresponden a poros abiertos de origen estomático, que se encuentran comúnmente en los márgenes y ápices foliares. Por allí la planta exuda agua pura, la que es llevada a la superficie por traqueidas terminales de los nervios.

DEFINICIONES:

Cavidades esquizogénicas: espacio que se forma por la separación de células debido a la disolución de la laminilla media que separa dos células contiguas y a la dilatación de los espacios intercelulares. Las células que limitan los espacios forman el epitelio secretor.



Cavidades lisígenas: espacios que se forman por lisis (destrucción) de células enteras que quedan rodeadas de células más o menos desintegradas y que será una cavidad secretora.



Células cutinizadas: células que depositan cutina a la pared celular, para impermeabilizarla.

Crecimiento intercalar: crecimiento por elongación celular de los entrenudos.

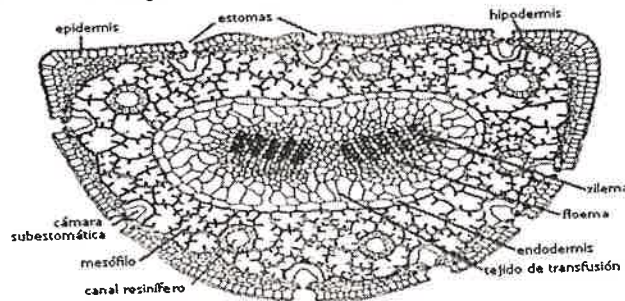
Eje del vástago: la estrecha relación morfológica y anatómica entre hojas y tallos forman una unidad llamada vástago.

Fototropismo: movimiento como respuesta a un estímulo luminoso.

Hidatodos: órgano secretor generalmente foliar que segrega soluciones acuosas muy diluidas que se liberan a través de un poro en la epidermis (estomas no funcionales).

Hipsófilos: son las brácteas (como en *Bougainvillea*).

Hojas aciculares: lámina de la hoja con forma de aguja (puntiaguda), como la de los pinos.



Hoja dorsiventral (o bifacial): hoja que presenta una lámina foliar con un solo plano de simetría, lo que define la cara superior o adaxial (haz) de la cara inferior o abaxial (envés). El parénquima en empalizada generalmente está hacia la cara adaxial y el parénquima esponjoso, hacia la cara abaxial.

Hojas equifaciales o unifaciales: hojas que pueden presentar dos modalidades: parénquima en empalizada hacia ambas caras y el parénquima esponjoso en el medio del mesófilo o, presentar sólo un tipo de parénquima (sea en empalizada o esponjoso).

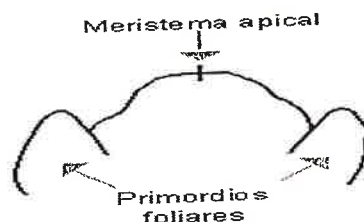
Hojas sésiles: nombre que recibe una hoja cuando no presenta pecíolo (si presenta se denomina hoja peciolada).

Látex: jugo espeso y lechoso; secreción intracelular de composición compleja. Matriz acuosa puede contener hidratos de carbono, sales, alcaloides, lípidos, proteínas, vitaminas, almidón, taninos, mucílagos, gomas, otras. Función excretora o defensa.

Meristema apical caulinar: meristema apical del tallo.

Mucílago: sustancia viscosa con alto contenido de polisacáridos y capacidad de absorber y retener agua.

Primordio foliar: área especializada del vástago que dará origen a las hojas a través de divisiones celulares localizadas, comenzando con protuberancias.



Vaina vascular: una o dos capas de células de clorénquima foliar (parénquima con clorofila) dispuesto radialmente alrededor de los haces vasculares, presente en plantas con metabolismo C₄.

Trabajo práctico. **Identificando tejidos primarios**

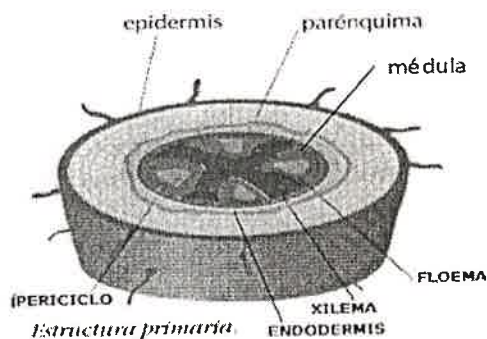
1. Trabaje con el material que se le entregue. Haga un corte transversal e identifique ubicación espacial y características del colénquima.
2. Trabaje con el material que se le entregue. Retire la cutícula e identifique en el tejido epidérmico, células ordinarias y células del complejo estomático.
3. Trabaje con el material que se le entregue y distinga tipos de tricomas.
4. Trabaje con el material que se le entregue. Haga un corte transversal a la lámina foliar; observe al microscopio óptico con aumento menor y mayor, e identifique tejido dérmico, fundamental y vascular. Distinga parénquima en empalizada y parénquima esponjoso.
5. Trabaje con el material que se le entregue. Haga un corte transversal a la lámina foliar; observe al microscopio óptico con aumento menor y mayor, e identifique tejido dérmico, fundamental y vascular. Identifique la vaina vascular.

Güfa N°6 CRECIMIENTO PRIMARIO EN RAÍCES

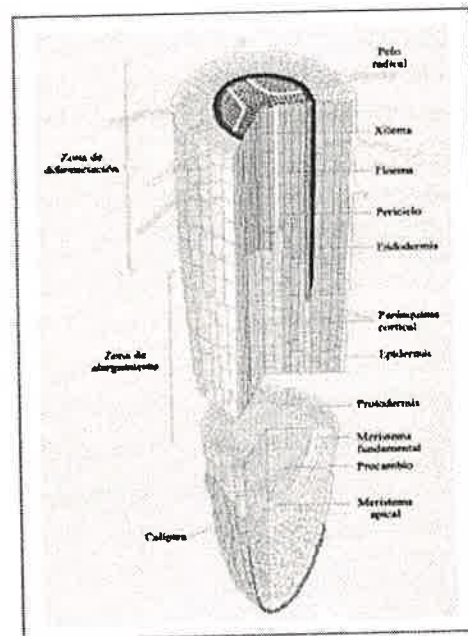
Al igual que todos los órganos de la planta, la raíz tiene una estructura acorde con tres funciones primordiales a). Anclaje de la planta al sustrato, b). Absorción de agua y sales minerales y c). Producción de hormonas.

La raíz primaria proviene de la radícula del embrión. Su crecimiento inicial en longitud es debido a la actividad del meristemo apical, el que está protegido por una gruesa capa de células llamada cofia, caliptra o casquete. En comparación con el tallo, su organización es más sencilla debido a la **ausencia** de nudos, entrenudos, yemas axilares y hojas.

En una raíz primaria se distinguen varias zonas, cada una con características particulares:



Disposición transversal y longitudinal de los tejidos en raíz en crecimiento primario.



Zona de la caliptra: es la zona del meristema apical protegido por la caliptra. La caliptra está constituida por células que se dañan por el avance de la raíz entre los componentes del suelo, debiendo ser constantemente renovada.

Las células de la caliptra segregan un mucílago que tiene múltiples propósitos: sirve como lubricante para el avance de la raíz por el sustrato y también permite que el sustrato libere nutrientes y que éstos difundan más rápidamente hacia la raíz. El mucílago es un hidrato de carbono que acelera el crecimiento de las bacterias presentes en el entorno del ápice radicular.

Las células de la caliptra se forman a partir de la división celular del meristema apical y a medida que se alejan de él, se van diferenciando, llenándose de densos granos de almidón que se depositan en la base de las células de la caliptra (se le asigna función de detectar la gravedad). La diferenciación continúa con la digestión de los granos de almidón y secreción de abundante mucílago a cargo del organoide citoplasmático llamado dictiosoma. Junto con ello, la lamela media se destruye y las células de la caliptra se disgregan en el mucílago.

El meristema apical es un conjunto de células meristemáticas de las cuales las centrales (células iniciales) tienen ciclos celulares muy largos, se dividen a intervalos más largos que las demás y por eso se llama “centro quiescente” o centro de reposo. Está constituido por células muy resistentes a agentes tóxicos tales como radiación y químicos tóxicos y constituyen la reserva de células saludables (si se daña el ápice radicular, el centro quiescente regenera inmediatamente un nuevo meristema apical o la caliptra).

Zona de elongación: zona caracterizada por células que se expanden y principalmente la constituyen los meristemas primarios que están en proceso de diferenciación: en el exterior, la **protodermis** se diferenciará en epidermis, en la parte central el **procambium** derivará en xilema y floema primarios, con protoxilema y protofloema más próximos al meristema y más distalmente, se formará el metaxilema y metafloema. Entre el tejido provascular y la protodermis se distingue un **meristema fundamental**, que derivará en un parénquima uniforme que será la corteza radicular.

