

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS



ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRACTICAS DE CAMPO Y LABORATORIO DE PTERIDOFITAS

TRABAJO DE TITULACIÓN EN LA MODALIDAD DE PRODUCCIÓN DE
MATERIAL EDUCATIVO OPCIÓN PAQUETE DIDÁCTICO PARA
OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA.

PRESENTADO POR:
SHEILA QUETZALI ARELLANO HERNÁNDEZ

Las Agujas, Zapopan, Jalisco. Julio 2013



Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Coordinación de Carrera de la Licenciatura en Biología
COORD-BIO-036/2011

C. SHEILA QUETZALI ARELLANO HÉRNANDEZ
PRESENTE

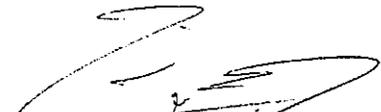
Manifiestamos a usted, que con esta fecha, ha sido aprobado su tema de titulación en la modalidad de **PRODUCCIÓN DE MATERIALES EDUCATIVOS** opción Paquete Didáctico con el título: "Elaboración del Manual de Prácticas de Campo y Laboratorio de Pteridofitas", para obtener la Licenciatura en Biología.

Al mismo tiempo le informamos, que ha sido aceptado como director de dicho trabajo al **Dr. Mario Alberto Ruiz López**.

Sin más por el momento, aprovechamos para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal., 17 de Marzo de 2011.



DRA. TERESA DE JESÚS ACEVES ESQUIVIAS
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE TITULACIÓN



M.C. GLORIA PARADA BARRERA
SECRETARIO DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

Dra. Georgina Adriana Quiroz Rocha.
 Presidente del Comité de Titulación.
 Licenciatura en Biología.
 CUCBA.
 Presente

Nos permitimos informar a usted que habiendo revisado el trabajo de titulación, modalidad Producción de Materiales Educativos, opción Paquete Didáctico con el título: "Elaboración del Manual de Practicas de Campo y Laboratorio de Pteridofitas" que realizó la pasante Sheila Quetzali Arellano Hernandez con número de código 399307099 consideramos que ha quedado debidamente concluido, por lo que ponemos a su consideración el escrito final para autorizar su impresión.

Sin otro particular quedamos de usted con un cordial saludo.

Atentamente
 Zapopan, Jal. 27 de Junio de 2013



Dr. Mario Alberto Ruiz López
 Director del trabajo



Nombre completo de los Sinodales asignados por el Comité de Titulación

Firma de aprobado

Fecha de aprobación

Dr. Miguel Ángel Macías Rodríguez



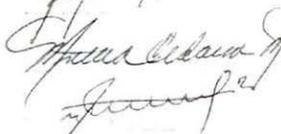
02/JUNIO/2013

Dr. Héctor Luquin Sánchez



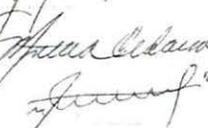
02/07/2013

M.C. Martha Cedano Maldonado



Jul. 2, 2013

Dr. J. Jesús Ruiz Moreno



02/07/2013





MANUAL DE PRÁCTICAS DE CAMPO Y LABORATORIO DE PTERIDOFITAS

SHEILA QUETZALI ARELLANO HERNÁNDEZ

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA Y ZOOLOGÍA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIA
CUCBA



MANUAL DE PRÁCTICAS DE CAMPO Y LABORATORIO DE PTERIDOFITAS

SHEILA QUETZALI ARELLANO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA Y ZOOLOGÍA
ACADEMIA DE BOTÁNICA



2013

DIRECTORIO OFICIAL

Universidad de Guadalajara

Mtro. Itzcoatl Tonatiuh Bravo Padilla
Rector General

Dr. Miguel Ángel Navarro Navarro
Vicerrector Ejecutivo

Lic. José Alfredo Peña Ramos
Secretario General

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

Dr. Salvador Mena Munguía
Rector

Mtro. Salvador González Luna
Secretario Académico

Mtro. José Rizo Ayala
Secretario Administrativo

División de Ciencias Biológicas

Dr. Carlos Beas Zarate
Director

Departamento de Botánica y Zoología

Dr. Ramón Rodríguez Macías
Jefe

Instituto de Botánica

M. en C. Jacqueline Reynoso Dueñas
Directora

Academia de Botánica

M. en C. Isela Álvarez Barajas
Presidente

CONTENIDO

Índice de figuras	ii
Presentación	iv
Agradecimientos	v
Reglamento de laboratorio	vi
Introducción	1
Práctica 1. Técnicas de colecta, conservación y manejo de Pteridofitas	4
Práctica 2. Diversidad y abundancia de comunidades de Pteridofitas en diferentes tipos de vegetación	9
Práctica 3. Gametofito de Pteridofitas	13
Práctica 4. Tipos de estele en Pteridofitas	21
Práctica 5. Morfología de la División Lycopodiophyta	26
Práctica 6. Morfología de la División Equisetophyta	34
Práctica 7. Morfología de la División Polypodiophyta	40
Apéndice. Sustancias y colorantes utilizadas en este manual	50
Anexo. Claves para identificar Pteridofitas en Nueva Galicia	51
Glosario	59
Bibliografía consultada	68

ÍNDICE DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN

Figura 1. Ciclo de vida de helechos homosporicos..... 3
 Figura 2. Imágenes de algunas esporas de Polypodiophyta..... 3

PRÁCTICA 1

Figura 1. Ejemplo de prensas botánica..... 5
 Figura 2. Ejemplares montados de diferentes especies de Pteridofitas..... 5

PRÁCTICA 2

Figura 1. *Psilotum* sp. epífita..... 10
 Figura 2. *Equisetum* sp. terrestre..... 10
 Figura 3. *Lycopodium* sp. terrestre..... 10
 Figura 4. *Elaphoglossum* sp. rupícola..... 10

PRÁCTICA 3

Figura 1. Órganos sexuales de un helecho..... 13
 Figura 2. a) *Psilotum nodum*, región fértil. b) *Tmesipteris tannensis*, fértil rodaje..... 14
 Figura 3. Región apical de rama aérea de *Equisetum* sp. mostrando las hojas verticiladas y fusionadas en su base, formando la vaina y un estróbilo maduro..... 14
 Figura 4. Soros de *Dryopteris* sp..... 14
 Figura 5. Soros de *Elaphoglossum* sp..... 14
 Figura 6. Soros de *Adiantum* sp..... 14
 Figura 7. *Marsilea*. A) hábitat y hoja. B) ramas fértiles y esporócarpo. C) hoja flotante, superficie adaxial y abaxial, y hoja de tierra con esporocarpos. D) hojas fértiles. E) hábitat y esporocarpos..... 15
 Figura 8. Superficie inferior del gametofito leptosporangiado de un helecho (prótalo), presentando numerosos rizoides, anteridios redondeados y arquegonios con cuellos que señala hacia la base..... 15
 Figura 9. Gametofito y esporofito joven de un helecho homosporico..... 15

PRÁCTICA 4

Figura 1. Tallos de plantas vasculares mostrando posición del estele en relación a las hojas. A) primitivo sin enaciones, B) primitivo con simples enaciones y sin conexiones al estele del tallo, C) enaciones con tejido vascular dentro de ellas, D) micrófilas con nervadura y vena..... 21
 Figura 2. Clasificación de protosteles..... 22
 Figura 3. Clasificación de sifonosteles..... 22
 Figura 4. Corte transversal del tallo de *Selaginella* mostrando un haplostele..... 22
 Figura 5. Corte transversal del tallo de *Psilotum* mostrando un actinostele..... 23
 Figura 6. Corte transversal del tallo de *Lycopodium* mostrando un plectostele..... 23
 Figura 7. Corte transversal del tallo de *Osmunda* mostrando un sifonostele ectofloico..... 23
 Figura 8. Corte transversal del rizoma de *Adiantum* mostrando un sifonostele anfilloico.. 23
 Figura 9. Rizoma de *Pteridium* mostrando un dictiostele..... 23

PRÁCTICA 5

Figura 1. Esporófito fértil de *Phylloglossum* sp..... 27
 Figura 2. Isoëtes. A) hábitat, B) la base de la hoja mostrando esporangio, lígula y velum, C) y D) megasporas..... 27
 Figura 3. Planta completa de *Huperzia*..... 27
 Figura 4. *Selaginella*. *Selaginella lepidophylla*. A) hábitat, B) superficie superior de la

rama, C) superficie inferior de la rama. <i>Selaginella landii</i> . D) hábitat, E) rama, F) hoja vegetal, G) esporofito. <i>Selaginella wrightii</i> . H) hábitat, J) rama, K) hoja vegetal, L) esporofito. <i>Selaginella rupincola</i> . M) hábitat, N) rama, O) hoja vegetal, P) esporofito.....	28
Figura 5. <i>Lycopodium</i> sp. Hábitat y esporofitos, flecha apuntando al esporangio.....	28
Figura 6. Cortes longitudinales y transversales de tallos con microfílas y megáfílas...	29
Figura 7. Corte transversal del tallo de <i>Lycopodium</i>	29
Figura 8. Corte transversal del tallo de <i>Selaginella</i>	29
Figura 9. Corte longitudinal del estróbilo de <i>Lycopodium</i>	29
Figura 10. Corte longitudinal del estróbilo de <i>Selaginella</i>	29

PRÁCTICA 6

Figura 1. <i>Equisetum</i> . <i>Equisetum hyemale</i> . A) hábitat, B) nodo con hojas persistentes C) nodo con hojas caducas, D) estróbilos, E) rizoma. <i>Equisetum myriochaetum</i> . F) espiga con verticilos de ramas fértiles, G) cresta con tuberculos, H) espiga con ramas vegetativas, J) estróbilos.....	34
Figura 2. Estomas de <i>Equisetum</i>	35
Figura 3. Anatomía del tallo de <i>Equisetum</i> . A) la sección transversal del vástago de <i>Equisetum</i> , que muestra tejido natural. B) detalle del hilo vascular, mostrando xilema y floema.....	35
Figura 4. Corte longitudinal de estróbilo mostrando esporangióforos peltados con esporangios.....	35
Figura 5. Órganos reproductores de <i>Equisetum</i> . A) hábito de plantas portadoras de conos. B) esporangióforo aislado, presentando eje, disco peltado y esporangios recurvados. C) sección vertical de un esporangióforo aislado, mostrando masas de esporas dentro de dos esporangios. D) y E) vistas de las esporas, en D) con eláteres prietamente curvados alrededor de la endóspora y en E) eláteres expansionados.....	36
Figura 6. <i>Equisetum</i> . A) vista lateral del prótaio, presentando anteridios (an) hacia la base de los lóbulos. B)-D) etapas de maduración de los anteridios, mostrando células de la envoltura (jc) u células espermatógenas (esperma c). E) espermatozoide con flagelos (fl). F) sección vertical del arquegonio, revelando célula del cuello (nc), células del canal del cuello (ncc), célula del canal ventral (vcc) y óvulo (egg). G)sección vertical del arquegonio, indicando una fase inicial del embrión (emb) en el vientre, H) fase avanzada del embrión, poniendo de manifiesto primordio caulinar (spr) con hojas juveniles, (I) célula apical grande (ap c), pie (f) y primordio radical (r pr).....	36

PRÁCTICA 7

Figura 1. Tipos de división de la lámina.....	41
Figura 2. Tipos de venación de las hojas.....	41
Figura 3. Tipos de escamas de helechos.....	42
Figura 4. Disposición de esporangios. A) <i>Botrychium</i> sp., B) <i>Trichomanes</i> sp., C) <i>Sticherus</i> sp., D) <i>Elaphoglossum</i> sp., E) y F) <i>Marattia</i> sp.....	43
Figura 5. Ejemplos de la disposición en que se pueden encontrar los soros en las hojas.....	44
Figura 6. Tipos de indusio. Corte transversal de soros.....	44
Figura 7. Dehiscencia de <i>Dryopteris</i> . a)muestra el esporangio cerrado lleno de esporas, b) muestra cuando el esporangio de abre para liberar las esporas. c) muestra el esporangio cuando cierra después de liberar las esporas.....	45
Figura 8. Tipos de anillos.....	45

PRESENTACIÓN

Este manual de prácticas de campo y laboratorio de Pteridofitas surge de la necesidad de contar con material didáctico que permita poner en práctica los conocimientos teóricos del grupo más especializado dentro de las plantas criptógamas "Pteridofitas".

Ha sido elaborado para el público en general, pero está orientado principalmente para los estudiantes de la Licenciatura de Biología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) que llevan la materia especializante "Plantas Criptógamas", en el actual plan de estudios de la carrera.

La elaboración del presente manual tiene como base la búsqueda bibliográfica de literatura especializada en libros y revistas actualizados, así como, en la revisión de ejemplares de este grupo de plantas del Herbario Luz María Villareal de Puga (IBUG). Y además en los manuales que actualmente sirven de apoyo didáctico en la materia de Plantas Criptógamas: el manual de prácticas de laboratorio y campo de Ficología de Adrián R. López González, Ma. del Refugio A. Mora Navarro y R. Mireya Hernández Herrera (2006), y el manual de Briófitas teoría y práctica de Miguel A. Macías Rodríguez, Edith Xio Mara García García y Ma. del Refugio A. Mora Navarro (2006).

Contiene siete prácticas, las primeras dos se pretenden realizar en campo con la finalidad de obtener el material biológico necesario para realizar las siguientes cinco de laboratorio. El objetivo de estas es que el alumno conozca la morfología básica, la diversidad y hábitats de las Pteridofitas. Cada práctica contiene Introducción, Objetivo, Material, Procedimiento y Resultados.

Cuenta con un apéndice donde se incluyen los ingredientes que componen las sustancias que se requieren para realizar las prácticas de laboratorio. Además de una clave para facilitar la identificación de especies de este grupo en Nueva Galicia de McVaugh Rogers.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto para titularme bajo la modalidad Producción de Materiales Educativos, opción paquete didáctico con el nombre de "Elaboración del Manual de Prácticas de Campo y Laboratorio de Pteridofitas", fue realizado bajo el asesoramiento del Dr. Mario Alberto Ruiz López, en el Departamento de Botánica del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), a quien le doy las gracias por el apoyo y el tiempo que me brindo.

Por otro lado, agradezco el interés por parte de la Institución y de manera particular a la Academia de Botánica, para contar con manuales de prácticas que permitan el desarrollo integral de los estudiantes.

De manera especial, mi reconocimiento a los comentarios y críticas de mis sinodales Dr. Miguel A. Macías Rodríguez, Dr. Héctor Luquin Sánchez, M.C. Martha Cedano Maldonado y Dr. J. Jesús Ruiz Moreno, que con su contribución y experiencia, ayudaron a mejorar el presente documento.