Zona de maduración o zona de pelos radiculares: zona de tejidos primarios (epidermis, xilema y floema primarios, corteza y médula). Los **pelos radiculares** son prolongaciones de las células epidérmicas, encargados de aumentar la superficie de absorción de agua y sales minerales y para su transporte usan la vía apoplástica o simplástica. Los espacios intercelulares del aerénquima son muy importantes porque permiten que el oxígeno difunda por la raíz, sea que provengan del suelo o del tallo.

Los pelos radiculares crecen y mueren a medida que la raíz crece; manteniéndose siempre la zona de maduración a una distancia más o menos constante del extremo apical de la raíz. Asociados a los pelos radiculares se pueden encontrar también numerosos microorganismos simbiotes, tales como las bacterias fijadoras de nitrógeno (de trascendental importancia es la rizosfera).

La **epidermis** o **rizodermis** de la raíz primaria es en general uniseriada (una sola capa de células). En toda su extensión carece de estomas y cutícula delgada lo que favorece el paso de agua y sales minerales. En raíces de plantas xerófitas (adaptadas a condiciones de aridez) o en raíces próximas a la superficie, bajo la epidermis se desarrolla una hipodermis, caracterizada por una delgada capa de células con paredes engrosadas con el depósito de suberina (polisacárido que impermeabiliza).

Más internamente a la epidermis, o a la hipodermis si existiese, está la **corteza** bien desarrollada, y constituida por parénquima especializado en el almacenamiento, aunque en las raíces aéreas el parénquima puede ser clorofiliano y en las raíces acuáticas se desarrolla el parénquima aerífero. Las células del parénquima cortical deja muchos espacios intercelulares que permite la difusión vía apoplástica del agua absorbida. Las sales minerales circulan por vía simplástica, favorecidas por los plasmodesmos que relacionan entre sí, el citoplasma de las células del parénquima cortical.

En esta zona de maduración, los minerales no acceden libremente al tejido vascular porque la capa más interna de la corteza se diferencia como un cilindro llamado **endodermis**. Sus paredes tangenciales son paredes primarias, pero las **paredes radiales** (parte superior, basal y lateral) se impregnan de suberina y lignina, haciendo la pared impermeable, conformando la **Banda de Caspary**. Su función es controlar el tipo de minerales que entra al xilema.

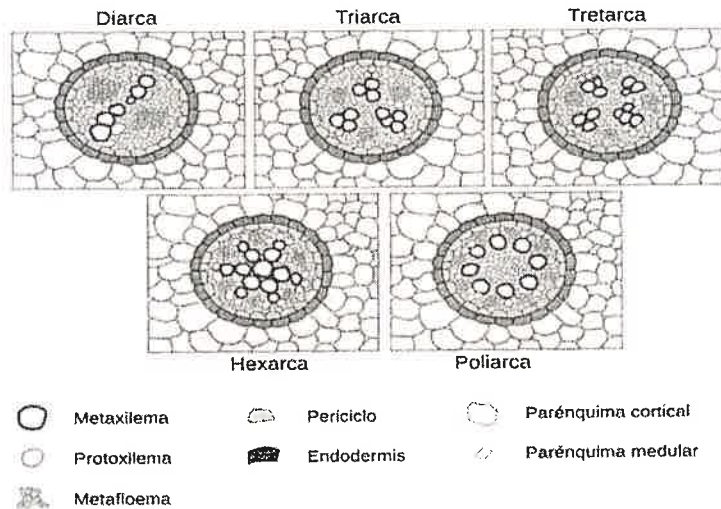
Más internamente a la endodermis se encuentran el **periciclo** constituido por una o dos capas de células parenquimáticas de paredes muy delgadas que conservan su capacidad meristemática. Las raíces laterales se forman a partir de la actividad del periciclo (por eso se dice que las raíces laterales tienen origen endógeno). En las partes más viejas de la raíz el periciclo se esclerifica y en las plantas con crecimiento secundario, el periciclo contribuye a la formación del cambium vascular, importante tejido meristemático que dará origen al floema y xilema secundarios y, al cambium suberoso que dará origen a la peridermis.

Las **raíces laterales** se originan posteriormente. El proceso comienza en el periciclo, a corta distancia del extremo apical. A diferencia de ramas y hojas que se originan de manera exógena a partir de meristemas superficiales del tallo, las raíces laterales se forman en el periciclo condicionado por la disposición de los haces vasculares.

Las **raíces adventicias** se generan también post embrionariamente y surgen de células próximas a los haces vasculares, bien de forma natural o de forma inducida. Esto puede ocurrir en tallos u hojas, o en las propias raíces.

En raíces con crecimiento secundario, tanto corteza como endodermis se desprenden.

El centro de la raíz es el **cilindro central**, en que los tejidos vasculares (xilema y floema primarios) se organizan de forma radial, es decir, en cordones separados y alternos. De acuerdo con el número de cordones de xilema y floema, en Dicotiledóneas y Gimnospermas se reconocen raíces diarcas (2), triarcas (3), tetrarcas (4). Las raíces adventicias de Monocotiledóneas son poliarcas, con numerosos cordones de xilema y floema que se disponen de manera circular.



Muy importante es la relación simbiótica que se establece entre los hongos del suelo y las raíces. Las **micorrizas** son los hongos que establecen relaciones **ectomicorrízicas**, presente en casi todas las plantas leñosas, en que las hifas de los hongos penetran la capa más externa de células corticales.

En plantas herbáceas se establece una asociación **endomicorrízica**, en que las hifas penetran hasta la endodermis, pero no atraviesan la Banda de Caspary. En ambos casos, las hifas no dañan la integridad de las células del huésped. Un caso interesante ocurre cuando dentro de la célula, las hifas se ramifican repetidamente formando un “arbúsculo” que se llena de gránulos de fósforo, que la planta absorbe rápidamente. La literatura describe otros beneficios de esta relación.

Nódulos radiculares. La escasez de compuestos nitrogenados en el suelo es uno de los factores limitantes de crecimiento para las plantas. El aire atmosférico contiene 78% de nitrógeno pero las plantas carecen de la enzima necesaria para usar ese nitrógeno. Sólo algunos organismos procariontes pueden usar e incorporar el N_2 formando aminoácidos y nucleótidos y cuando estos microorganismos mueren y se descomponen, los compuestos nitrogenados se liberan al suelo y quedan disponibles para las plantas. El proceso químico de convertir nitrógeno atmosférico en compuestos útiles es la fijación del nitrógeno.

Un pequeño grupo de plantas, en particular de la familia Fabaceae (legumbres), establecen una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* que se inicia con una hebra infecciosa que penetra la corteza y por mitosis genera un nódulo (como en alfalfa).

Haustorios: son raíces altamente modificadas, propias de plantas parásitas que se desarrollan sobre otra planta huésped, como ocurre en muchas Angiospermas; ellas no desarrollan una raíz normal sino que, como deben adherirse firmemente a su planta huésped secretan una sustancia pegajosa o bien se enrollan alrededor de una rama o raíz. La planta parásita debe penetrar al huésped y llegar hasta el tejido vascular. En ocasiones, prolifera una masa de tejido

parenquimático que proviene de una división conjunta del parásito y del huésped, resultando en una columna de células que forman elementos vasculares que se continúan hasta el tejido vascular del huésped.

DEFINICIONES:

Plantas xerófitas: adaptadas a la sequedad, propio de climas secos o con un período de sequía más o menos prolongado.

Rizosfera: zona de interacción dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo como la microbiota de bacterias, hongos y algas; micro y mesofauna como los protozoos, nemátodos, insectos y ácaros.

Transporte apoplástico: movimiento de sustancias y difusión a través de la pared celular, lumen de células muertas y espacios intercelulares.

Transporte simplástico: movimiento de sustancias a través de plasmodesmos. Los plasmodesmos son conexiones citoplasmáticas que atraviesan la pared celular entre células contiguas. Como están unidos entre sí los protoplastos de células vivas, constituyen un simplasto único.

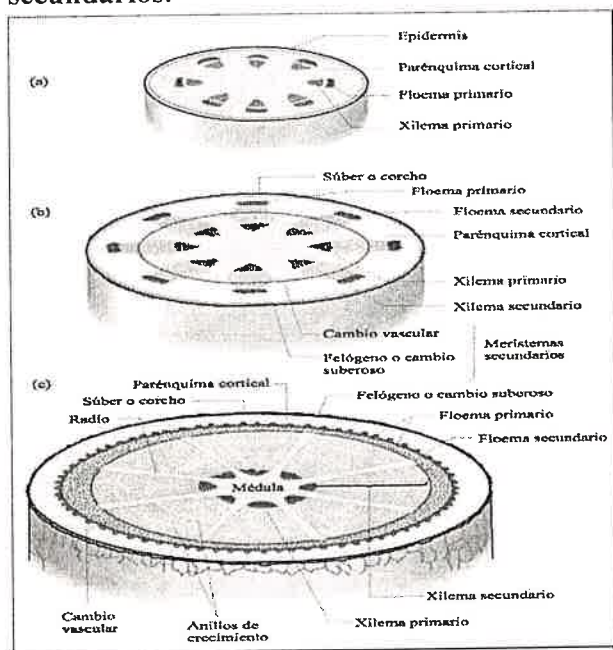
Trabajo Práctico: Identificando tejidos en raíces

1. Con el material que se le entregue, identifique las zonas de la raíz.
2. Haga un corte transversal por la zona de maduración de una raíz primaria y distinga tejidos primarios: epidermis, parénquima cortical, endodermis, periciclo, xilema, floema y médula.

NOTA: haga MOTAD en cada caso.

Guía N° 7 CRECIMIENTO SECUNDARIO EN TALLOS Y RAÍCES

El crecimiento secundario es el resultado de la actividad de los meristemas secundarios: 1) felógeno o cambium suberoso y 2) cambium vascular. El crecimiento primario de las plantas es producto de la actividad de los meristemas apicales e intercalares y a una relativa distancia de ellos, se formarán los meristemas secundarios, que son los responsables del crecimiento en grosor de tallos y raíces y los tejidos resultantes se denominan tejidos secundarios. La actividad del felógeno originará la **peridermis** que reemplaza a la epidermis en plantas con crecimiento en grosor. El cambium vascular originará **floema y xilema secundarios**.



En la evolución de las plantas, el crecimiento secundario se presenta por primera vez en algunas Pteridophyta de las cuales sólo hay restos fósiles. Entre plantas actuales, las que presentan crecimiento secundario son Gimnospermas y Dicotiledóneas leñosas.

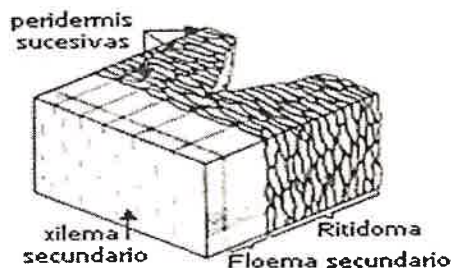
Algunas Monocotiledóneas presentan un "cambium" diferente al de Gimnospermas y Dicotiledóneas y que se forma a partir del parénquima cortical y por fuera de los haces vasculares primarios. Este "cambium" produce hacia afuera parénquima secundario y hacia adentro, haces vasculares colaterales o concéntricos perixilemáticos y parénquima, cuyas células desarrollan paredes gruesas. En Monocotiledóneas, **no se formará una peridermis** similar a la de Gimnospermas y Dicotiledóneas leñosas. En algunas Poaceae (gramíneas) así como Juncaceae (juncos) y Typhaceae (totoras), el tejido epidérmico es permanente, pero si esta se rompe, las capas interiores de parénquima se impregnan de súber o se esclerifican. En Monocotiledóneas como las palmeras y el plátano, el parénquima fundamental se esclerifica. En otras plantas como la yuca por ejemplo, el parénquima fundamental realiza reiteradas

divisiones periclinales originando el **súber estratificado** que se puede desprender en capas análogo al ritidoma de las Dicotiledóneas.

El felógeno o cambium suberoso se desarrolla bajo los tejidos superficiales de tallos y raíces con crecimiento secundario y forma la **peridermis**, estructurado sobre la base de células que impregnan suberina a sus paredes celulares. La peridermis reemplaza al tejido epidérmico primario en tallos y raíces con crecimiento secundario. La peridermis es un tejido pluricelular complejo, que forma un cilindro continuo ininterrumpido de células para evitar la desecación de los órganos internos. El origen de la peridermis es variado: en tallos, puede originarse por desdiferenciación de células parenquimáticas que adquieren carácter meristemático, como también, puede originarse a partir de células epidérmicas o subepidérmicas. Y en las raíces, generalmente se origina a partir del periciclo.

La peridermis en síntesis, está formado por el súber o corcho (más externo e impermeable), **felógeno** (células con actividad meristemática) y **felodermis** (tejido más interno). Para favorecer el intercambio gaseoso de la planta con la atmósfera, la peridermis forma **lenticelas**, que son aberturas lenticulares longitudinales o transversales, que reemplazan a los estomas de la epidermis y se caracterizan por estar formadas por células de ordenación floja con espacios intercelulares. Su ordenación y estructura en el tallo puede ser un rasgo taxonómico distintivo. Se encuentran en tallos, raíces y en algunos frutos como manzana y palta.

Producto de la adición de zonas sucesivas de tejido suberógeno, se forma el **ritidoma**, que es el tejido más externo de la corteza. A medida que el árbol crece, se van formando capas sucesivas de peridermis originadas a partir del floema secundario. Como el súber o corcho es impermeable, las capas ubicadas más externamente a la peridermis recién formadas quedan aisladas y mueren. El ritidoma puede desprenderse como escamas, franjas longitudinales, láminas, otros o, permanecer adherido al tronco; es así como el súber o corcho comercial se obtiene de diferentes especies de árboles, pero el de mejor calidad es el de *Quercus suber* (llamado justamente, el árbol del corcho).



En Gimnospermas y Dicotiledóneas leñosas, el cambium vascular se organiza en un anillo concéntrico al eje principal de tallos y raíces, donde será el responsable de la formación del xilema y floema secundario. El cambium vascular se origina de grupos de células del procambium (meristema primario) ubicados entre el xilema y el floema primario de las haces vasculares abiertos de origen primario (cambium fascicular) y del cambium interfascicular que

se ha formado por desdiferenciación de células del parénquima interfascicular. El cilindro central del cambium vascular es entonces el resultado del cambium fascicular más el cambium interfascicular.

El cambium vascular consta de dos tipos de células iniciales: **células fusiformes** que originarán los elementos constituyentes del xilema y floema secundario y **células radiales** isodiamétricas que originarán las células de los radios medulares. Al igual que en los meristemas primarios, las células iniciales se dividen mitóticamente, dando origen a dos células hijas: una se diferenciará y la otra que permanecerá con carácter meristemático y capacidad de división.

La actividad del cambium vascular varía en intensidad y período del año, dependiendo de factores exógenos (externos a la planta) y endógenos (propios de la planta). Algunas plantas mantienen la actividad del cambium durante toda la vida, como las que viven en zonas tropicales por ejemplo. Las plantas que crecen en regiones de climas estacionales, pueden entrar en **dormancia** en que la actividad del cambium cesa durante la época de condiciones desfavorables (ausencia de precipitaciones o temperaturas extremas). En zonas de climas mediterráneos con el de Chile Central, las plantas comienzan su actividad vegetativa a inicios de la primavera y la detienen, cuando sobreviene el período de stress hídrico de verano y otoño. A su vez, en invierno las bajas temperaturas mantienen inactivo al cambium.

Es producto de la marcada estacionalidad en la actividad del cambium vascular que se formen los anillos de crecimiento anuales, los que se visualizan con facilidad a nivel del xilema; estos anillos se destacan porque las células formadas presentan diferencias morfológicas: el leño temprano (formado a comienzos de la estación de crecimiento) y el leño tardío (formado al final de la estación). Si el **lumen** de los elementos xilemáticos (tráqueas y traqueidas) formados al comienzo y al final de la estación de crecimiento son muy diferentes, se denomina xilema secundario poro anillado. Si estas diferencias no se observan, se denomina xilema secundario poro difuso.

La **madera o leño** está compuesto de vasos xilemáticos, traqueidas, fibras de esclerénquima, parénquima y radios medulares. La calidad de la madera radica en la proporción y disposición de estas células que forman el xilema secundario. El xilema secundario de las Gimnospermas está compuesto fundamentalmente de traqueidas lo que le confiere una estructura uniforme.