Y mi más grande gratitud a mi familia y compañeros de trabajo que sin su apoyo no hubiera cumplido con esta meta personal.

Reglamento Interno de Laboratorio de Botánica y Zoología

1. Deben asistir al laboratorio en los horarios que correspondan a su sesión de laboratorio con bata de algodón preferentemente de manga larga, con calzado cerrado e implementos de limpieza y seguridad.
2. Es responsabilidad del alumno conocer y usar el equipo de seguridad necesario para el desarrollo de cada práctica.
3. Para el préstamo de material y equipo de laboratorio deberá presentar su credencial actualizada que lo acredite como alumno regular de la institución.
4. Revisará el material y el equipo que utilizará en la práctica, el cual debe estar en buenas condiciones.
5. El material que rompa o deteriore, deberá ser repuesto por otro de las mismas características.
6. Al final de cada práctica entregar el material limpio (el material de cristalería no necesariamente seco) y libre de marcas y etiquetas, y reportar si hubo alguna anomalía.
7. Al retirarse del laboratorio deberá dejar su área de trabajo en orden.
8. Podrán permanecer en el laboratorio siempre y cuando estén dentro de sus horarios estipulados y con el consentimiento explícito del profesor responsable.
9. No deberá fumar ni ingerir alimentos y bebidas dentro del laboratorio.
10. Deberá guardar respeto y seguir las indicaciones del profesor y del técnico académico responsable del área.
11. Los alumnos no podrán solicitar material ni aparatos si tienen adeudos anteriores. Únicamente podrán solicitar material y equipo para la práctica en turno.
12. Los alumnos que trabajen en el laboratorio no deberán dejar equipo encendido durante la noche a menos que lo indiquen claramente con un letrero, dejen su nombre y un teléfono para localizarlos en caso necesario y dar aviso al vigilante.
13. Por ningún motivo será autorizado la permanencia de personas ajenas a la actividad que se realiza dentro del laboratorio.
14. Para un buen funcionamiento de las tarjas no se debe depositar en ellas basura, disolventes, sustancias corrosivas ni medios de cultivo.
15. Ninguna persona tiene autorización para entrar al almacén, salvo los técnicos académicos y el coordinador de laboratorio.
16. No se autorizará ningún préstamo de material, equipo ni salida de reactivos sin que sea especificado en el formato correspondiente.
17. Cuando los alumnos soliciten préstamo de material deberán llenar el vale respectivo y dejar su credencial actualizada.
18. Por ningún motivo inhalar o ingerir sustancias o muestras que pertenezcan al material de la práctica.
19. En caso de contacto con algún reactivo con los ojos o cualquier parte del cuerpo lavar inmediatamente con abundante agua.
20. Respetar los reglamentos para uso de los microscopios y estereoscopios.
21. No cambiar de lugar las muestras ya que se encuentran clasificadas.

INTRODUCCIÓN

Todas las plantas parecen haber surgido de las algas verdes (grupo Chlorophyta). Después de la transición a la Tierra, las plantas divergieron en dos linajes separados; el más antiguo Briophyta, que incluye a las hepáticas, antoceros y musgos, y el otro, dio lugar a las **plantas vasculares**, el grupo que incluye a todas las plantas terrestres (Tabla 1). La diferencia principal en éste, es que poseen un sistema vascular especializado bien desarrollado que transporta agua, minerales, azúcares y otros nutrientes, por lo que son conocidas como Traqueofitas (Curtis & Barnes, 2000).

Tabla 1. Clasificación de las plantas vivas según Curtis & Barnes (2000)

Nombre informal	Taxón	Taxón	Nombre común
No vasculares	División Bryophyta	Clase Hepaticopsida	Briofitas
		Clase Anthocerotopsida	Hepáticas
		Clase Bryopsida	Antoceros Musgos
Vasculares Sin semilla	División Psilophyta		Helechos primitivos
	División Lycophyta		Licopodios
	División Sphenophyta		Colas de caballo
	División Pteridophyta		Helechos
Vasculares con semillas Gimnospermas	División Coniferophyta		Coníferas
	División Cycadophyta		Cicadáceas
	División Ginkgophyta		Ginkgos
	División Gnetophyta		Gnetófitas
Vasculares con semilla Angiospermas	División Anthophyta (angiospermas)		Plantas con flores
		Clase Liliopsida	Monocotiledóneas
		Clase Magnoliopsida	Dicotiledóneas

Las **Traqueofitas** contienen un gran número de órdenes y clases (Tabla 2) representados sólo por fósiles, y la mayoría de las plantas vivientes se agrupan en las que no tienen semillas (**Pteridophyta**) y en aquellas que tienen semillas (Gimnospermas y Angiospermas) (Bell & Hemsley, 2000).

Las Pteridofitas son el grupo que contiene las plantas vasculares más antiguas que se conocen (*Rhynia*) y su existencia se remonta a unos 400 millones de años. Existen cerca de **15,000 especies** vivas con gran diversidad de ambientes pero principalmente se encuentran en lugares tropicales y húmedos.

Son **cormófitas** con alternancia de generaciones que consiste en un prominente **esporofito** y un pequeño e independiente **gametofito**. En el ciclo sexual las hojas del esporofito producen esporas asexuales que germinan en un gametofito y a la vez este se desarrolla en un esporofito (Figura 1) (Mehltreter et al., 2010).

Tabla 2. Clasificación de la división de Traqueophyta según Bell & Hemsley (2000).

Subdivisión	Clase	Orden
Pteridophyta	Rhyniopsida	Rhyniales
(Plantas vasculares con espora)	Zosterophyllopsida	Zosterophyllales Barinophytales ^b Drepanophycales Protolépídodendrales Lycopodiales ^a Lepidodendrales ^b Isoetales ^{a,b} Sellaginellales ^{a,b}
(Euphyllphytas)	Trimerophytopsida	Trimerophyllales
(Plantas con esporangios terminales)	Equisetopsida	Calamitales ^b Equisetales ^a Sphenophyllales ^b Pseudoborniales Cladoxylales Zygopteridales ^b Marattiales ^a Ophioglossales ^a Psilotales ^a Osmundales ^a Coenopteridales Polypodiales ^a Salviniales ^{a,b} Marsileales ^{a,b}
	Cladoxylopsida	Cladoxylales
	Polypodiopsida (Eusporangiatae)	Zygopteridales ^b Marattiales ^a Ophioglossales ^a Psilotales ^a
	(E esporangios con anillos) (Leptosporangiatae)	Osmundales ^a Coenopteridales Polypodiales ^a Salviniales ^{a,b} Marsileales ^{a,b}

Nota: ^a Indica representantes vivos. ^b Indica la presencia de heterosporia.

Una característica distintiva de estas plantas es que no presentan crecimiento secundario, no tienen raíces primarias, es una raíz secundaria adventicia y fibrosa. Las hojas o frondas se caracterizan por surgir y desarrollarse conforme van creciendo, presentan una gran variedad de formas y tamaños, puede ser menor de 1 cm hasta 3 m de largo. Generalmente en la cara abaxial (envés) de las frondas maduras y fértiles se forman los **esporangios** (productores de las esporas), casi siempre reunidos en grupos definidos (soros).

Las esporas son ligeras pesan menos de 0.01 mg y son pequeñas del mismo tamaño que un grano de polen, los colores varían, desde verde, blanco, amarillo, gris, anaranjado, café hasta negro y de gran diversidad morfológica (Figura 2) (Mehlreter et al., 2010).

En las Pteridofitas cuando las esporas germinan dan origen al gametofito (llamado comúnmente **prótalo**), que es haploide, éste suele vivir pocas semanas y sólo alcanza algunos centímetros de diámetro, se compone de un talo verde, sencillo y fijo en el suelo por medio de rizoides unicelulares y tubulosos que nacen en su cara inferior, en el cual se forman los anteridios y arquegonios. En algunos casos los prótalos pueden ser dioicos, y la separación de los sexos conduce al desarrollo de dos formas de meiosporas (**macrósporas**), ricas en sustancia de reserva, nacidas de megasporangios (macrosporangios) y que al germinar sólo producen prótalos femeninos, relativamente grandes, y **micrósporas**, formadas en microsporangios, las cuales originan prótalos masculinos, de menor tamaño. En los **arquegonios** y **anteridios**, maduran los gametos sexuales masculino y femenino que se fecundan para dar origen a la generación diploide, el **esporofito** (Strasburger et al., 1986).

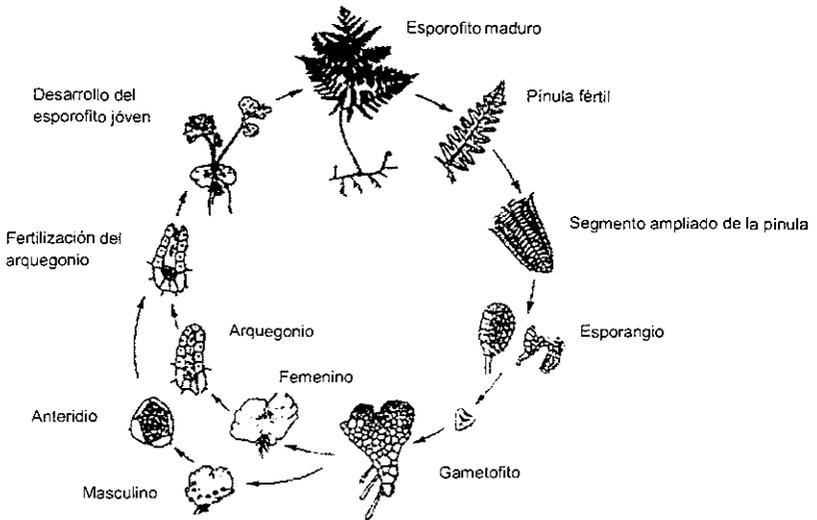


Figura 1. Ciclo de vida de helechos homosporicos. (Tomado de Mehlreter et al., 2010).

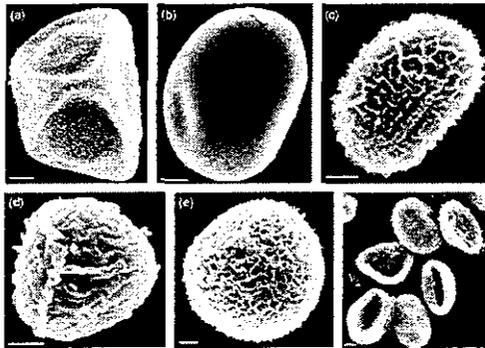


Figura 2. Imágenes de algunas esporas de Polypodiophyta.

(a-b) *Elaphoglossum peltatum*, espora monoete (a) con la capa que cubre las paredes y (b) sin la capa que cubre las paredes, (c) *Woodsia mexicana*, espora monoete con una apertura lineal por donde ocurre la germinación, (d) *Pellaea cordifolia*, espora trilete con tres aperturas, (e) *Cheilanthes* sp., posible especie triplóide apogámico con globosas esporas, (f) *Blechnum* sp., híbrido con esporas deformadas. A una escala de 10 micromilímetros (Tomado de Mehlreter et al. 2010).

El uso que se les da a este grupo de plantas es muy amplio, principalmente es **ornamental** como es el caso de *Adiantum capillus-veneris*, *Neprolepis* sp., *Cyathea mexicana*, *Equisetum arvense*, entre otros. Pero también hay especies de uso **medicinal** como *Selaginella asperula*, *Lycopodium clavatum*, que se utilizan como remedio para las llagas. *Acrostichum aureum* que se utiliza como diurético y expectorante, *Adiantum radiata* que se utiliza como pectoral en infusión o jarabe, etc. Y hasta se les ha dado uso como **alimento** tal es el caso *Matteucia struthiopteris*, que se come cocinado al vapor (Murillo, 1983).

PRÁCTICA 1

TÉCNICAS DE COLECTA, CONSERVACIÓN Y MANEJO DE PTERIDOFITAS

INTRODUCCIÓN

La obtención de buenos ejemplares de Pteridofitas depende de los cuidados de muestreo y de la época en que se realice la colecta.

La mejor temporada para recolectar pteridofitas es al final de la **temporada de lluvias** y los meses inmediatos, ya que dependen del agua para reproducirse y desarrollarse, por lo se les puede encontrar maduros y con las partes reproductivas completas.

Los parámetros que se deben tomar en consideración para la recolecta son la abundancia de los individuos y la singularidad del ambiente en donde crecen. Para no afectar las poblaciones se debe hacer duplicados de un mismo individuo seccionando el rizoma en varios tramos donde no se pierda la distancia entre las hojas, o bien, partiéndolo longitudinalmente en dos o más secciones.

El método de **colecta** para la toma de muestras depende del tipo de sustrato. Ya que las Pteridofitas pueden ser terrestres, epífitas, hemiepífitos, rupícolas, acuáticas, y palustres. Se puede utilizar el **muestreo directo** que consiste en realizar la tomas de forma manual, con ayuda de una navaja de campo y pinzas para podar. Y para tomar una colecta de los organismos acuáticos se puede utilizar el **muestreo indirecto** con ayuda de una red.

Un buen **ejemplar de herbario** es aquel que contiene el ápice, la base del tallo principal (estípite), los pelos y/o escamas asociados, y las estructuras reproductivas del esporofito (ya sea como parte del ejemplar o por separado). Ya que la presencia y la forma de las escamas y pelos, en la base del tallo o sobre el rizoma, así como el arreglo y la estructura de las partes reproductivas, son características muy importantes para la identificación desde el nivel de familia hasta el de especie.

La toma de datos en campo es esencial para un ejemplar en herbario ya que ayudara a tener una visión más amplia de la morfología y del hábitat, y así poder hacer una adecuada identificación de la especie.

Después de recolectar un ejemplar se debe prensar (Figura 1) y secar de 1 a 2 días lo más pronto posible, ya que un buen proceso de secado condicionara su longevidad, así como la calidad del mismo.

Para una adecuada **conservación** el material una vez que esté completamente seco debe ser montado en cartulinas a las que se fija con cinta engomada, es conveniente pegar a la cartulina un pequeño sobre o bolsita, en el que se puedan poner escamas, soros, esporas o algunos fragmentos que pudieran desprenderse de la muestra. En la figura 2 se ilustra de manera general la forma en que deben quedar representados los distintos tipos de Pteridofitas en los ejemplares de herbario.