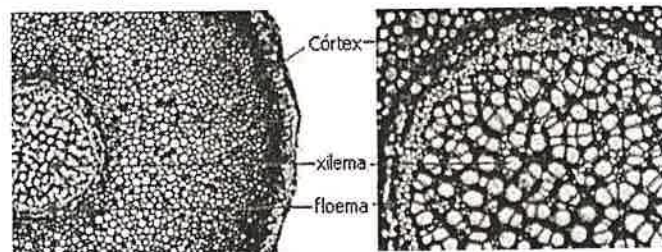
En general la vida activa de vasos y traqueidas es de un par de años y la conducción de agua queda restringida a los anillos más externos. La madera activa se llama **albura** y la más interna, en que los vasos se obstruyen quedando inutilizados para el transporte de agua y sales minerales, se denomina **duramen**, distinguible porque es madera más oscura debido al depósito de taninos especialmente (que protege, entre otras, de la acción descomponedora de microbios), relacionado con la durabilidad de la madera y el valor técnico. El taponamiento de

los vasos del duramen es debido a la formación de **tíldes** que resultan de la hipertrofia de células parenquimáticas vecinas que penetran por las puntuaciones de los vasos del xilema, llegando a ocupar todo el lumen.

La veta de la madera está determinada por los dibujos irregulares que aparecen al hacer los cortes tangenciales en la preparación de tablas y que corresponden a los límites de los anillos anuales.

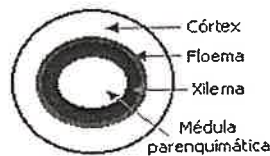
La distribución de los tejidos vasculares difiere en los distintos grupos de plantas vasculares, lo que se atribuye al proceso de evolución y origen filogenético. Se distinguen los diferentes tipos:

Protoestela: masa sólida de traqueidas del xilema rodeada de un anillo de floema. Característica de helechos primitivos de la era Paleozoica y hoy presente en algunas plantas acuáticas y helechos actuales.

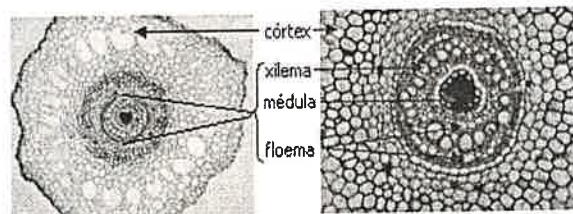


Sifonostela: masa central formada por células parenquimáticas (médula) rodeada de tejido vascular. Puede consistir de un cilindro continuo de tejido vascular o bien, de una red de haces vasculares separados por tejido parenquimático. Se distinguen básicamente tres tipos:

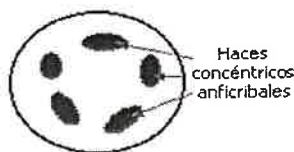
1. Sifonostela ectofloemática: el floema rodea externamente al xilema



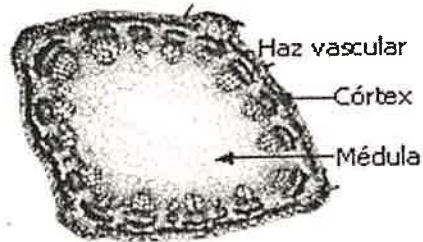
2. Sifonostela anfifloemática: el floema rodea al xilema tanto externa como internamente.



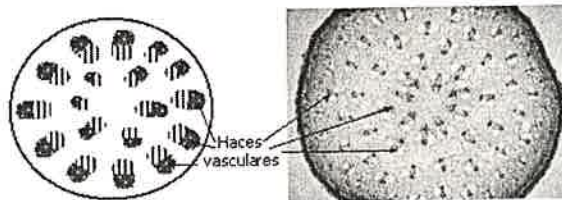
La sifonostela puede consistir de un cilindro continuo de tejido vascular o bien, de una red de haces vasculares separados por tejido parenquimático. Un tipo de Sifonostela anfifloemática es **Dictioestela**.



Eustela: haces vasculares dispuestos alrededor de una médula. Los haces vasculares pueden ser abiertos o cerrados, según tengan o no crecimiento secundario.



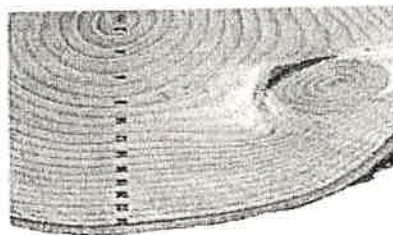
-Atactostela: es una variante de la Eustela presente en Monocotiledóneas. Los haces vasculares son cerrados porque estas plantas no tendrán crecimiento secundario. Los haces vasculares se esparcen regularmente por todo el tallo y no se interconectan entre sí.



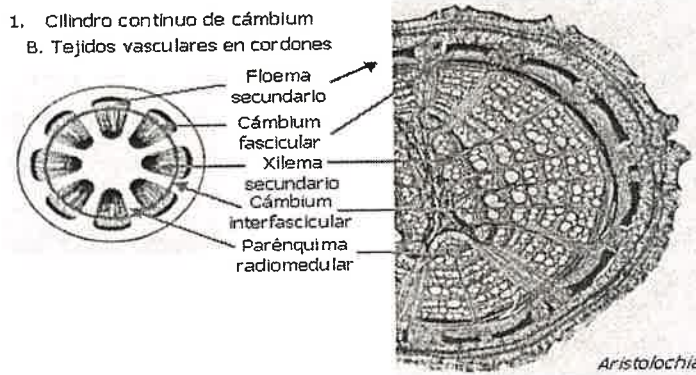
DEFINICIONES:

Anillos de crecimiento: el xilema producido durante una estación de crecimiento forma una capa cilíndrica que en un corte transversal se ve como anillos de crecimiento. El leño temprano o de primavera es más claro, externo, menos denso, formado de células vivas de mayor diámetro y se llama **albura**.

La parte interna del leño cesa su función conductora, sus células vivas mueren y se llama **duramen**.



Cambium fascicular: tejido meristemático que forman xilema y floema. El **cambium interfascicular** forma células de parénquima que darán origen a los **radios medulares**.



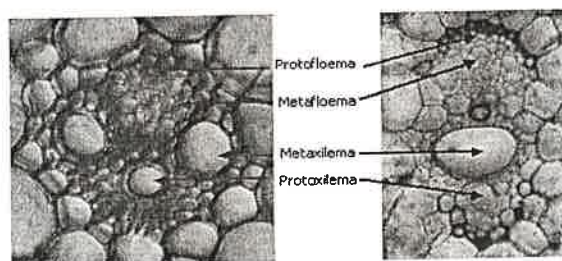
Desdiferenciación: células adultas vivas que han alcanzado una especialización y función, pueden volver a su estado meristemático.

Estela: sistema formado por tejidos vasculares (xilema y floema) en el eje de la planta (tallos y raíces).

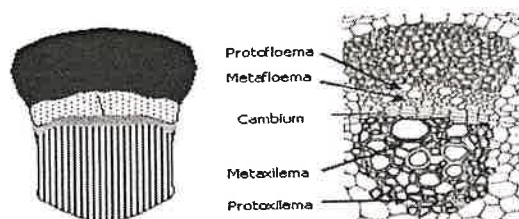
Forma lenticular: forma parecida a una semilla de lenteja.

Haces vasculares colaterales: floema localizado en el lado externo del haz vascular. Puede ser de dos tipos:

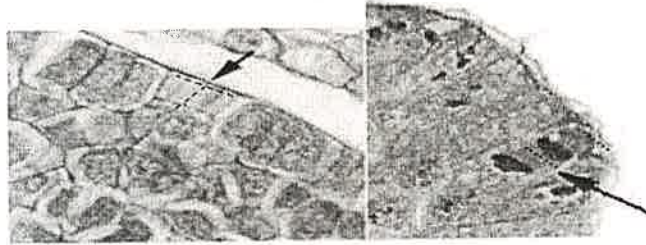
1. **Haz colateral cerrado:** los haces vasculares mantienen células del procambium luego que el xilema y floema alcanzan estado adulto.



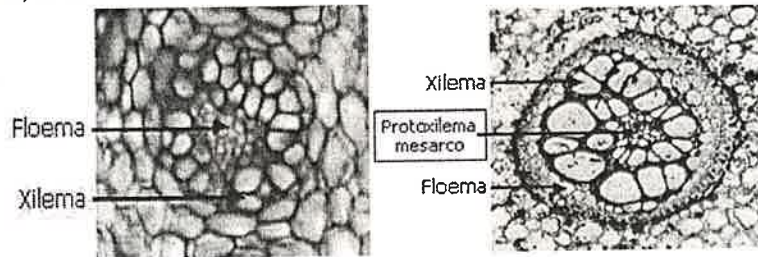
2. **Haz colateral abierto:** existe un meristema persistente entre el xilema y floema, presente en plantas con crecimiento secundario.



Planos de división celular: en relación a la superficie del órganos, las divisiones pueden ser anticlinales (perpendicular a la superficie) o periclinales (paralelo a la superficie).

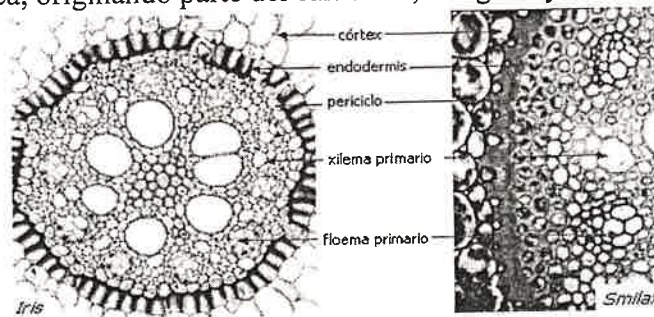


Haces vasculares concéntricos: uno de los tejidos vasculares rodea completamente al otro. Perixilemático, si el xilema rodea al floema. Perifloemático, el floema rodea al xilema.



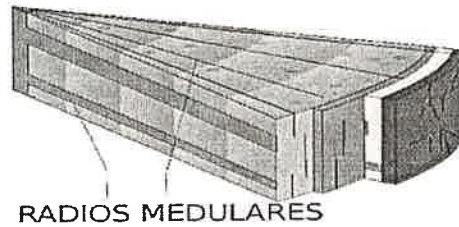
Origen filogenético: da cuenta de la historia evolutiva del organismo en estudio.

Periciclo: en raíces de Angiospermas y Gimnospermas este tejido se presenta en forma concéntrica rodeando al cilindro central, inmediatamente más interno de la endodermis. Tiene función meristemática, originando parte del cambium, felógeno y raíces laterales.

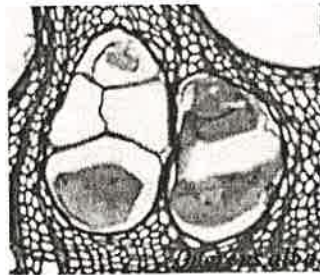


Protoxilema: en el proceso de formación de los haces vasculares, el procambium se diferencia en xilema y floema, pasando por dos estadios que se suceden uno después del otro. El protoxilema está formado por traqueidas anilladas o espiraladas; el **metaxilema** es más complejo y presenta vasos reticulados o punteados, fibras de esclerénquima. El **protofloema** está presente en plantas con crecimiento en longitud y está constituido principalmente por células de parénquima. El **metafloema** tiene elementos cribosos con células acompañantes y parénquima.

Radios medulares o rayos: bandas radiales de tejido parenquimático medular situados entre los haces conductores. Son formados a partir de las células radiales del cambium vascular. Mueven la savia bruta a las partes centrales de la planta. Son muy evidentes tanto en sección transversal como tangencial de tallos y raíces. Pueden ser uniseriados (formado por una sola célula de ancho) o multiseriados (formado por múltiples células de ancho).



Tílides: en muchas especies de Dicotiledóneas, los vasos inactivos son invadidos por células parenquimáticas circundantes; formándose protuberancias llamadas tílides, que penetran al lumen de los vasos por las puntuaciones y bloquean el vaso del duramen. El proceso se llama **tilosis**. En la albura, como respuesta a heridas se pueden formar también.



Trabajo práctico: **Identificando rasgos vegetativos en tallos con crecimiento secundario**

1. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora. Observe con microscopio estereoscópico e identifique nudos, entrenudos, cicatriz de yema axilar, cicatriz de rama y lenticelas.
2. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora para obtener cortes a mano alzada de sección transversal. Observe al microscopio óptico con aumento menor y mayor e identifique peridermis, xilema, floema, radios medulares.
3. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora para obtener cortes a mano alzada de sección longitudinal tangencial. Observe al microscopio óptico con aumento menor y mayor e identifique peridermis, xilema, floema, radios medulares.
4. Trabaje con el material vegetal que se le entregue; siga las instrucciones de la profesora para obtener cortes a mano alzada de sección longitudinal radial. Observe al microscopio óptico con aumento menor y mayor e identifique peridermis, xilema, floema, radios medulares.

Guía N° 8 ALTERNANCIA DE GENERACIONES: ONTOGENIA Y ANATOMÍA DE LA FLOR Y DEL FRUTO

El objetivo central de esta guía es identificar las estructuras reproductivas femeninas y masculinas de plantas con flores, lugar donde se realiza la **meiosis**. De esta forma, se completa el ciclo de vida, pasando de la fase esporofítica ($2n$) a la fase gametofítica (n).

FLOR. La flor consiste de un eje o pedicelo, el cual en su extremo distal se ensancha constituyendo un tálamo o receptáculo floral, sobre el cual se encuentran los verticilos florales. El verticilo externo está constituido por sépalos, los cuales en su conjunto forman el **cáliz**: luego se encuentran los pétalos que forman la **corola**.

Estos dos verticilos constituyen el **perianto**, el cual puede estar ausente. Cuando los elementos del cáliz y de la corola son similares en fisonomía se habla de **tépalos**, los cuales en conjunto constituyen el **perigonio**. Los verticilos internos al perianto o al perigonio son los verticilos reproductores: externamente los estambres forman en su conjunto el **androceo** e internamente, los carpelos constituyen el **gineceo**.

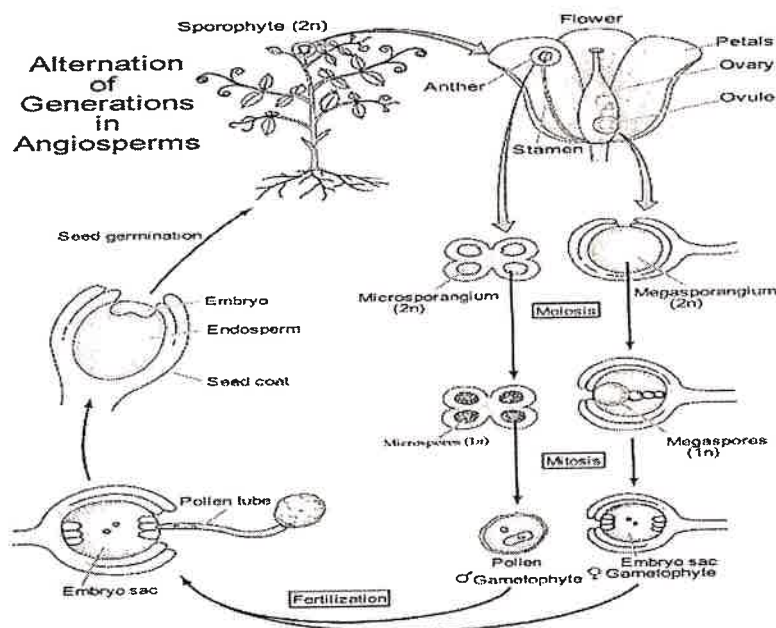
Los estambres están formados por filamento y antera. La antera está formada por 2 tecas unidas por un tejido conectivo que es la continuación del filamento. Cada teca presenta 2 sacos polínicos (son los microsporangios diploides $2n$). Este microsporangio hará **meiosis** para formar el grano de polen que es la microesporas. Este grano de polen lleva 2 núcleos espermáticos haploides (n): el *núcleo del tubo* y el *núcleo generatriz*.

El gineceo de carpelos libres o fusionados generalmente consta de tres partes: **ovario**, cuerpo hueco que contiene uno o más óvulos o **nucelas**; **estilo** el cual resulta de la elongación de las paredes del ovario y **estigma** o extremo distal del estilo, donde “aterriza” el polen, necesario para iniciar el proceso de polinización. Las nucelas u óvulos están adheridos a las paredes interiores del ovario a través de la *placenta*.

En el ovario, el óvulo encierra al megasporangio ($2n$) que está protegido por tegumentos que dejan una abertura (el **micrópilo**) para la entrada del tubo polínico. El megasporangio sufre **meiosis** originando 4 células haploides, 3 degeneran y una será la megaspora (n) que por **mitosis** origina las 7 células y 8 núcleos del saco embrionario (n): 3 antípodas, 2 sinérgidas, 2 núcleos polares y 1 célula huevo u ovocélula.

El grano de polen aterriza en el estigma, germina y crece un tubo polínico (n) que avanza por el estilo llevando consigo el núcleo generativo; este se divide por mitosis originando dos gametos masculinos. Al llegar al saco embrionario: un gameto masculino se fusiona con los dos núcleos polares, dando origen al endosperma ($3n$) y el otro gameto masculino se fusiona con la célula huevo originando el cigoto ($2n$).

Se completó el ciclo de vida: de una fase esporofítica ($2n$) representada por todas las partes vegetativas de la planta y desarrollada por múltiples divisiones mitóticas, se pasa a la fase gametofítica (n), con la producción de la megaspora (saco embrionario) y de la microspora (grano de polen). Este proceso se denomina **Alternancia de Generaciones**, que es propio de las Angiospermas.