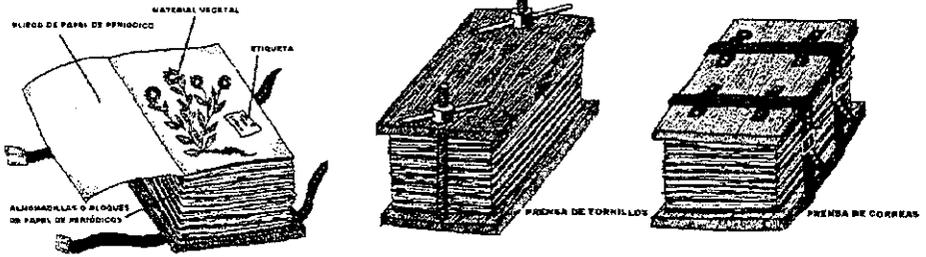
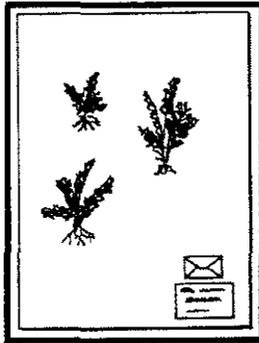


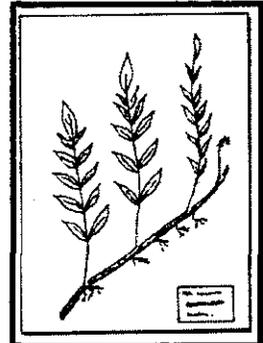
Figura 1. Ejemplo de prensas botánicas
 (Tomado de <http://www.unioviado.es/bos/Herbario/PrepararHerbario/PrepararHerbario.htm>
 Guía para la elaboración del herbario escolar)



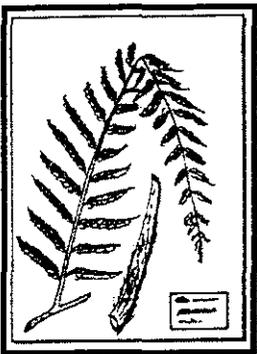
a) *Niphidium* sp.
 Planta completa, epífita.



b) *Asplenium* sp.
 Planta completa, terrestre.



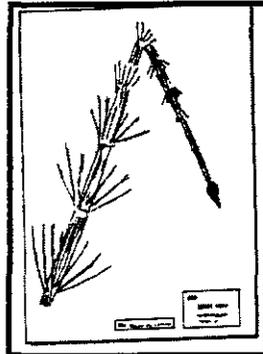
c) *Polybotrya* sp.
 Fracción de planta, hemipífita.



d) *Cyathea* sp.
 Helecho arborescente.



e) *Lygodium* sp.
 Helecho escándete.



f) *Equisetum* sp.

Figura 2. Ejemplares montados de diferentes especies de Pteridofitas.
 (Tomado de Lorea & Riba, 1990).

OBJETIVO

Que el alumno aprenda las técnicas adecuadas para recolectar, conservar y manejar ejemplares de Pteridofitas.

MATERIAL

- Navaja de campo.
- Lupa.
- Cuaderno y lápiz.
- Tijeras de podar.
- Altímetro o GPS.
- Prensa botánica:
Tapas: dos cartones gruesos o enrejado de madera de 45 cm largo por 35 cm de ancho.
Papeles de periódico: hojas completas, dobles, secas y lisas. Tamaño aproximado 30 cm por 40 cm.
Cintas corredizas o bandas elásticas para ajustar la prensa.
- Claves para identificar las especies (se recomienda utilizar la anexa en este manual).

PROCEDIMIENTO

a) Colecta

Nota: se recomienda coleccionar los especímenes y estructuras que serán necesarios para el desarrollo de las prácticas de laboratorio siguientes. Se debe tener en cuenta que esta clase de plantas se pueden encontrar con mayor facilidad en lugares húmedos.

1. Realizar un itinerario apoyándose de un mapa geográfico de la zona.
2. Separarse en equipos. (Si el maestro lo cree conveniente cada equipo puede experimentar con un tipo de muestreo diferente).
3. Se coleccionan, de preferencia ejemplares fértiles (maduros, que se puedan ubicar los esporangios, soros ó estróbilos) y completos, pero teniendo cuidado de no eliminar por completo la población.
4. Registra todos los ejemplares que herborices utilizando los siguientes datos de la zona donde se realiza la práctica.

País:	Estado:
Municipio:	Localidad:
Fecha:	Tipo de vegetación:
Altitud:	Coordenadas geográficas:
Describir el espécimen coleccionado:	
Tipo de sustrato:	
Colector:	
Observaciones:	

b) Manejo

1. Antes de salir a campo realizar una prensa sencilla, utilizando como base cartón y sobre este coloca papel periódico y enseguida coloca el ejemplar colectado (si la planta es muy grande, es decir que mida más de 35 cm de ancho y más de 45 de largo, hay que doblarla cuando aún está fresca), enseguida coloca de nuevo papel periódico y de nuevo cartón, así cuantas veces sea necesario, para que tus ejemplares queden prensados amárralos con un lazo.
2. Transportar a la escuela los ejemplares en la prensa cuidando de no perder o dañar ninguna estructura.

c) Conservación

1. Coloca los ejemplares en una estufa de secado de 1 a 2 días.
2. Una vez seca la planta con la ayuda de tus anotaciones y de unas claves taxonómicas puedes identificar el ejemplar siguiendo las principales estructuras del ejemplar.
3. Monta el ejemplar en cartulina con ayuda de cinta engomada o hilo y aguja, en la parte inferior derecha coloca una etiqueta donde se incluyan los datos tomados en campo.

Ejemplo de una etiqueta

 <p>UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA DEPARTAMENTO DE BÓTANICA Y ZOOLOGIA INSTITUTO DE BOTÁNICA HERBARIO IBUG.</p>	
NV:	
NC:	FAM:
LOC:	
HAB:	
FECHA:	ALT:
OBS:	
USOS:	
COL:	NUM:
DET:	

RESULTADOS

1. ¿Cuántas formas de vida de helechos colectaste?

3. Ilustre el tipo de vida de los helechos que colectaste.

3. ¿Qué similitudes encontraste entre los diferentes tipos de especies de Pteridofitas que colectaste?

4. Realiza una pequeña explicación de la importancia del manejo y la conservación de las Pteridofitas.

PRÁCTICA 2

DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE COMUNIDADES DE PTERIDOFITAS EN DIFERENTES TIPOS DE VEGETACIÓN

INTRODUCCIÓN

La gran **diversidad** y **abundancia** de los helechos en México se debe a su posición geográfica y a su accidentada topografía, con la consecuente diversidad climática y una mayor afinidad neotropical, ya que muchos taxa centro y sudamericanos tienen su límite norte en México y algunos llegan al centro del país. Las características particulares de una región definen una diversidad de hábitats de cuyas características dependerá el crecimiento de las Pteridofitas. Como son plantas muy sensibles a los cambios de humedad, sobre todo en la fase gametofítica de su ciclo de vida, los sitios sombreados y húmedos son los más propicios para su desarrollo. Los bosques mesófilos son los más ricos en número de especies, seguidos por los bosques tropicales perennifolios, los bosques de pino encino, los bosques tropicales caducifolios, la vegetación xérica y la vegetación acuática. Salvo en la península de Yucatán en donde por causas edáficas e hídricas, la abundancia y la diversidad de especies disminuye notablemente. En contraparte el endemismo es más alto en las zonas áridas del norte, con entre 190 y 200 especies.

La clasificación de la División Pteridophyta que se usara en este manual es la de Pearson, 1995.

Clase Psilopsida: Morfológicamente son las más simples. Existen tres especies, clasificadas en dos géneros: *Psilotum* con dos especies y *Tmesipteris* con una. Crecen en tierra muy húmeda y con alta cantidad de materia orgánica, a menudo son epifitas. Debido a que se encuentran en peligro de extinción es difícil encontrarla, por lo que no es recomendable su recolecta.

Clase Lycopodioida: Hay sobre 800 especies vivas, clasificadas en cinco géneros, tres familias y tres órdenes. Se les encuentra en bosques húmedos donde la evaporación es baja, algunos siguen los incendios de los bosques y a otros se les encuentra en las puntas de las montañas, o en los límites de los estanques de agua, en general no es raro encontrarlas en áreas forestales.

Clase Equisetopsida: Son comunes alrededor del mundo, los encuentras en zanjas, en abismos y otros lugares húmedos. Hay un solo género con alrededor de 25 especies.

Clase Polypodiopsida: Los helechos son los más abundantes de las Pteridofitas, están ampliamente distribuidos, pero se les encuentra especialmente en lugares húmedos. Las formas de crecimiento de los helechos que predominan en los diversos tipos de vegetación presentes en México son: terrestres, epifitos, arborescentes, hemiepifitos, escandentes o trepadores, acuáticos y subacuáticos. Existen aproximadamente 9000 especies, la mayoría tropicales. Y estas están incluidas en 18 familias y 5 órdenes.

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se ilustran de forma general algunos ejemplos de las clases de pteridofitas.

En la definición de la diversidad hay dos componentes:

1. **Variación.** Riqueza y variedad: que puede expresarse como cantidad de tipos (variedades genéticas, especies, categorías de uso del suelo, etc.) como unidad de espacio o como una razón de tipos sobre cantidades.
2. **Abundancia relativa de especies.** Abundancia y distribución de individuos entre los tipos. Dos comunidades pueden tener la misma cantidad de especies pero ser muy distintas en términos de la abundancia relativa o dominancia de cada especie.

Las medidas de diversidad de especies pueden dividirse en tres categorías:

1. **Índices de riqueza de especies:** son esencialmente una medida del número de especies en una unidad de muestreo definida.
2. **Modelos de abundancia de especies:** describen la distribución de su abundancia.
3. **Abundancia proporcional de especies:** algunos índices como los de Shannon y Simpson, que pretenden resolver la riqueza y la uniformidad en una expresión sencilla.



Figura 1. *Psilotum* sp. Planta epífita. (Tomado de <http://www.discoverlife.org/mp/20q/search=Psilotum+nudum&guide=Ferns&cl=US/GA/Clarke>).



Figura 2. *Equisetum* sp. Planta terrestre. (Tomado de http://www.floracyberia.net/pteridophyta/equisetaceae/equisetum_arvense.html).



Figura 3. *Lycopodium* sp. Planta terrestre (Tomado de <http://www.totnescancerhealthcentre.com/?p=564>).



Figura 4. *Elaphoglossum* sp. Planta rupícola. (Tomado por el autor, 2011).

OBJETIVO

Que el alumno identifique en qué tipo de vegetación puede encontrar mayor diversidad y abundancia de comunidades de Pteridofitas.

MATERIAL

- Navaja de campo.
- Lupa.
- Cuaderno y lápiz.
- Tijeras de podar.
- Altimetro o GPS.
- Bolsas de celofán.
- Metro.
- Cuerda de 30 metros.
- Prensa (se puede utilizar la que se realizó en la práctica 1).
- Claves para identificar las especies (se recomienda utilizar las anexas en este manual).

PROCEDIMIENTO

1. Realizar un itinerario apoyándose de un mapa geográfico de la zona.
2. Separarse en equipos. Describir la zona de estudio, señalando, clima, tipo de vegetación, tipo de sustrato, tipo de vida de la planta (es decir epífita, acuática, terrestre, etc.).
3. En esta práctica se recomienda realizar el tipo de muestreo en cuadrantes en punto. La cual consiste en trazar una línea imaginaria, escoger un punto al azar y señalarlo con una estaca de la cual saldrán 4 líneas (una hacia abajo, otra hacia arriba y dos más a los lados), estos son los cuadrantes, los cuales deben tener la mismas medidas, se pueden delimitar con un lazo. Una vez hecho esto se procede a recolectar los especímenes más cercanos al punto de referencia. Repetir este procedimiento en cada área que hayas identificado con diferente tipo de vegetación.
4. La diversidad de especies se calculará de acuerdo al índice de Shannon-Wiener (H'), el cual se define como:

$$H' = -\sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

donde: p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N

n_i = número de individuos de la especie

N = número de todos los individuos de todas las especies

El valor final de este índice nos indica qué tan diversa es la comunidad, mientras mayor sea el número, la comunidad es más diversa.

RESULTADOS

1. ¿En qué tipo de vegetación encontraste mayor abundancia?

2. De acuerdo al índice de Shannon-Wiener, ¿en qué tipo de vegetación encontraste mayor diversidad?

3. Correlaciona la diversidad y abundancia de acuerdo al tipo de vegetación.

PRÁCTICA 3

GAMETOFITO DE PTERIDOFITAS

INTRODUCCIÓN

Las Pteridofitas (en sentido amplio) son plantas que producen **esporas**, las cuales representan el principal mecanismo de reproducción (Figura 1) **asexual** o **sexual**. Cada planta es capaz de producir millones de esporas en cada ciclo reproductivo, sin embargo no todas llegan a germinar y formar **gametofitos** maduros, debido a que cada especie necesita la combinación precisa de ciertos factores, tanto bióticos como abióticos.

Las esporas se producen en los **esporangios**, que pueden estar fusionados formando **sinangios** como en *Psilotum* (Figura 2), o en **estróbilos** como en *Equisetum* (Figura 3) y *Selaginella*, o agrupados en **soros** como en la mayoría de las especies de helechos terrestres (Figuras 4, 5 y 6) y en **esporocarpos** como en los helechos acuáticos (Figura 7) y a partir de estas estructuras se dispersan, ya sea por el viento, el agua o por animales.

Las Pteridofitas pueden ser **homospóricas** o **heterospóricas**. En las primeras, todas las esporas son del mismo tamaño y cuando germinan, el gametofito (Figuras 8 y 9) es bisexual y se desarrolla en el exterior, fenómeno conocido como **germinación exospórica**. En los heterospóricos las esporas son de dos tamaños, las microsporas y las megasporas, que tienen **germinación endospórica**, es decir que los gametofitos son unisexuales y se desarrollan en el interior de las paredes de las esporas.

Las esporas se pueden dividir como **monoletes** o **triletes**. En esporas monolete, hay una sola línea en la espора que indica el eje en el cual la espора de la madre estuvo partida en cuatro a lo largo de un eje vertical. En esporas trilete, las cuatro esporas comparten un origen común y están en contacto mutuo, así que cuando separan demostraciones de cada espора tres líneas que irradian de un poste de centro.