La posición del ovario determina flores hipoginas cuando el ovario es súpero y flores epiginas cuando el ovario es ínfero.

Ontogenia de la flor. Las flores o inflorescencias tienen su origen en un ápice reproductivo que resulta de la transformación de un ápice vegetativo de posición terminal o bien axilar, que contiene meristema apical.

Cuando el meristema apical cesa de producir hojas e inicia la formación de una flor o inflorescencia se observan cambios a nivel bioquímico, fisiológico y morfológico, tales como término de crecimiento ilimitado característico del estado vegetativo y producción de mayor número de apéndices laterales, que constituirán los primordios florales. Una rápida elongación del eje meristemático lleva a un aplastamiento del ápice, y se pierde la organización de túnica y corpus.

Los verticilos florales ocurren por divisiones periclinales y anticlinales de células de este meristema transformado. La formación de los tépalos, pétalos y carpelos es parecida a la que se observa en los primordios foliares. La formación de los estambres difiere por ocurrir en éstos un gran crecimiento intercalar que da origen al filamento. La iniciación de los elementos florales se caracteriza por un aumento del índice mitótico de las células que componen estos meristemas.

La anatomía interna de los sépalos es similar a la de las hojas. Pétalos y sépalos coloreados presentan una estructura más simple, con células epidérmicas de paredes muy delgadas, un sistema vascular pobremente desarrollado y sin esclerénquima. El mesófilo está constituido por un parénquima muy esponjoso cuyas células contienen cromoplastos y/o pigmentos antocianos en el jugo vacuolar.

Las flores pueden variar en el número de los elementos que constituyen los verticilos distinguiéndose:

- Flores trímeras: elementos en grupos de 3 o múltiple de 3, característico de Monocotiledóneas,
- Flores tetrámeras: elementos en grupos de 4 o múltiplos de 4 y, presente en Dicotiledóneas.
- Flores pentámeras; elementos en grupos de 5 o múltiplos de 5, presente en Dicotiledóneas.

La distribución espacial de las partes que componen las flores guarda una simetría que puede ser:

- Simetría bilateral, se observa en flores zigomorfas que tienen sólo un plano de simetría que pase por el centro de la flor y la divide en dos partes iguales.
- Simetría radiada, se observa en flores actinomorfas donde cualquier dirección del plano de simetría divide la flor en partes iguales.
- Flores asimétricas, que no poseen plano de simetría.

Las flores se pueden presentar en forma individual en la posición terminal de un eje o, agrupadas en este eje, constituyendo una inflorescencia. Este es un sistema ramificado que posee flores y órganos florales, que se modifican en brácteas.

Este sistema ramificado puede mantener el meristema apical y tener crecimiento ilimitado (racemoso) o, rematar cada eje en una flor (cimosa), siendo entonces de crecimiento limitado. Sin embargo desde el punto de vista evolutivo, destaca entre las Dicotiledóneas, la familia Asteraceae que presenta inflorescencia **capítulo** y entre las Monocotiledóneas, la familia Poaceae que presenta inflorescencia **espiga**.

Diagrama floral: forma esquemática de representar una sección transversal de una flor, como si todas sus partes estuvieran en un mismo nivel. La representación sigue una simbología universal para uniformar criterios.

Fórmula floral: forma esquemática y simbólica de representar la estructura de una flor, siguiendo una simbología universal para uniformar criterios.

FRUTO: El fruto corresponde clásicamente al ovario desarrollado que protege a las semillas ya formadas. A medida que el óvulo se va transformando en semilla, el ovario madura y se

transforma en fruto; generalmente desaparecen el estilo y el estigma, ocasionalmente puede tomar más tiempo en caer pétalos y sépalos.

La cubierta del ovario modificada constituirá el pericarpo del fruto, el que presenta gran variabilidad en consistencia, colorido y composición química, determinando los diferentes tipos de frutos. En el pericarpo se pueden distinguir 3 capas: **exocarpo**, la más externa (la piel o cáscara); el **mesocarpo** o capa media y el **endocarpo**, de consistencia más o menos dura.

El espesor y consistencia de cada capa depende del tipo de fruto y también pueden estar ausentes una o dos de las capas. El tipo de fruto sea carnoso o seco, está relacionado con el mecanismo de dispersión de las semillas.

En la estructura del fruto simple participa sólo el ovario de una flor. En la estructura del fruto complejo, aunque proviene de una sola flor, participan además del ovario, otros elementos florales como el tálamo. En la formación de otros frutos, como los higos y piña, participa la inflorescencia.

Frutos verdaderos	En su formación sólo participan tejidos del ovario.
Frutos falsos o accesorios	En su formación participan otros tejidos independientemente de los del ovario
Fruto simple	Deriva de un solo ovario
Fruto agregado	Los carpelos separados se fusionan durante el desarrollo del fruto, ej. La frambuesa.
Fruto múltiple	Todos los frutos individuales de una inflorescencia se fusionan en un solo fruto, ej. la piña
Fruto seco	No es alimento de animales forrajeros
Fruto carnoso	Es parte del alimento de animales forrajeros durante el periodo de dispersión del fruto
Fruto dehiscente	Se abre y deja en libertad las semillas
Fruto indehiscente	Fruto que no se abre como muchos frutos carnosos. También hay frutos secos indehiscentes que requieren de ablandamiento del pericarpo (jugo enzimáticos del tracto digestivo; corrosión química) o se pudren para dejar en libertad las semillas
Fruto de pastos: Familia Poaceae (Liliopsida)	Cariopsis: es el fruto más simple; deriva de un único carpelo que tiene un solo óvulo. Durante la maduración, la semilla llena el fruto y se fusiona con su pared, la que se mantiene delgada. Es indehiscente; durante la germinación el embrión absorbe agua, se hincha y rompe la cubierta del fruto.

Se puede considerar a los frutos como adaptaciones que aseguran la protección y dispersión de las semillas. Los principales agentes de dispersión de semillas son la gravedad, el agua, el viento, los animales. Hay diferentes funciones asociadas, como la protección con fibras de esclerénquima y atracción con fragancias, pigmentos, soluciones azucaradas y partes comestibles.

SEMILLA: La semilla es una fase de la vida de las plantas adaptada de un modo especial para resistir condiciones adversas. En las plantas anuales, la semilla es la única forma de vida que perdura durante la estación desfavorable.

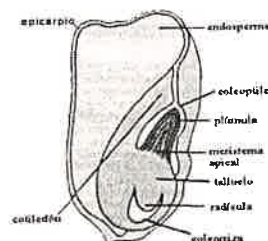
La semilla se compone de dos partes: la externa es el tegumento (o testa) y la interna formada por el embrión y el tejido de reserva. El embrión es una planta en miniatura en estado de vida latente, encerrada dentro de la semilla y que al desarrollarse, originará una nueva planta. Consta de un talluelo, el eje del embrión con la radícula, situada en el extremo inferior del talluelo y dará origen a la raíz, el hipocotilo que es un corto eje caulinar, los cotiledones que son las primeras hojas embrionarias y la plúmula o gémula, situada en el ápice del talluelo. Pueden haber primordios foliares.

Las semillas de Monocotiledóneas tienen un solo cotiledón (ej. maíz); las Dicotiledóneas tienen dos cotiledones (ej. poroto) y las Gimnospermas pueden presentar 2 o más cotiledones (ej. pino).

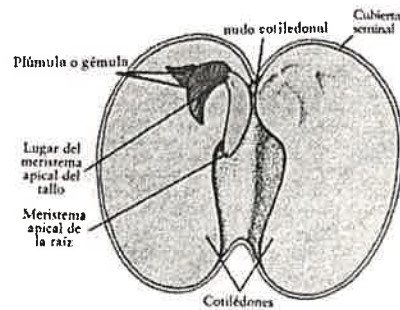
El endosperma (tejido de reserva) contiene hidratos de carbono, proteínas o grasas, que nutrirán a la nueva planta en su desarrollo inicial, hasta que ésta sea capaz de elaborar sus propias moléculas orgánicas. En algunas plantas el embrión usa el endosperma durante su maduración, en cuyo caso las sustancias de reserva pasan a los cotiledones, que adquieren un gran tamaño (ej. poroto, algodón, lechuga). En otros casos como por ejemplo en los cereales y el ricino, las reservas de alimento se mantienen en el endosperma.

Semillas con endosperma: presente tanto entre las Magnoliopsida (Dicotiledóneas) como Liliopsida (Monocotiledóneas). El endosperma es rico en sustancias oleosas y proteicas.