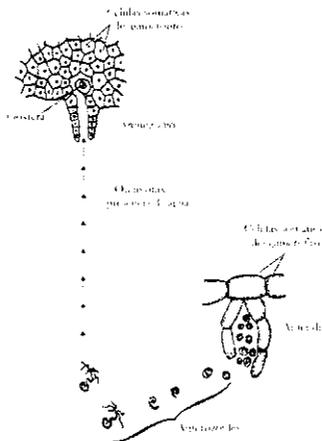


Figura 1. Órganos sexuales de un helecho. (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

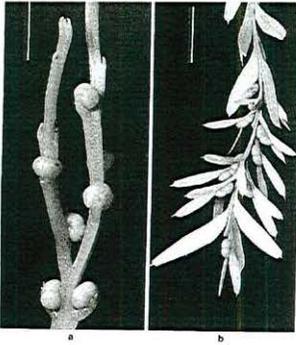


Figura 2. a) *Psilotum nodum*, región fértil. El esporangio trilobular está sostenido por pequeñas brácteas bifurcadas. b) *Tmesipteris tannensis*, fértil rodaje. El esporangio bilobular está pegado a horquillas de conspicuas brácteas bifidas (Tomado de Bell-Hemsley, 2000).

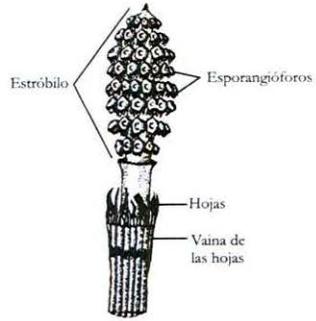


Figura 3. Región apical de rama aérea de *Equisetum* sp. mostrando las hojas verticiladas y fusionadas en su base formando la vaina y un estróbilo maduro (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).



Figura 4. Soros de *Dryopteris* sp. (Tomado por el autor, 2011).



Figura 5. Soros de *Elaphoglossum* sp. (Tomado por el autor, 2011).



Figura 6. Soros de *Adiantum* sp. (Tomado por el autor, 2011).

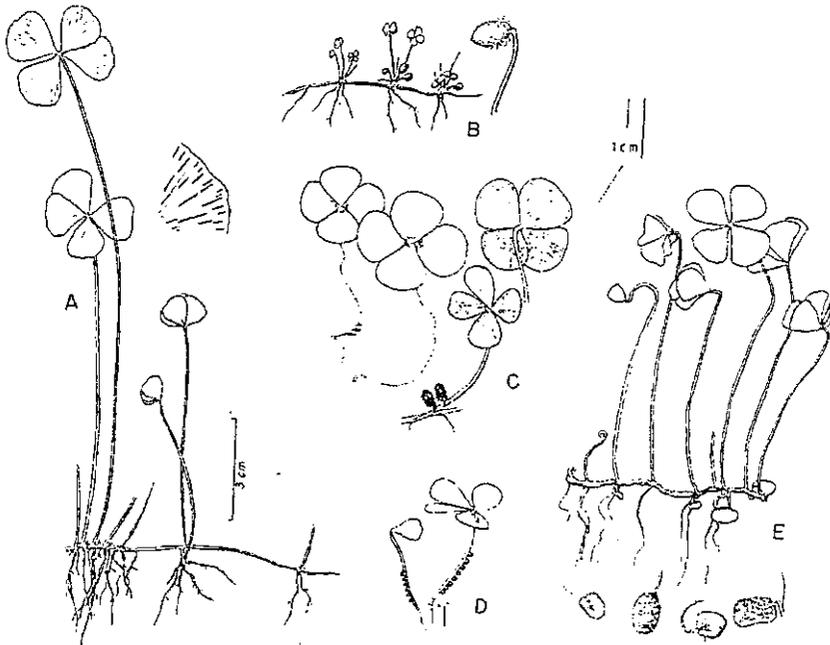


Figura 7. *Marsilea*. A) hábitat y hoja. B) ramas fértiles y esporócarpo. C) hoja flotante, superficie adaxial y abaxial, y hoja de tierra con esporocarpos. D) hojas fértiles. E) hábitat y esporocarpos. (Tomado de McVaugh, 1992).

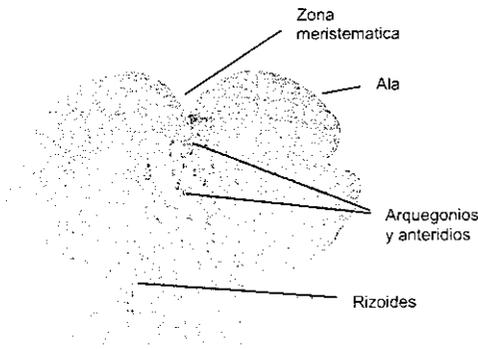


Figura 8. Superficie inferior del gametofito leptosporangiado de un helecho (protalo), presentando numerosos rizoides, anteridios redondeados y arquegonios con cuellos que señala hacia la base (Tomado de Scagel et al., 1987).



Figura 9. Gametofito y esporofito joven de un helecho homospórico (vista ventral) (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

OBJETIVO

Que los alumnos conozcan la fase gametofítica y los diferentes estados de su desarrollo en algunas especies de Pteridofitas por medio del cultivo de esporas.

MATERIAL

- Un frasco de vidrio de 500 ml., de boca ancha.
- Tierra de campo.
- Lupa de mano.
- Microscopio estereoscópico.
- Microscopio óptico.
- Esporas de pteridofitas obtenidas de ejemplares frescos.
- Bolsas o sobres de papel celofán de aproximadamente 3 cm de largo x 2 cm de ancho.
- Libreta de campo.
- Cinta "diurex".
- Plástico auto adherente.
- Pinzas de relojero.
- Portaobjetos y cubreobjetos.

PROCEDIMIENTO

a) Recolección de esporas (Se recomienda hacerlos en las dos primeras prácticas).

1. En el campo, cada uno de los equipos seleccionará un ejemplar fértil (maduro) de diferentes especies de Pteridofitas.
2. Ubicar los esporangios, soros ó estróbilos en cada ejemplar y sacudir éstos dentro de una bolsa de papel celofán, con el fin de obtener las esporas. Sellar los sobres con "diurex". Anotar en la bolsa de papel el número de recolecta del ejemplar y especie.

b) Preparación del medio de cultivo.

1. Colocar tierra de campo dentro del frasco de vidrio hasta que se forme una capa de aproximadamente 3 cm de espesor.
2. Colocar el frasco con la tierra en una olla de presión de uso doméstico, agregar agua a la olla hasta la mitad del frasco, tipo baño maría, tapar la olla y dejar a presión durante 10 minutos.
3. Dejar que baje la presión y sacar el frasco de la olla.
4. Agregar agua destilada al frasco hasta que la tierra quede húmeda.

Nota: los pasos 2 y 3 son opcionales.

c) Siembra de esporas.

1. Antes de sembrar las esporas, observarlas en el microscopio para determinar qué tipo de spora son (es decir, monolete o trilete).
2. Diseminar de manera uniforme en el interior del frasco las esporas recolectadas.
3. Tapar el frasco con el plástico auto-adherente.

MANUAL DE PTERIDOFITAS

4. Colocar el frasco cerca de una ventana, cuidando que los rayos de sol no le den directamente.
5. Agregar un poco de agua una vez a la semana procurando que el agua escurra por las paredes del frasco.

d) Observaciones y registro de resultados

1. Realizar observaciones cualitativas cada semana y anotarlas en la tabla de registro anexa. Es necesario abrir el frasco y observar con ayuda de la lupa o el microscopio si ya germinaron las esporas, lo cual se va a saber por la coloración verde de los gametofitos juveniles en el caso de las plantas homospóricas y en el caso de las heterospóricas es necesario revisar las esporas ya que germinan endospóricamente. Una vez que se ha dado la germinación, es necesario extraer con pinzas algunos gametofitos para realizar las observaciones al microscopio estereoscópico u óptico. Para realizar las observaciones al microscopio óptico es necesario colocar los gametofitos lavados en un portaobjetos, uno con la cara ventral hacia arriba y otro con la cara ventral abajo. Colocar un cubreobjetos y observar.

RESULTADOS

TABLA DE REGISTROS

Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8
Morfología								
Esquemas de la región ventral								
Esquemas de la región dorsal								
Presencia o ausencia de anteridios								
Presencia o ausencia de arquegonios								
Presencia o ausencia de rizoides								
Presencia o ausencia de primordio foliar								
Presencia o ausencia de vernación circunada								
Tipo de venación (cerrada o abierta)								

Acerca de la práctica

1. ¿Cómo son las esporas que se sembraron, monoletes o tríletes?

2. A partir de la siembra de esporas, ¿en qué tiempo empiezan a germinar?

3. ¿Qué forma tienen los gametofitos en sus primeros estados de desarrollo?

4. ¿Qué forma tienen cuando están maduros?

5. ¿Los gametofitos son monoicos o dioicos?

6. ¿Se obtuvieron esporofitos?

7. Si fue así, ¿la primera hoja del esporofito tiene vernación circinada?

8. ¿Qué tipo de venación tiene la primera hoja, abierta o cerrada?

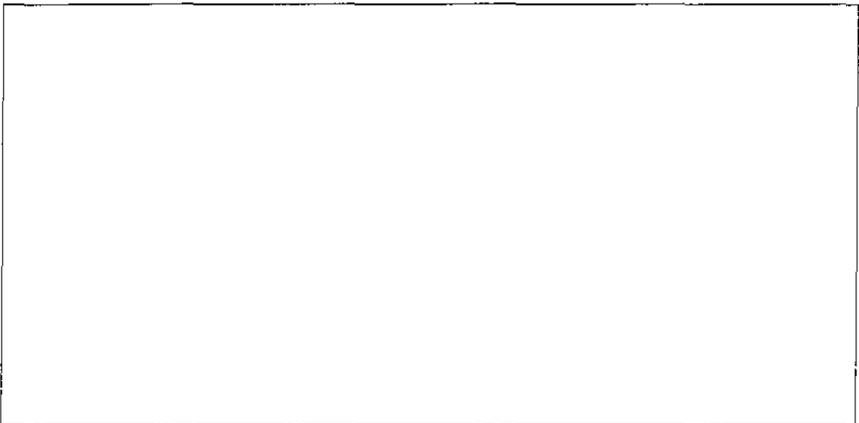
9. ¿Cuánto tiempo dura el gametofito después de que nace el esporofito?

Para investigación bibliográfica

1. ¿Qué factores bióticos y abióticos intervienen en la germinación de las esporas?

2. ¿Cómo se clasifican las esporas de las Pteridophytas en cuanto a su tamaño, viabilidad y dehiscencia?

3. ¿Cómo germinan las Pteridofitas heterospóricas?
Realizar los esquemas que lo ilustren.



4. ¿Qué factores son los más importantes para que se lleve a cabo la fecundación?

5. ¿Qué implicaciones genéticas tienen la autofecundación y la fecundación cruzada?

6. ¿Se pueden considerar a las Pteridofitas (en sentido amplio) un grupo monofilético desde el punto de vista de su ciclo de vida?

7. ¿Son caracteres plesiomórficos o apomórficos la vernación circinada y el patrón de venación anastomosada de las hojas? ¿Cuál es el argumento?

PRÁCTICA 4

TIPOS DE ESTELE EN PTERIDOFITAS

INTRODUCCION

El **estele** es una estructura compuesta en gran parte de células verticalmente alargadas especialmente adaptadas para la **conducción** de agua y minerales, es el rasgo más distintivo de la anatomía de las plantas vasculares. El estele puede consistir de una sola línea de tejidos vasculares o de varias líneas separadas y esta usualmente rodeado de tejidos corticales compuestos mayormente de parénquima (Figura 1). A menudo los únicos tejidos estelares son el **xilema** y el **floema**; y en las clases más especializadas dos tejidos meristemáticos pueden estar presentes, el **cambium** y el **periciclo**. Esta disposición fue estudiada por Jeffrey a principios del siglo XX, en los tallos de las plantas que presentan sólo crecimiento primario y la denomino "estéla", vocablo de origen griego que significa columna. En general la estela difiere en un corte transversal del tallo y uno de la raíz, la estela del tallo es la más diversificada y de valor sistemático. Esta diversidad de tipos estelares del tallo se puede agrupar en dos grandes grupos: los derivados de la **protostela** (los haces se disponen en todo el radio del tallo, son las más primitivas) (Figura 2) y los derivados de la **sifonostela** (tallos con "médula" región central sin haces compuesta por diferentes tejidos según la familia) (Figura 3).

Los primeros a su vez se dividen en **haplosteles** (Figura 4), **actinosteles** (Figura 5) y **plectosteles** (Figura 6), mientras que los segundos se clasifican en **sifonosteles ectofloicos** (Figura 7), **sifonosteles anfifloicos** (Figura 8), **dictiosteles** (Figura 9), **eusteles** y **atactosteles**.

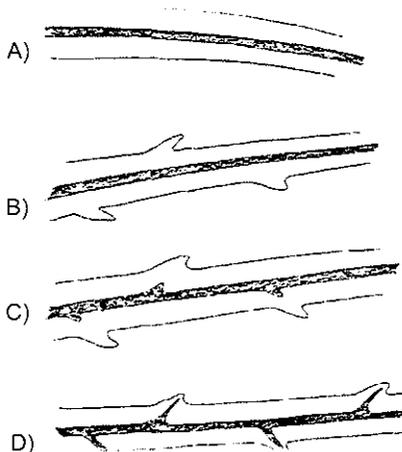


Figura 1. Tallos de plantas vasculares mostrando posición del estele en relación a las hojas. A) primitivo sin enaciones, B) primitivo con simples enaciones y sin conexiones al estele del tallo, C) enaciones con tejido vascular dentro de ellas, D) micrófila con nervadura y vena (Tomado de Pearson, 1995).

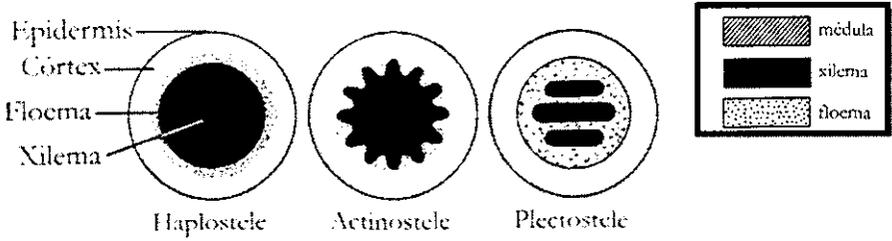


Figura 2. Clasificación de protosteles (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

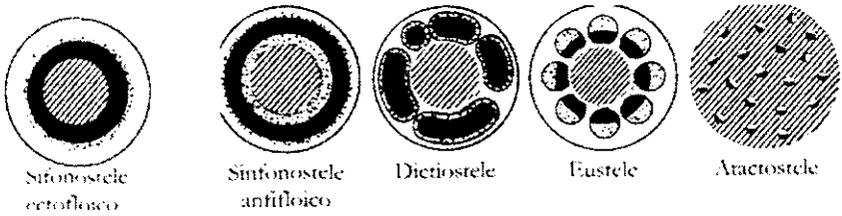


Figura 3. Clasificación de sifonosteles (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

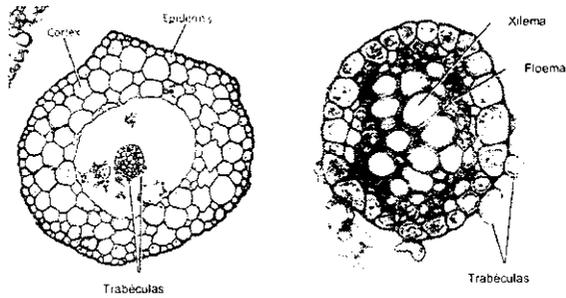


Figura 4. Corte transversal del tallo de *Selaginella* mostrando un haplostele (Tomado de Strasburger et al., 1997)

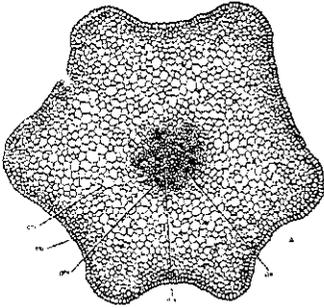


Figura 5. Corte transversal del tallo de *Psilotum* mostrando un actinosteles (Tomado de Scagel et al., 1987).

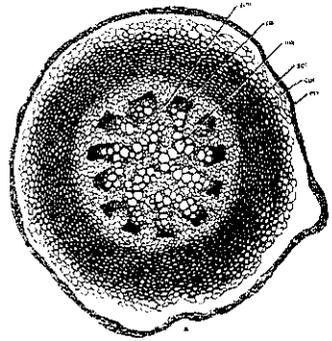


Figura 6. Corte transversal de tallo de *Lycopodium* mostrando un plectosteles (Tomado de Scagel et al., 1987).

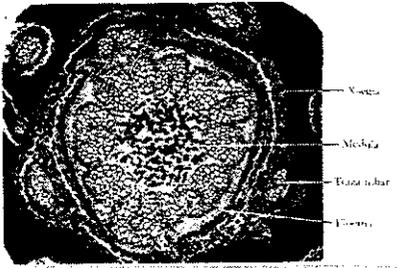


Figura 7. Corte transversal del tallo de *Osunda* mostrando un sifonosteles ectofloico. (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

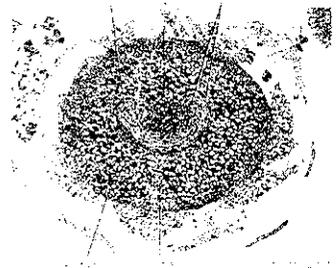


Figura 8. Corte transversal del rizoma de *Adiantum* mostrando un sifonosteles analfloico (Tomado de Strasburger et al., 1997).

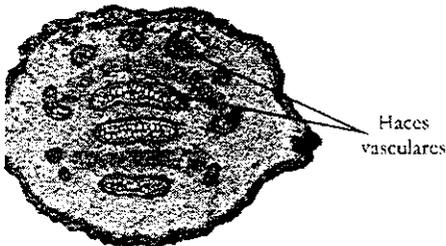


Figura 9. Rizoma de *Pteridium* mostrando un dictiocele (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

OBJETIVO

Observar los diferentes tipos de esteles que se presentan en las Pteridofitas.

MATERIAL

Material biológico (obtenido de las dos primeras prácticas de campo):

- Tallo maduro de *Lycopodium*.
- Tallo de *Equisetum*.
- Rizoma de *Polypodium*.

Material de laboratorio:

- Microscopio óptico.
- Microscopio estereoscópico.
- Caja de Petri.
- Pinzas de relojero.
- Agujas de disección.
- Porta y cubreobjetos.
- Gotero de plástico con agua.
- 2 navajas de afeitar nuevas.
- Un lienzo de algodón de 30 x 30 cm.

Sustancias (ver apéndice):

- Azul de metileno.
- Verde fijo.
- Safranina.

PROCEDIMIENTO

Nota: se recomienda realizar todos los cortes sobre un portaobjetos con una gota de agua, observando al microscopio estereoscópico.

a) Material fresco

1. Realizar cortes transversales de tallo y/o rizoma de cada una de las especies, seleccionar los 2 ó 3 cortes más delgados y colocarlos en un portaobjetos sobre una gota de agua, agregar una gota de safranina, dejarla durante 5 minutos y enjuagar el exceso de colorante con la ayuda de un gotero con agua, posteriormente agregar una gota de azul de metileno o verde fijo y enjuagar con agua el exceso de colorante. Colocar el cubreobjetos y observar al microscopio óptico la ubicación de los tejidos vasculares, la médula si es que se presenta, y la corteza. Mencionar qué tipo de estele tiene cada especie y en los esquemas señalar la ubicación de los tejidos mencionados.

RESULTADOS

1. Elaborar esquemas de los diferentes tejidos observados.

2. Definir brevemente el término estele y decir a partir de qué región del meristemo se origina.

3. Elaborar una tabla comparativa donde se señalen los tipos de esteles de los siguientes grupos de plantas vasculares: *Lycopodium*, *Equisetum*, *Polypodium*, una monocotiledónea, y una dicotiledónea.

TIPOS DE ESTELES EN PLANTAS VASCULARES	

4. Explicar las teorías extraestelar e intraestelar referentes al origen de la médula.

5. ¿Por qué en una misma planta se pueden presentar varios tipos de esteles?

PRÁCTICA 5.

MORFOLOGÍA DE LA DIVISIÓN LYCOPODIOPHYTA

INTRODUCCIÓN

La división Lycopodiophyta cuenta con los géneros vivientes de *Phylloglossum* (Figura 1), *Isoetes* (Figura 2), *Huperzia* (Figura 3), *Selaginella* (Figura 4) y *Lycopodium* (Figura 5). Son plantas vasculares que poseen raíz, tallo y hojas, pueden ser terrestres o epífitas. Las especies de *Lycopodium* y *Selaginella* tienen tallos protostéllicos y por lo general presentan ramificación dicotómica o pseudomonopodial. Las hojas son **micrófilas** (Figura 6) y pueden ser todas iguales “**isófilas**”, o de diferentes formas “**heterófilas**”. En algunos casos se presentan ramas especiales en el punto de ramificación de los tallos denominados **rizóforos**, en el extremo de las cuales se producen las raíces.

Las especies existentes son hierbas relativamente pequeñas con tallos cortos y alargados, a veces trepadores. El tallo (Figuras 7 y 8) es simple o más a menudo ramificado. La ramificación es dicotómica a simpodial o esencialmente monopodial. Las ramas se originan por bifurcación del meristemo. Las esporas se producen en **eusporangios**. Las hojas que llevan esporangios se llaman **esporófilas**, las cuales se encuentran sobre ramas similares a las ramas vegetativas o en ramas especializadas llamadas **estróbilos** (Figuras 9 y 10). Pueden ser plantas **heterospóricas** como *Selaginella* con germinación endospórica, o plantas **homospóricas** como *Lycopodium*, con germinación exospórica.

Clave para los Órdenes de Lycopsida, según Murillo, 1993

- a. Hojas arrosetadas; esporófilos con una fovea basal, heterospóricas..... Isoetales
- a. Hojas no arrosetadas; esporófilos sin fovea, isospóricas o heterospóricas..... b
- b. Plantas heterospóricas (esporas de dos clases); hojas dorsiventrales (heterófilas), con lígula..... Selaginellales
- b. Plantas isospóricas (esporas iguales); hojas dispuestas helicoidalmente (isófilas), sin lígula..... Lycopodiales

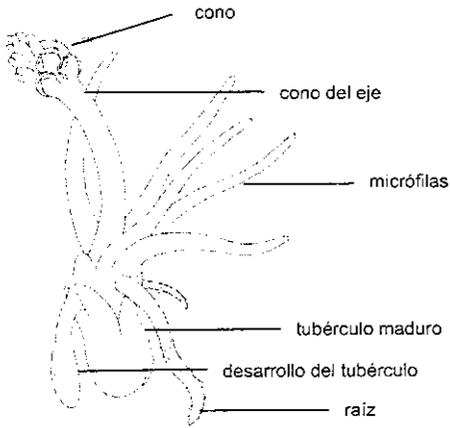


Figura 1. Esporófito fértil de *Phylloglossum* sp. (Tomado de Scagel et al., 1987).

Figura 2. Isoëtes. A) hábitat, B) la base de la hoja mostrando esporangio, ligula y velum, C) y D) megasporas (Tomado de McVaugh, 1992).

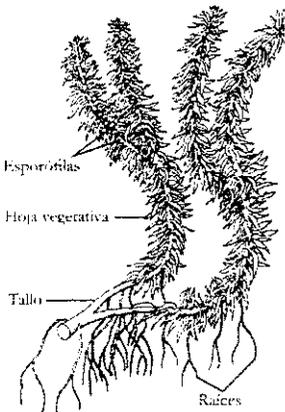
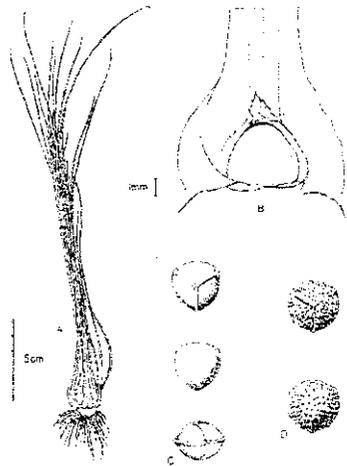


Figura 3. Planta completa de *Huperzia* (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

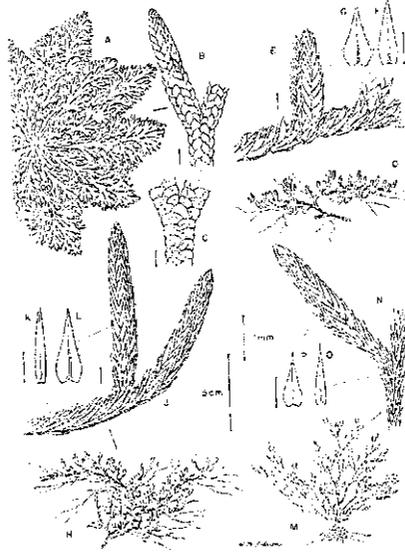


Figura 4. *Selaginella*. *Selaginella lepidophylla*. A) hábitat, B) superficie superior de la rama, C) superficie inferior de la rama. *Selaginella landii*. D) hábitat, E) rama, F) hoja vegetal, G) esporofito. *Selaginella wrightii*. H) hábitat, J) rama, K) hoja vegetal, L) esporofito. *Selaginella rupincola*. M) hábitat, N) rama, O) hoja vegetal, P) esporofito (Tomado de McVaugh, 1992).

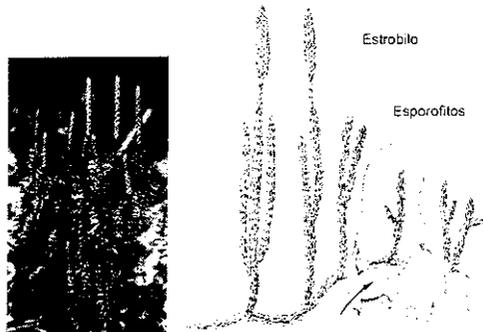


Figura 5. *Lycopodium* sp. Hábitat y esporofitos, la flecha apunta al esporangio (Tomado de Judd et al., 2010)

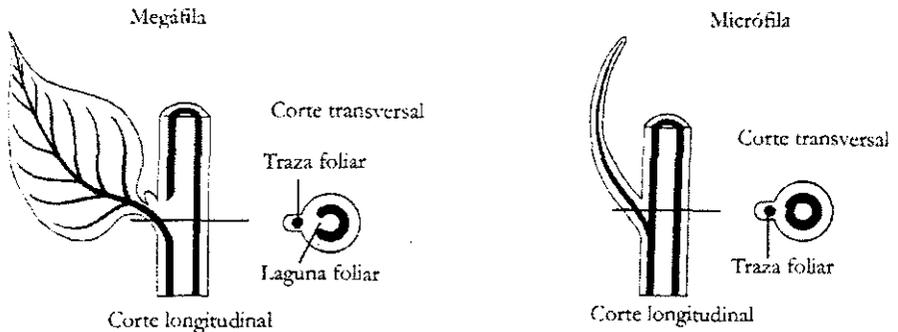


Figura 6. Cortes longitudinales y transversales de tallos con microfilas y megáfilas (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

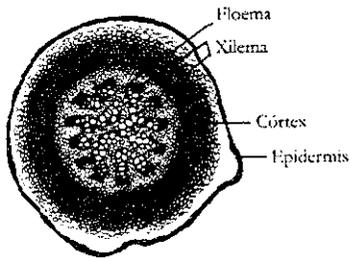


Figura 7. Corte transversal del tallo de *Lycopodium* (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

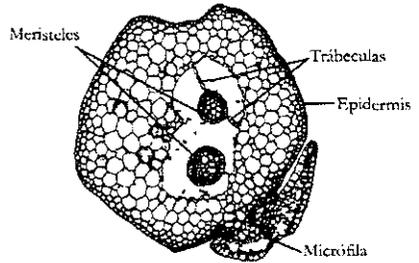


Figura 8. Corte transversal del tallo de *Selaginella* (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

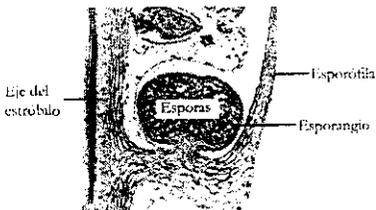


Figura 9. Corte longitudinal del estróbilo de *Lycopodium* (Tomada de Velázquez & Fonseca, 2009).

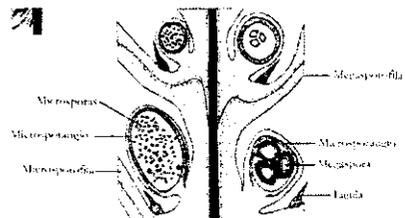


Figura 10. Corte longitudinal del estróbilo de *Selaginella* (Tomada de Velázquez & Fonseca, 2009).

OBJETIVO

Que el alumno observe e identifique las principales estructuras morfológicas de la División Lycopodiophyta.