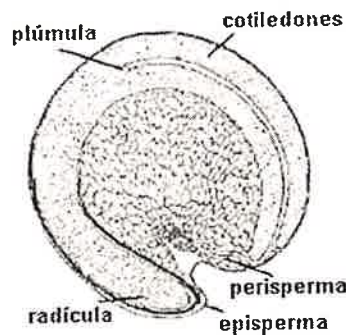
Entre las Liliopsida, los cereales tienen endosperma que almacena almidón y presentan bajo la testa, una capa superficial de proteínas llamada capa de aleurona que producen y liberan enzimas (amilasas) que degradan el almidón del endosperma, quedando disponible monosacáridos para el embrión. En las Monocotiledóneas el embrión está desplazado hacia un lado de la semilla y el único cotiledón que posee, está transformado en un órgano absorbente llamado escutelo, que se adosa al endosperma y absorbe las sustancias de reserva.



Semillas sin endosperma: presente en numerosas Magnoliopsida tales como *Phaseolus vulgaris* (poroto) La acumulación de material nutritivo es en los cotiledones del embrión, los que se transforman en estructuras notablemente gruesas.



Semillas con perisperma: En el orden Caryophyllales, el perisperma se desarrolla a partir de tejido nucelar y se llena de sustancias de reserva. Este es un tejido diploide con funciones similares a las del endosperma, cual es el de nutrir al embrión. Pertenecen a este orden taxonómico plantas de las familias Cactaceae, Chenopodiaceae, Amaranthaceae, entre otras, de gran valor alimenticio como la quínuva y el amaranto.



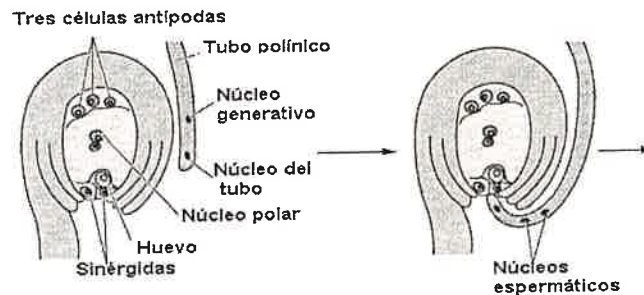
Germinación de las semillas: Después que la semilla ha madurado, generalmente el crecimiento y desarrollo del embrión se detienen, permaneciendo en estado latente. La reanudación de estas actividades se llama germinación la que dará origen a una nueva planta como respuesta a factores intrínsecos (maduración, grado de conservación de la propiedad germinativa) o factores extrínsecos (relacionados con el ambiente externo como el agua, el aire y la temperatura).

En la fase inicial de la germinación se forma la plántula cuya radícula se hunde en la tierra, el talluelo se alarga y la plúmula desarrolla sus hojas. Los cotiledones pueden salir al aire y adquirir color verde como si fueran hojas, o permanecer bajo tierra.

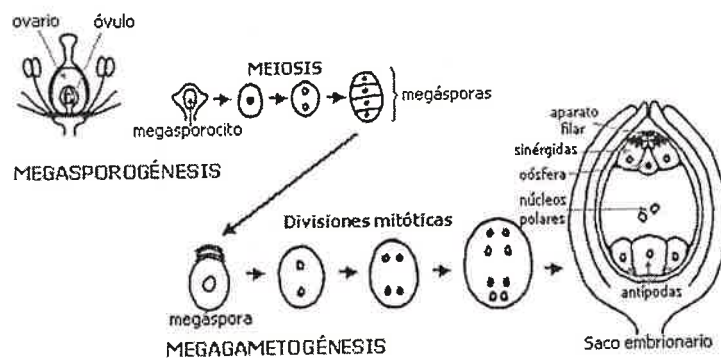
En la mayoría de las Liliopsida (Monocotiledóneas), la raíz procedente del desarrollo de la radícula tiene vida corta, siendo reemplazada en sus funciones por las raíces adventicias que se originan de tejido meristemático ubicado en otros tejidos distintos, como pueden ser partes aéreas de la planta, partes basales del tallo o raíces viejas. Estas pueden o no engrosar pero no tienen crecimiento secundario. Otras raíces adventicias son las raíces fúlcreas o raíces zancos que se desarrollan a partir de nudos basales de los tallos para asegurar sostén y absorción.

DEFINICIONES:

Gametos: el gametofito masculino es el grano de polen en cuyo interior se encuentran los dos gametos masculinos que son los 2 núcleos espermáticos. El gametofito femenino es el saco embrionario en cuyo interior se encuentra la ovocélula que es el gameto femenino.



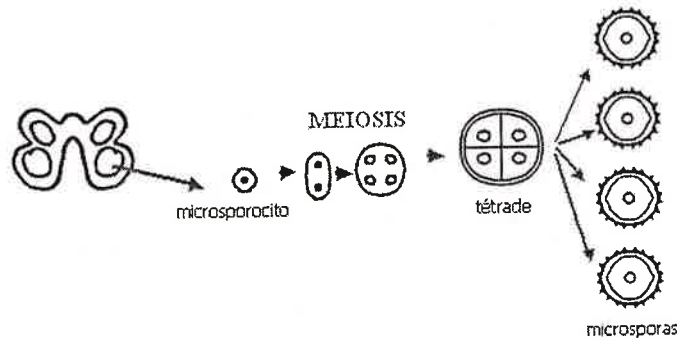
Gametogénesis: proceso de formación de gametos. La parte reproductiva sexual femenina ocurre dentro del óvulo (el megaspangio que es diploide) y por meiosis dará origen a 4 megasporas (haploide), de las cuales 3 degeneran y una se desarrolla y se transforma en el saco embrionario (que es el megagametofito femenino que es haploide). El saco embrionario se divide por mitosis 3 veces y origina 7 células y 8 núcleos, uno de los cuales es el gameto femenino u ovocélula.



La parte reproductiva sexual masculina comienza dentro del saco polínico, que es el microsporangio, diploide, ubicado al interior de la antera. Allí se encuentra la célula madre del polen (microsporocito diploide) que sufre meiosis y origina 4 **granos de polen** que son las **microesporas haploides**.

Su núcleo se divide por mitosis y da origen a 2 núcleos haploides: un núcleo vegetativo que dará origen al tubo polínico al germinar llegando al estigma de la flor y un núcleo generativo, que se vuelve a dividir originando **2 gametos masculinos**.

El tubo polínico que porta los 2 gametos masculinos llega hasta el micrópilo del saco embrionario: 1 gameto masculino se fusiona con los 2 núcleos polares originando el endosperma y el otro gameto masculino se fusiona con la ovocélula originando el cigoto.



Flores hipoginas-flores epiginas-flores periginas: la posición del ovario en relación a la inserción de pétalos, sépalos y estambres, determina si la flor es hipogina (la inserción de los verticilos florales está sobre el ovario; el ovario es súpero). Flor epigina, si la inserción está sobre el ovario; el ovario es ínfero. Las flores periginas son aquellas cuyas piezas florales se insertan en una posición media respecto del ovario.

Grano de polen: la microspora sufre dos procesos importantes para transformarse en grano de polen: 1. desarrolla una formada por **exina** (constituida de un polisacárido complejo, la esporopolenina) e **intina** (constituida de celulosa) y 2. El núcleo se divide por mitosis y origina un núcleo generativo y un núcleo vegetativo. Al llegar al estigma de la flor, el grano de polen germina produciendo el tubo polínico que porta el núcleo generativo hasta el micrópilo del saco embrionario.

Ovario súpero: sépalos, pétalos y estambres se insertan en la base del ovario. El ovario queda libre, sobre el tálamo. La flor es hipogina.

Ovario ínfero: ovario inmerso con las paredes soldadas al receptáculo. Las piezas florales van insertas sobre el ovario. Flor epigina.

Diali-gamo: son prefijos que se usan en la fórmula floral para indicar si las piezas del verticilo están libres (diali) o si están unidas (gamo). Ej. Dialisépalo: sépalos libres; gamopétalo: pétalos unidos.

Trabajo práctico: **Identificación de piezas florales y construcción de Fórmula Floral**

La siguiente actividad tiene por finalidad que los estudiantes identifiquen todas las piezas florales hasta llegar al interior del ovario de la flor, reconociendo además presencia o ausencia de estructuras masculinas de la flor. Se determina así si la flor es unisexual o hermafrodita.

- Realice la fórmula floral del material que se le entregue. Utilice como modelo el siguiente ejemplo:

+ K4, C4, A4+2, G (2) flor actinomorfa, cáliz formado por 4 sépalos libres (dialisépalo), corola formada por 4 pétalos libres (dialipétala), androceo en dos verticilos, uno con 4 estambres y otro con dos estambres, gineceo constituido por un ovario súpero con 2 carpelos unidos.