MATERIAL

Material biológico:

- Ejemplares fértiles, frescos o herborizados de *Selaginella* (una especie heterófila, por ejemplo *S. pallescens* y una isófila, por ejemplo *S. rupincola*) y de *Lycopodium* (una especie con estróbilos, por ejemplo *L. clavatum* y una sin estróbilos, por ejemplo *L. reflexum*).

Material de laboratorio:

- Microscopio óptico.
- Microscopio estereoscópico.
- Una caja de Petri.
- Pinzas de relojero.
- 2 agujas de disección.
- Porta y cubre objetos.
- Gotero de plástico con agua.
- 2 navajas de afeitar nuevas.
- Un lienzo de algodón de 30 x 30 cm.

Sustancias: (ver apéndice)

- Azul de metileno.

PROCEDIMIENTO

Nota: se recomienda realizar todos los cortes sobre un portaobjetos con una gota de agua, observando al microscopio estereoscópico.

- a) Material herborizado y/o fresco. Realizar las siguientes observaciones en cada una de las especies y llevar un registro por separado en la tabla anexa.
 1. Observar al microscopio estereoscópico el ejemplar y determinar si sus hojas son iguales (especie isófila), o si son diferentes (especie heterófila), y qué tipo de filotaxia presenta.
 2. Observar en el microscopio estereoscópico los sitios donde se ramifican los tallos y mencionar si presentan rizóforos. En caso de que los presenten, observar si nacen en la región dorsal o ventral de los tallos y si tienen raíces en el extremo.
 3. Separar un par de hojas y colocarlas sobre un portaobjetos con una gota de agua. Observarlas en el microscopio estereoscópico al máximo aumento y con luz por abajo, así como al microscopio óptico al mínimo aumento para observar la venación.
 4. Localizar la región donde se encuentran los esporangios y observarla detenidamente al microscopio estereoscópico.
 5. Con la ayuda de las pinzas de relojero y observando al microscopio estereoscópico, colocar un esporangio en caso de que sean todos similares (o uno de cada tipo en caso de que sean diferentes) en un portaobjetos sobre una gota de agua, colocar un cubreobjetos, realizar un "squash" y decidir si la planta es homo o heterospórica.

6. Localizar los esporangios y determinar si son todos similares o diferentes en cuanto tamaño y contenido.
7. Una vez que se tenga el registro de las características de cada especie y con ayuda de la literatura, determinar a qué género corresponde cada una y anotarlo en la tabla de registros anexa.

RESULTADOS

1. Elaborar esquemas de todas las estructuras observadas y señalar sus nombres. Anotar el tipo de microscopio utilizado y en el caso del microscopio óptico el objetivo utilizado (10, 40 ó 100x).

2. Determinar de acuerdo a la venación observada en el punto número 4 del método si se trata de una micrófila o megáfila (figura 6).

3. De acuerdo a lo observado en el punto 5 del método, decir si la disposición y la forma de las esporófilas es distinta a la de las hojas que no tienen esporangios. Derivado de estas observaciones decidir si la planta presenta estróbilos o no (figuras 9 y 10).

4. Define rizoma, rizóforo y rizoide, anotar las diferencias entre ellos y citar un ejemplo de los taxa en donde se presente cada una de estas estructuras.

5. Aparte de los géneros que se estudiaron en esta práctica, ¿cuáles otros géneros de Lycopodiophyta viven en la actualidad? Mencionar su distribución geográfica y las características ambientales de los sitios donde crecen.

6. Decir qué es la homosporia y la heterosporia y ¿en qué géneros de esta división se presentan?

7. Esquematizar los siguientes representantes fósiles: *Lepidodendron*, *Protolepidodendron*, *Baragwanathia* y *Sigillaria*. Indicar a qué edades geológicas pertenecieron y los ambientes en donde se desarrollaron.

--	--

--	--

8. Explicar la importancia evolutiva y ecológica de la germinación endospórica. ¿Qué género(s) la presenta(n)?

9. Copiar un cladograma que represente las relaciones filogenéticas de este grupo de plantas con otros.

10. Completar la siguiente tabla de comparación correspondiente a los géneros de *Selaginella*, *Lycopodium*, *Isoetes* y *Phylloglossum*.

Características	<i>Selaginella</i>	<i>Lycopodium</i>	<i>Isoetes</i>	<i>Phylloglossum</i>
Homosporia/ Heterosporia				
Heterofilia/ Isofilia				
Con o sin ligula				
Disposición de hojas				
Presencia de estróbilos				
Presencia de rizóforos				
Micrófilias y Megáfili- lias				
Tipo de estele				

PRÁCTICA 6

MORFOLOGÍA DE LA DIVISIÓN EUISETOPHYTA

INTRODUCCIÓN

Esta división tiene un **único género** actual *Equisetum* (Figura 1). Presentan hojas verticiladas y casi todas tienen tallos distintamente verticilados y longitudinalmente estriados. Existen alrededor de 20 especies, ampliamente distribuidos en todo el mundo (excepto en Australia). En lugares húmedos o en aguas poco profundas.

Presentan **rizomas subterráneos** horizontales que se ramifican en ejes erectos y aéreos los cuales son fotosintéticos, su epidermis tiene **impregnaciones de sílice** en forma de dientecillos, lo que hace que su textura sea áspera al tacto. Estos ejes están formados por **nudos** y **entrenudos**, por lo que se dice que son articulados. En los nudos se localizan las **micrófilas**.

El tallo es verde y fotosintético, de menos de 3 cm de grueso, y rara vez muy por encima de un metro de alto. Las hojas tienen poca clorofila y parecen ser meras estructuras vestigiales cuya única función de cierta significación es proteger a los **meristemos intercalares** del tallo. Los entrenudos están formados por pliegues longitudinales formados por **crestas** que se alternan con zonas hundidas llamadas **valles**; en éstos se localizan los **estomas** (Figura 2) arreglados en hileras longitudinales.

El **estele** consiste de una médula grande, central, parenquimatosa rodeada por una red irregular de tejidos vasculares (Figura 3). Las raíces son delgadas y muy cortas. El gametofito es un talo en forma de cojinete.

Presentan **estróbilos** (Figura 4) apicales constituidos por esporangióforos (Figura 5) peltados formados por un pedúnculo que los ancla al eje del estróbilo y un escudo hexagonal en cuya cara interior cuelgan los esporangios.

Son plantas **homospóricas**, las esporas son liberadas a través de una línea de dehiscencia de cada esporangio y se dispersan por el viento con ayuda de apéndices higroscópicos llamados **eláteres**.

Los gametofitos (Figura 6) son dioicos y/o monoicos, de forma laminar, fotosintético y con rizoides para su fijación al sustrato.

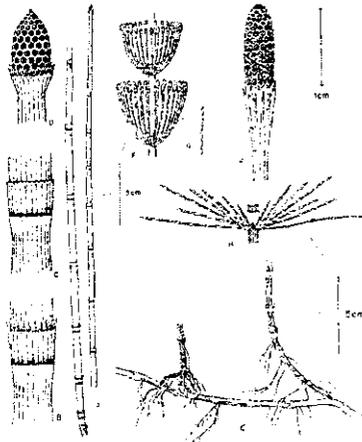


Figura 1. *Equisetum*. *Equisetum hyemale*. A) hábitat, B) nodo con hojas persistentes, C) nodo con hojas caducas, D) estróbilos, E) rizoma. *Equisetum myriochaetum*. F) espiga con verticilos de ramas fertiles, G) cresta con tuberculos, H) espiga con ramas vegetativas, I) estróbilos. (Tomado de McVaugh, 1992).

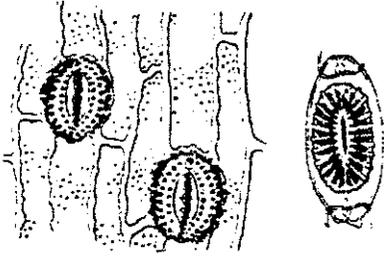


Figura 2. Estomas de *Equisetum*.
(Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

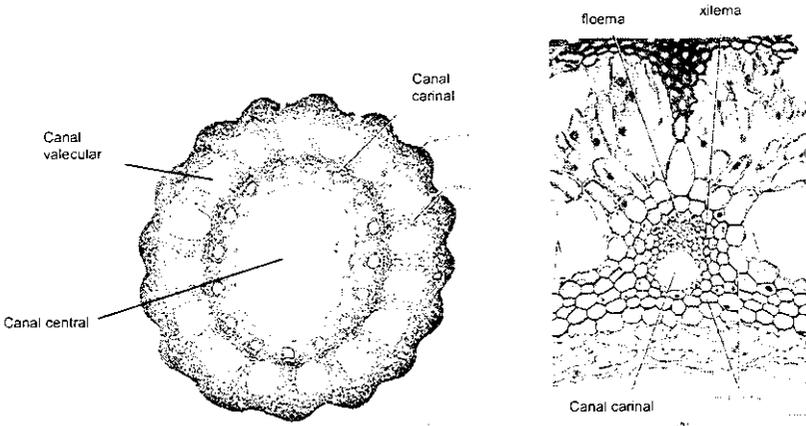


Figura 3. Anatomía del tallo de *Equisetum*. A) la sección transversal del vástago de *Equisetum*, que muestra tejido natural. B) detalle del hilo vascular, mostrando xilema y floema.
(Tomado de Strasburger et al., 1997).

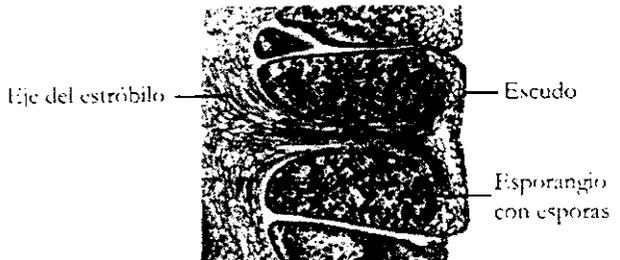


Figura 4. Corte longitudinal de estróbilos mostrando esporangióforos peltados con esporangios.
(Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).



Figura 5. Órganos reproductores de *Equisetum*. A) hábito de plantas portadoras de conos. B) esporangióforo aislado, presentando eje, disco peltado y esporangios recurvados. C) sección vertical de un esporangióforo aislado, mostrando masas de esporas dentro de dos esporangios. D) y E) vistas de las esporas, en D) con eláteres prietamente curvados alrededor de la endóspora y en E) eláteres expansionados. (Tomado de Scagel et al., 1987).

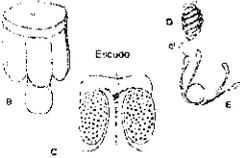
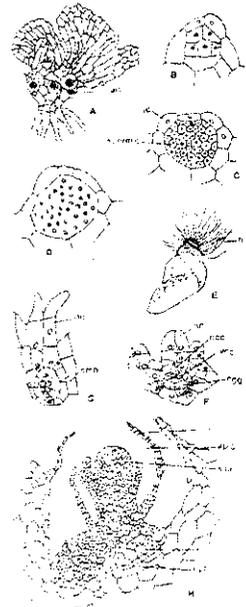


Figura 6. *Equisetum*. A) vista lateral del protalo, presentando anteridios (an) hacia la base de los lóbulos. B-D) etapas de maduración de los anteridios, mostrando células de la envoltura (jc) o células espermatógenas (esperma c). E) espermatozoide con flagelos (fl). F) sección vertical del arquegonio, revelando célula del cuello (nc), células del canal del cuello (ncc), célula del canal ventral (vcc) y óvulo (egg). G) sección vertical del arquegonio, indicando una fase inicial del embrión (emb) en el vientre. H) fase avanzada del embrión, poniendo de manifiesto primordio caulinar (spr) con hojas juveniles (l), célula apical grande (ap c), pie (f) y primordio radical (r pr). (Tomado de Scagel et al., 1987).



OBJETIVO

Que el alumno observe y reconozca las principales características morfológicas de la División Equisetophyta.

MATERIAL

Material biológico:

- Ejemplares herborizados de *Equisetum*.
- Estróbilos de *Equisetum*.

Material de laboratorio:

- Microscopio óptico.
- Microscopio estereoscópico.
- Una caja de petri.
- Pinzas de relojero.
- 2 agujas de disección.
- Porta y cubre objetos.
- Gotero de plástico con agua.
- 2 navajas de afeitar nuevas.
- Un lienzo de algodón de 30 x 30 cm.

Sustancias (ver apéndice):

- Azul de toluidina.

Preparaciones fijas:

- Anteridios.
- Corte longitudinal de estróbilo.
- Esporas.
- Gametofito (prótalo joven).
- Corte transversal de rizoma).

PROCEDIMIENTO

a) Material herborizado

1. Observar a simple vista la planta y localizar los estróbilos. Determinar su posición.
2. Observar al microscopio estereoscópico el ejemplar y localizar las hojas, observar la vaina que forman al unir sus bases. Determinar cuántas hojas son y cómo es su filotaxia.
3. Observar los ejes de *Equisetum* al microscopio estereoscópico y contar cuántos valles y crestas presentan. Realizar una observación cuidadosa al microscopio estereoscópico de los dientes situados en las crestas.
4. Colocar un estróbilo en la caja de Petri. Observar al microscopio estereoscópico los esporangióforos, separar uno de éstos y localizar los esporangios.
5. Separar un esporangio, colocarlo en un portaobjetos y colocar el cubreobjetos. Realizar un squash y observar las esporas al microscopio óptico. ¿Cuál es la posición de los eláteres sobre las esporas? Agregar una gota de agua por un lado del cubreobjetos y volver a observar. Ahora ¿cuál es la posición de los eláteres sobre las esporas?

6. Hervir un segmento de 1 cm de longitud del eje de *Equisetum*, con ayuda de las pinzas de relojero desprender un pedacito de la cutícula, colocarla sobre un portaobjetos, añadir una gota de azul de toluidina y colocar un cubreobjetos. Observar los estomas en el microscopio óptico.
7. Observar si las esporas son monoletes, triletes o aletes.

RESULTADOS

1. Elaborar esquemas de todas las estructuras observadas y señalar sus nombres. Anotar el tipo de microscopio utilizado y en el caso del microscopio óptico el objetivo utilizado (10, 40 ó 100x).

2. ¿En qué ambientes se encuentra *Equisetum*?

3. ¿De qué color son las esporas de *Equisetum* y que implicaciones ecológicas tiene este hecho?

4. Hubo algún aspecto de *Equisetum* que les haya llamado la atención ¿Por qué?

5. ¿Dónde están situados los anteridios y cuál es su número cromosómico?

6. ¿De qué material están formados los dientes observados en el eje y cuál es su función?

7. ¿Se consideran homólogos o análogos los eláteres de *Equisetum* y los de las hepáticas? ¿Por qué?

8. Desde el punto de vista filogenético: ¿Con qué grupo de plantas está más relacionado *Equisetum*?

PRÁCTICA 7.

MORFOLOGÍA DE LA DIVISIÓN POLYPODIOPHYTA**INTRODUCCION**

Esta división contiene el mayor número de especies de las Pteridofitas. Son los **helechos verdaderos**. Se pueden clasificar en **heterospóricos** y **homospóricos**. Los primeros viven en cuerpos someros de agua dulce, tienen **leptosporangios** que se localizan en estructuras cerradas llamadas **esporocarpos**. Presentan **microsporas** y **megasporas**, su germinación es **endospórica** y sus gametofitos son estrictamente dioicos. Comprenden cinco géneros agrupados en tres familias: **Marsileaceae**, **Salviniaceae** y **Azollaceae**. En esta práctica se consideraran solamente a los homospóricos los cuales se distribuyen en una gran variedad de climas, pero la mayoría se encuentra en lugares sombreados y húmedos, en regiones tropicales, subtropicales o templadas y producen un solo tipo de esporas. Algunas especies alcanzan una altura de más de 20 m, con un tronco de cerca de 60 cm de grueso. Pueden ser terrestres, rupícolas o epífitos, poseen **megáfilos**, llamados **frondas**, generalmente son peciolados, provistos de nervadura abundante (Figuras 1 y 2). El tallo, en general no presenta ramificación con división dicotómica y está cubierto de escamas (Figura 3). Las raíces se originan en el tallo, son individuales y más bien pequeñas, fibrosas y simples o ramificadas.

Los **esporangios** (Figura 4) generalmente se forman en el envés de las frondas o en apéndices asociados con las frondas y están agrupados en **soros** (Figura 5), **espigas**, **cenosoros** y **sinangios**, y éstos a su vez usualmente están cubiertos por una delgada membrana protectora llamada **indusio** (Figura 6). Con base en la estructura y ontogenia de los esporangios, los helechos se dividen en **eusporangiados** y **leptosporangiados**. En el primero no hay un mecanismo muy especializado de dehiscencia, no presentan anillo y en cada esporangio hay un número indefinido de esporas. En el segundo la dehiscencia (Figura 7) se debe a cambios higroscópicos y a menudo hay un número pequeño y definido de esporas que varía de 16 a 64, presentan un conjunto de células modificadas que forman el **anillo** (Figura 8), el cual es una estructura higroscópica que ayuda a la dispersión de las esporas. Presentan **monoletes** o **triletes** y su germinación es **exospórica**. El **gametofito** o **prótalo** siempre es pequeño e inconspicuo. En eusporangiados tiene varias células de grueso y mide de 2-5 cm de largo. En leptosporangiados, el tipo más común es un talo verde delgado, plano, más o menos corazonado. Son fotosintéticos y generalmente son monoicos, sin embargo, algunos gametofitos son subterráneos y viven en asociación simbiótica son hongos endofíticos. Después de que se realiza la fecundación, el **esporofito** joven depende del gametofito durante un breve periodo de tiempo, luego el gametofito muere y el esporofito se desarrolla hasta llegar a ser una planta adulta.

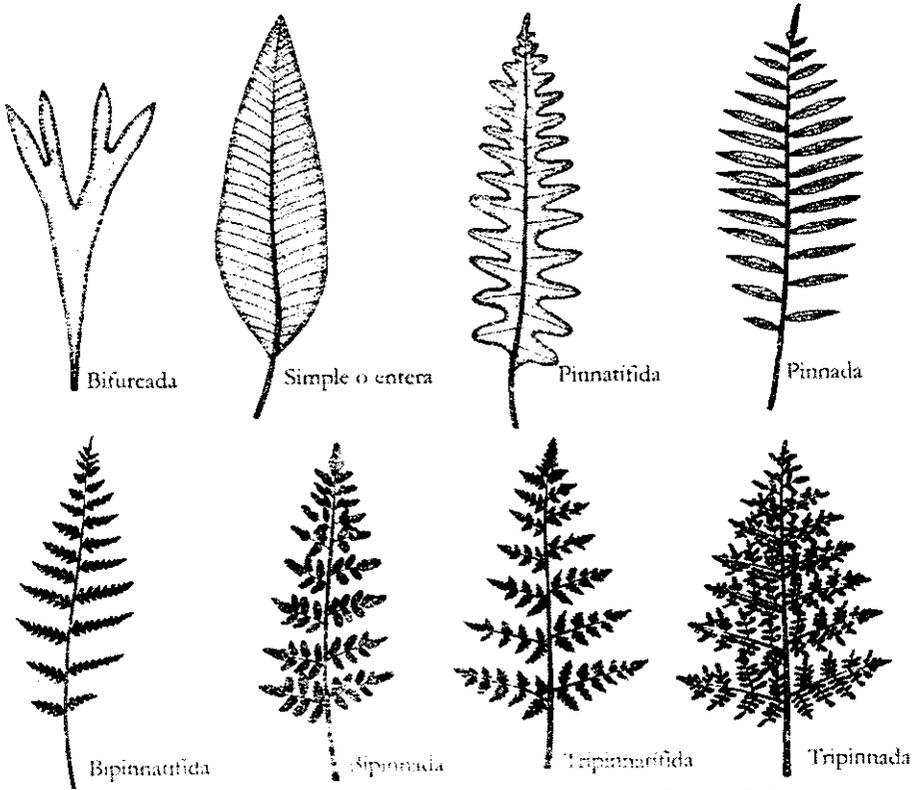


Figura 1. Tipos de división de la lámina (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

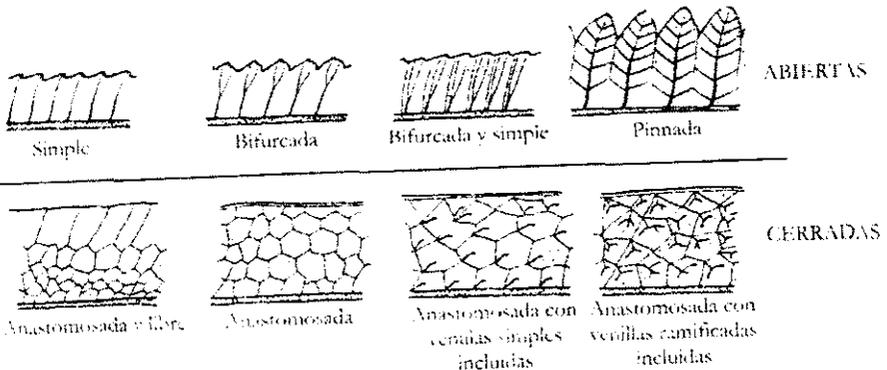


Figura 2. Tipos de venación de las hojas. (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

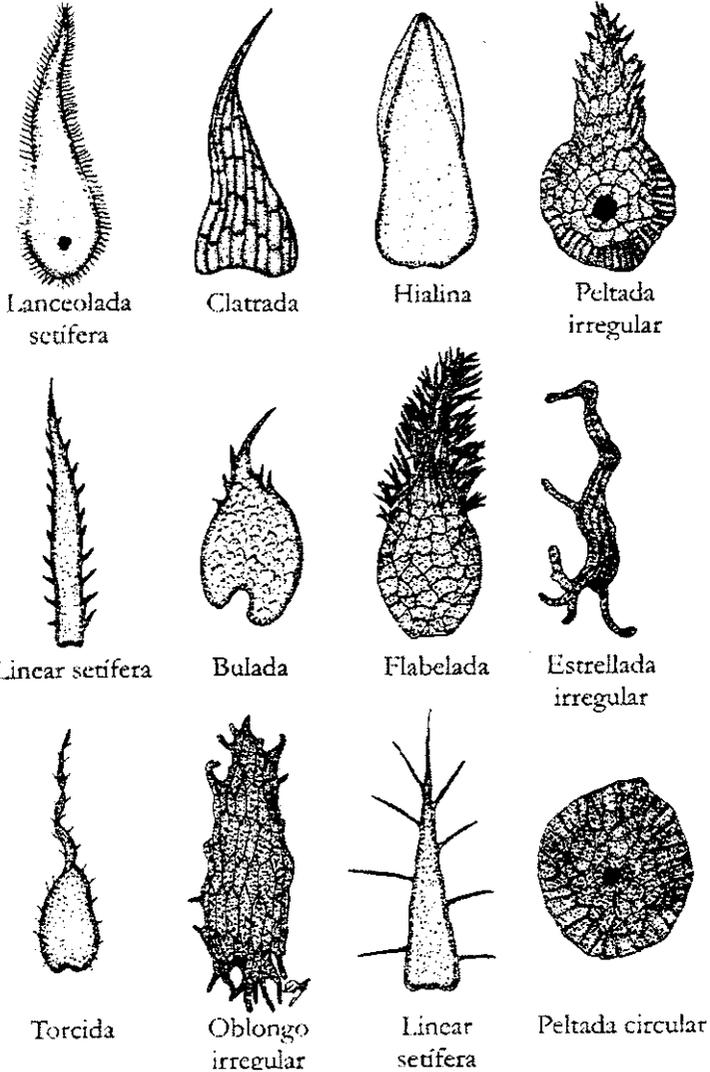


Figura 3. Tipos de escamas de helechos.
(Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

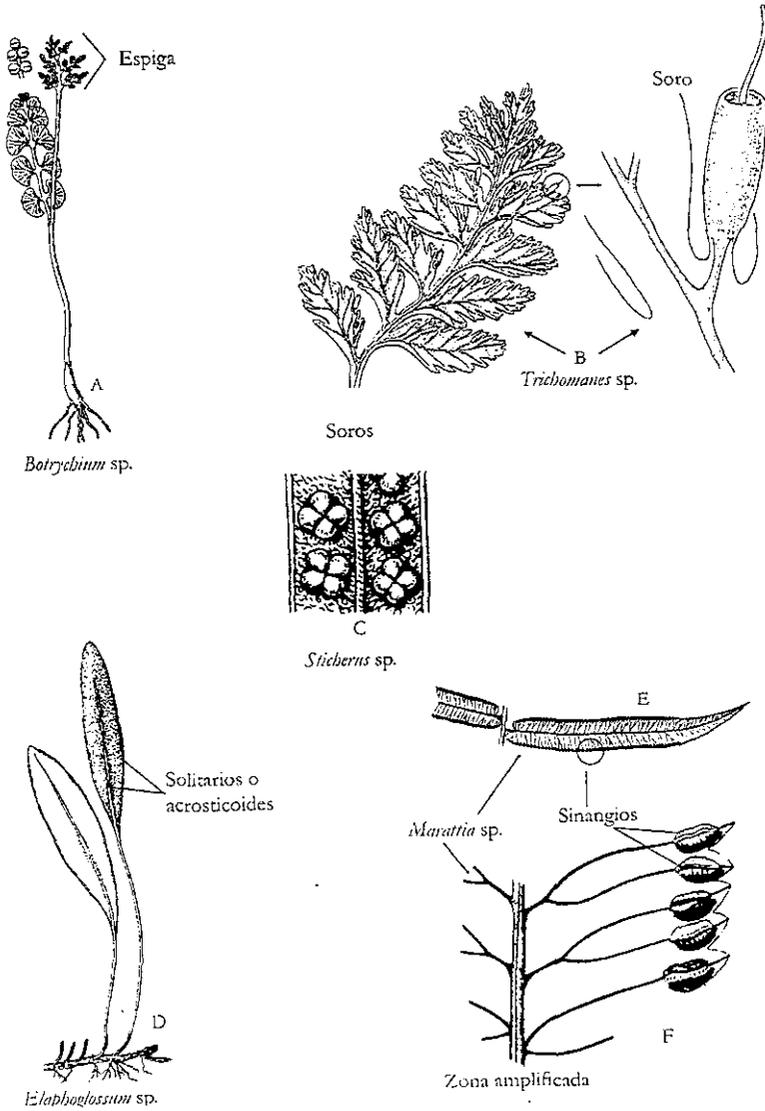


Figura 4. Disposición de esporangios A) *Botrychium* sp., B) *Trichomanes* sp., C) *Sticherus* sp., D) *Elaphoglossum* sp., E) y F) *Marattia* sp. (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).



Figura 5. Ejemplos de la disposición en que se pueden encontrar los soros en las hojas (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

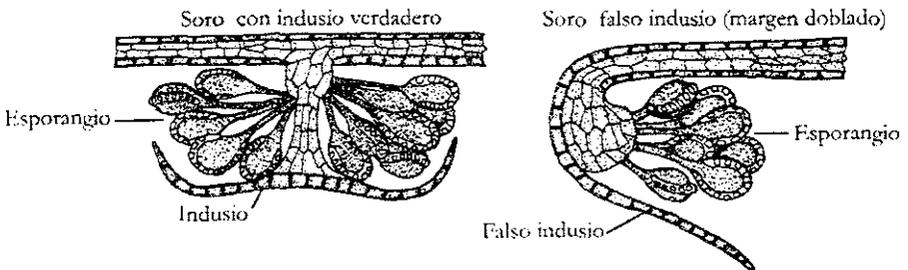


Figura 6. Tipos de indusio. Corte transversal de soros (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

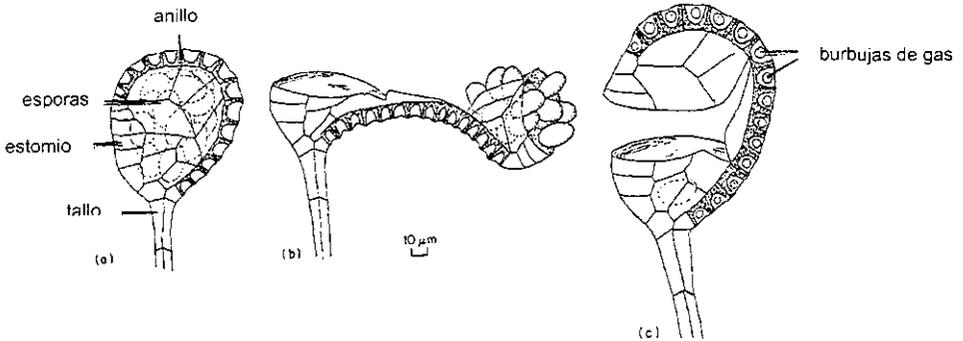


Figura 7. Dehiscencia de *Dryopteris* a) muestra el esporangio cerrado lleno de esporas, b) muestra cuando el esporangio se abre para liberar las esporas, c) muestra el esporangio cuando cierra después de liberar las esporas (Tomado de Bell & Hemsley, 2000).