NOTA: Información básica necesaria para construir una fórmula floral (forma esquemática y simbólica de representar la estructura de una flor). Cada una de las piezas florales se representa por una letra o un símbolo:

Símbolo	Pieza floral
+	flor actinomorfa
Flecha hacia abajo	Flor zigomorfa
K	Cáliz (conjunto de sépalos)
C	Corola (conjunto de pétalos)
A	Androceo (conjunto de órganos masculinos: estambres con filamento y antera)
G	Gineceo (conjunto de órganos femeninos: los carpelos formados por ovario, estilo y estigma). El símbolo G puede llevar una barra horizontal bajo la letra, indicando que corresponde a un ovario súpero (flor hipogina), puesto que la inserción de los estambres es bajo el ovario. El símbolo G puede llevar una barra horizontal sobre la letra, indicando que corresponde a un ovario ínfero (flor epigina), puesto que la inserción de estambres u otras piezas florales es sobre el ovario.
Paréntesis	Indica unión de piezas del verticilo
Paréntesis cuadrado	Indica que se han unido elementos de verticilos distintos.
Cifras	Indica el número de piezas que componen cada verticilo. Si el número es muy grande se usa el símbolo de infinito. Si las cifras están separadas por el signo + indica que las estructuras están en dos verticilos (Eh. A 3+2 = androceo con 3 estambres en un verticilo y 2 estambres en otro verticilo).

La polinización es el transporte de los granos de polen desde los sacos polínicos de las anteras hasta el *micrópilo* de los óvulos en Gimnospermas y hasta el *estigma* en las Angiospermas.

Se distinguen dos tipos de polinización: cuando el transporte de polen ocurre entre flores de una misma planta el proceso se denomina **autopolinización** (generalmente lleva a la formación de tubos polínicos inviábiles y no habrá formación de semillas) y, cuando el transporte de polen ocurre entre 2 individuos, el proceso se denomina **polinización cruzada** (siempre que no haya algún tipo de incompatibilidad, se formarán tubos polínicos viables).

Tipos de plantas. De acuerdo con la presencia de órganos sexuales, se reconocen 3 tipos de plantas:

- Hermafrodita: plantas cuyas flores presentan ambos sexos.
- Monoica, plantas que presentan ambos sexos, pero las flores son unisexuales. Hay flores femeninas y flores masculinas. Uno de los procesos para evitar la autopolinización es la maduración a destiempo de cada sexo.
- Dioica, plantas que presentan sexos separados en pies diferentes. Hay plantas sólo con flores femeninas y otras, sólo con flores masculinas. En este tipo de plantas se requiere de reproducción cruzada.

Sistemas Reproductivos:

- Autogamia: fertilización con el propio polen. Ocurre en plantas autocompatibles.
- Alogamia: fertilización con polen de otra planta. ¿Consecuencias?, ¿Ventajas? ¿Desventajas?

Mecanismos que evitan la autopolinización y autofertilización:

- Autoincompatibilidad genética: son plantas autoincompatibles que requieren obligadamente recibir polen de otra planta.
- Hercogamia: plantas que presentan separación espacial de anteras y estigmas
- Dicogamia: plantas que presentan separación temporal de la maduración de anteras y estigmas.

Síndromes de Polinización (evolución de los tipos de polinización):

Tipo	Nombre del síndrome		Agente transportador del polen	Características
Abióticos	Hidrofilia		Agua	Flores producen muchos granos de polen no pegajosos para asegurar la fecundación. Las flores no producen néctar y pueden incluso carecer de perianto.
	Anemofilia		Viento	
Bióticos	Entomofilia (diferentes insectos)	Miofilia	Diptera (moscas)	Flores con olor a proteína descompuesta. Colores oscuros o patrones de color que asemejan punteaduras blancas. Polen regular.
		Cantarofilia	Coleoptera (escarabajos, chinitas, otros)	Flores actinomorfas, sin néctar. Inflorescencias zigomorfas. Polen abundante.
		Melitofilia	Hymenoptera (abejas, avispas)	Flores actinomorfas o zigomorfas, colores azul, amarillo, blanco o con guías de néctar. Néctar abundante.
		Psicofilia	Lepidoptera (mariposas diurnas y nocturnas)	Flores con tubos largos y estrechos, néctar abundante.
	Ornitofilia	Aves	Principalmente Trochillidae (picaflores)	Flores rojas, sin olor, dispuestas en los extremos de ramas expuestas. Néctar abundante y escondido en tubos con grosos y profundidad que se ajustan al pico del ave.
	Quiropterofilia	Murciélagos		Flores grandes resistentes; expuestas y con néctar abundante.
	Polinización mímica	<i>Ophrys scolopax</i> (abejorro)	Orquídeas	Las flores de una orquídea mimetizan a la hembra de una especie de abejorro. El macho "copula" con la flor obligando la liberación de los polinios (polen) que son transportados por el viento.

Desde mediados del Cretácico al presente, las plantas Angiospermas hermafroditas han ido adquiriendo diversos fenotipos que les permite atraer polinizadores promoviendo el **entrecruzamiento** por sobre la **autofecundación**.

Actividad de aprendizaje (en aula): Provocar conversación en aula que implique un **análisis de distintos puntos de vista en relación a:**

- Influencia de la acción antrópica sobre las relaciones que se establecen en la vida silvestre: plantas exóticas versus plantas nativas.
- Influencia de la destrucción de los sistemas naturales donde opera la biodiversidad a nivel microscópico (donde se organizan las proteínas y los ácidos nucleicos) y a escala macroecológica global (donde se regulan los ciclos biogeoquímicos).
- Relación entre la fenología y la presencia de polinizadores bióticos (crecimiento vegetativo y desarrollo reproductivo de la planta debe calzar con la actividad de los agentes polinizadores).
- Influencia de las precipitaciones en la acción de polinizadores bióticos.
- Efectos nocivos de polinizadores generalistas que destruyen partes florales (ejemplo: acción del abejorro *Bombus dahlbomii* sobre *Eccremocarpus scaber*, Bignoniaceae).

Trabajo práctico **Identificando síndromes de polinización.**

1. Construya un formulario apropiado para el registro de cada una de las piezas florales, incluyendo nectario floral y la fórmula floral.
2. Trabaje con *Tecoma fulva*, Bignoniaceae (Chuve); registre en el Formulario la identificación de cada una de las piezas florales, describa el nectario. Construya la fórmula floral. Identifique el síndrome de polinización.
3. Trabaje con *Caesalpinia gilliesii*, Fabaceae (Bigote de gato); registre en el Formulario la identificación de cada una de las piezas florales, describa el nectario. Construya la fórmula floral.. Identifique el síndrome de polinización.
4. Trabaje con *Nicotiana glauca*, Solanaceae (Falso tabaquillo); registre en el Formulario la identificación de cada una de las piezas florales, describa el nectario. Construya la fórmula floral. Identifique el síndrome de polinización.

BIBLIOGRAFÍA

Básica

- Nabors M (2011) Introducción a la Botánica. Pearson Educación S.A, Madrid.
Raven P, R. Evert & S Eichhorn (1991). Biología de las Plantas. Ed. Reverté, México.
Strasburger E, F Moll, H Schenck & A Schimper (2004). Tratado de Botánica, Barcelona.

Complementaria:

- Font Querr P (1993) Diccionario Botánico. Ed. Labor, S.A, España.
Fuentes Yagüe J (1998) Botánica Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
Mauseth J (1988) Introduction to Plant Biology. Saunders College Publishing, USA:

Revistas a disposición en Biblioteca UTA:

- CHUNGARA Revista de Antropología Chilena contacto@chungara.cl
IDESIA. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Tarapacá.
LILLOA. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo, Brasil.
Revista CERES Universidad Federal de Vicosa, Brasil.

INFORMÁTICOS:

- *Mauseth www.sbs.utexas.edu/mauseth/weblab/
- *Microscopic Wood Anatomy www.woodanatomy.cl
- *Photographic Atlas of Plant Anatomy www.botweb.uwsp.edu/Anatomy/Default.htm
- *Revista Chilena de Flora y Vegetación www.chlorischile.cl
- *Revista Chilena de Historia Natural www.scielo.cl/rchnat. Htm:rchn.biologiachile.cl
- *Revista de la Asociación Latinoamericana de Botánica www.botanica-alb.org
- *Revista Gaya-Bota www.gayanabotanica.cl
- *Revista Chileflora www.chileflora.com
- *RNGR Reforestation, Nurseries & Genetic Resources – Tropical Tress Seed Manual www.mgr.net/publications/ttssm
- *Reproducción de plantas, semillas y meristemos www.picl4.uga.edu/mp/20q?act=search_boxhttp://omega.ilce.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia/157/htm/lcpt157.htm