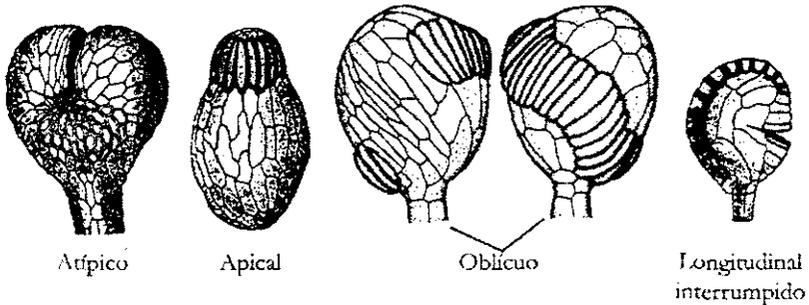


Figura 8. Tipos de anillos (Tomado de Velázquez & Fonseca, 2009).

OBJETIVO

Que el alumno observe e identifique las principales características de la División Polypodiophyta.

MATERIAL

Nota: Los gametofitos cultivados se pueden obtener de la práctica 3 en este manual. Los esporofitos silvestres se pueden localizar en diversas zonas húmedas, sin embargo, para que se encuentren fértiles, se recomienda que se busquen durante la época de lluvias.

Material biológico:

- Ejemplares herborizados de los siguientes géneros: *Marattia*, *Elaphoglossum* o *Acrostichum*, *Dryopteris* o *Polypodium*, *Adiantum* o *Pteridium*, *Trichomanes* o *Hymenophyllum*, *Anemia* o *Lygodium*.
- Gametofitos de helechos homospóricos cultivados o silvestres.

Material de laboratorio:

- Microscopio óptico.
- Microscopio estereoscópico.
- Una caja de Petri.
- 2 agujas de disección.
- Porta y cubreobjetos.
- Gotero de plástico con agua.
- 2 navajas de afeitar nuevas.
- Un lienzo de algodón de 30 x 30 cm.

Sustancia (ver apéndice):

- azul de metileno.

PROCEDIMIENTO

- a) Material herborizado. Realizar las siguientes observaciones y anotarlas en el cuadro anexo (página 49).
1. Disposición de esporangios. Observar al microscopio estereoscópico si los esporangios están agrupados en espigas, sinangios, soros o solitarios cubriendo toda la superficie abaxial de la lámina.
 2. División de la lámina. Determinar si los frondes son simples, pinnadas, bipinnadas, etc.
 3. Venación. Determinar si la venación es cerrada o abierta. En caso de que no sea visible cortar un fragmento aproximadamente de 1 cm², hidratarlo hirviéndolo durante 30 seg. en un vaso de precipitados. Colocarlo en una caja Petri y observarlo en un microscopio estereoscópico con luz por abajo.
 4. Escamas del rizoma. Observar al microscopio estereoscópico el tipo de escamas que cubren a los rizomas y mencionar de qué tipo son.
 5. Tipos de indusios. Observar al microscopio estereoscópico si los esporangios presentan indusio y si éste es falso o verdadero.
 6. Tipos de anillos. Con ayuda de las pinzas de relojero raspar los soros y/o esporangios desde su base, colocarlos sobre un portaobjetos con una gota de agua, colocar un cubreobjetos y observar al microscopio óptico los diferentes tipos de anillos.
 7. Pared del esporangio. En cada una de las preparaciones anteriores observar si la pared es uniestratificada y transparente (leptosporangio) o pluriestratificada y opaca (eusporangio).
 8. Número de esporas por esporangio. En cada una de las preparaciones anteriores elegir un esporangio completo, realizar un "squash" y mencionar si el número de esporas es contable (aproximadamente 64 o incontable).
- b) Gametofitos
1. Colocar dos gametofitos de helechos lavados en un portaobjetos con una gota de agua, uno con la parte ventral hacia abajo y otro con la parte ventral hacia arriba, observar al microscopio estereoscópico la forma general, la presencia de rizoides, su tamaño relativo y la presencia o ausencia de primordio foliar.
 2. Observar el gametofito que presenta la parte ventral hacia arriba al microscopio óptico y determinar si presenta anteridios y/o arquegonios.

RESULTADOS

1. Elaborar esquemas de los gametofitos observados en el punto b) de procedimiento.

2. Elaborar esquemas de los anteridios y arquegonios observados en el punto c) de procedimiento.

--	--

3. Considerando el cuadro que se realizó en la práctica y la literatura pertinente, mencionar ¿cuáles son las principales diferencias entre los helechos Eusporangiados y los Leptosporangiados?

4. Definir los siguientes términos: falso indusio, anillo, prótalo y vernación circinada.

5. ¿Qué tipos de estele presentan los helechos arborescentes (Cyatheaaceae o Dicksoniaceae)? Elaborar los esquemas correspondientes y describirlos.

--	--

6. Muchos de los gametofitos de helechos terrestres son semejantes morfológicamente a algunos gametofitos de anterocerotes y hepáticas talosas. Esta semejanza ¿implica relación filogenética?

7. ¿Cómo son los gametofitos de la familia Ophioglossaceae?

Género	Arreglo de esporangios: espigas, sinangios, soros, solitarios, etc.	División de la lámina: simple, pinnada, etc.	Tipo de venación	Tricomas o escamas del rizoma	Indusio: falso, verdadero o ausente	Presencia o ausencia de anillo	Pared del esporangio: uni o pluriestratificada	Número de esporas por esporangio: 64 o incontable
<i>Marattia</i>								
<i>Elaphoglossum</i> o <i>Acrostichum</i>								
<i>Dryopteris</i> o <i>Polypodium</i>								
<i>Adiantum</i> o <i>Pteridium</i>								
<i>Trichomanes</i> o <i>Hymenophyllum</i>								
<i>Anemia</i> o <i>Lygodium</i>								

APÉNDICE

Sustancias y colorantes utilizadas en este manual

AZUL DE METILENO

Azul de metileno.....	0.3 g
Alcohol etílico.....	30 ml
Agua destilada.....	100 ml
Hidróxido de potasio.....	0.01 g

AZUL DE TOLUIDINA

Azul de toluidina.....	50ml
Agua destilada.....	100ml

FIJADOR FAA

Ácido acético glacial.....	5 ml
Formaldehído (37-40%).....	10 ml
Etanol.....	50 ml
Agua destilada.....	35 ml

FLOROGLUCINA

Floroglucina.....	0.1 g
Alcohol etílico al 96%.....	10 ml

HIPOCLORITO DE SODIO

"Clarasol" comercial al 100%

SAFRANINA

Safranina.....	0.25 g
Alcohol etílico al 96%.....	10 ml
Agua destilada.....	100 ml

VERDE RÁPIDO

Solución A: Solución saturada de verde rápido
en alcohol absoluto.....1 parte
Metilcelosolve en igual cantidad
de alcohol absoluto.....1 parte

Solución B: Alcohol absoluto.....25 partes
Aceite de clavo.....75 partes
*se mezclan ambas soluciones

SUDÁN III

Acetona.....	50ml
Alcohol etílico al 70%.....	50ml
Sudán III (a saturación).....	0.2% aproximadamente

ANEXO
CLAVES PARA IDENTIFICAR PTERIDOPHYTAS EN NUEVA GALICIA
McVaugh (1992)

1.	Plantas sin raíces u hojas verdaderas (enaciones presentes sin venas); tallos aéreos, verde, ramificación dicotómica; esporangio trilobular.....	<i>Psilotum</i>
1.	Las plantas con raíces (excepto en <i>Trichomanes</i> , un helecho con hojas compuestas membranosas) y hojas, tallos diferentes, a menudo postrado o subterráneo, rara vez ramificados dicotómicamente; esporangios uniloculares.....	2
2.	Hojas con una sola vena sin ramificar.....	3
2.	Hojas con venas ramificadas.....	6
3.	Hojas en verticilos de 10 o más, unidos a partir de vainas dentadas en los nudos, tallos huecos, ranuras y surcos.....	<i>Equisetum</i>
3.	Hojas dispuestas en espiral o raramente verticiladas en 4s, no unido y revestimiento en los nodos, tallos sólidos, no ranurados.....	4
4.	Acuáticas enraizadas, la mayoría se encuentra en filtraciones o depresiones donde el agua se estanca en la temporada de lluvia; las hojas en una roseta basal, lineales o subuladas, de hasta 12-30 cm de largo, dilatando y encerrando los esporangios en la base.....	<i>Isoëtes</i>
4.	Plantas terrestres, epífita, no acuáticas; hojas de menos 3 cm de largo, lineales u oblongas u ovadas, caulinarías, los esporangios se encuentran en las axilas de brácteas especializadas o en hojas sin modificar en las puntas de las ramas.....	5
5.	Esporófilos tipo bráctea, estróbilos de 4 lados (conos); plantas heterospóricas; hojas lineales a ovadas.....	<i>Selaginella</i>
5.	Esporófilos similares o idénticos a las hojas vegetativas (a veces más pequeñas) o los conos circulares en sección transversal; plantas homospóricas; hojas usualmente lineales.....	<i>Lycopodium</i>
6.	Plantas flotantes o acuáticas enraizadas.....	7
6.	Plantas terrestres (a veces en tierras muy húmedas, como <i>Osmunda</i>), epipetricas o epifitas.....	10
7.	Hojas no mayores a 2 cm de largo; plantas flotantes en el agua o yaciendo en fango.....	8
7.	Hojas (incluyendo el estípite) comúnmente de 5 cm de largo o mayor; plantas enraizadas en fango.....	9
8.	Hojas flotantes vegetativas oblongas a orbiculares, 2 en un nodo, 1-2 cm de largo, peluda en la superficie adaxial.....	<i>Salvinia</i>
8.	Hojas imbricadas en 2 filas de esbeltos tallos ramificados, 1-2 mm de largo, glabro.....	<i>Azolla</i>

MANUAL DE PTERIDOFITAS

9.	La mayoría de las hojas de 5-18 cm de altura, con 4 delgadas cuneadas en forma de abanico en la punta del estípite, parecida al trébol; plantas heterospóricas, con esporangia en forma de nuez esporocarpos en la base del estípite.....	Marsilea
9.	Comúnmente hojas de 1.5-3.5 m de alto, pinnadas, con muchas hojas coráceas; plantas homospóricas, con esporangios que cubren la superficie abaxial de la hoja.....	Acrostichum
10.	Los esporangios nacen en espigas erectas o panículas cerca de la base de la parte vegetativa de la lámina de la hoja.....	11
10.	Los esporangios nacen en la superficie abaxial de la hoja, o por lo menos no en espigas o panículas erectas desde la base, pero a veces en hojas modificadas o partes de la fronda.....	13
11.	Panículas fértiles erectas, plantas no carnosas, rizoma en la superficie de la tierra, raíces nervudas....	Anemia
11.	Porción fértil erecta, planta carnosa por lo menos hacia la base, tallo subterráneo recto carnoso; raíces carnosas.....	12
12.	Hoja simple vegetativa, entera; la parte fértil de la hoja es una espiga.....	Ophioglossum
12.	Hoja vegetativa compuesta, diversamente disectada; la parte fértil de la hoja es una panícula.....	Botrychium
13.	Hojas escaladas, el raquis alargado, o crecimiento indefinido, aleatoriamente o entrelazando.....	Lygodium
13.	Hojas no escaladas, pero a veces repetidamente bifurcadas y desmadejadas.....	14
14.	Hojas que se bifurcan dicotómicamente.....	15
14.	Las hojas no siempre se bifurcan dicotómicamente, en pocos géneros el raquis a veces se bifurca en la punta.....	16
15.	Terrestre, seguido en hábitats soleados, las hojas de 0.7-4 m de alto, con un bastoncillo o un continuo crecimiento en las axilas de las bifurcaciones; todas las hojas son iguales; esporangios nacidos en soros redondos sobre la superficie abaxial de la hoja.....	Gleichenia
15.	Epífita en bosques húmedos, las hojas de 5-12 cm de largo, sin bastoncillo en las axilas de las bifurcaciones; hojas dimórficas, las hojas fértiles son más largas que las infértiles y casi no divididas; los esporangios cubren la superficie abaxial de hoja fértil.....	Peltapteris
16.	Los esporangios son de pared gruesa, estrechamente fusionados en una sola estructura (sinangio), esto con 12-16 lóculos que se abren y exponen los esporangios individuales; hojas carnosas de 2 a 4 m de largo, con estípulas conspicuas masivas en la base (estos rara vez presentes en especímenes de herbarios).....	Marattia

MANUAL DE PTERIDOFITAS

16.	Esporangios no fusionados en un sinangio; hojas membranosas a coriáceas, pero conspicuamente carnosas; sin estípulas.....	17
17.	Hojas fértiles e infértiles desiguales, porciones fértiles de la fronda o toda la fronda modificada y esporangios redondos.....	18
17.	Frondas fértiles e infértiles todos por igual (monomórficos).....	22
18.	Hoja fértil sencilla y esencialmente completa; hoja estéril similar, comúnmente con una lámina más amplia y estípite proporcionalmente más corto.....	<i>Elaphoglossum</i>
18.	Hoja fértil o porción de la hoja compuesta.....	19
19.	Parte estéril de la hoja dos veces pinnada, la parte fértil confinada más o menos al cuarto distal; rizoma y hoja vestidos de pelos.....	<i>Osmunda</i>
19.	Fronda estéril profundamente pinnatifida y pinnada a la vez; las frondas fértiles distintas; rizoma escamoso o desnudo, hoja glabra, escamosa o peluda....	20
20.	Hoja estéril profundamente pectinado-pinnatifido; venas libres.....	<i>Plagiogyria</i>
20.	Hojas estériles 1-3 veces pinnadas; venas compensadas.....	21
21.	Fronda fértil una vez pinnada.....	<i>Bolbitis</i>
21.	Fronda fértil 2-3 veces pinnadas.....	<i>Onocleopsis</i>
22.	Esporangios limitados al par de pinnas basales; que tienen la lámina ligeramente contraída.....	<i>Anemia</i>
22.	Los esporangios no se limitan al par de pinnas basales.....	23
23.	Soros marginales o submarginales en la fronda.....	24
23.	Soros en la parte abaxial de la hoja, a lo largo de las venas o del nervio central, o extendido a través de toda la superficie.....	38
24.	Soros en vasos o tubos marginales o submarginales, o en un valle submarginal frente al margen, el margen de la fronda no está recurvado.....	25
24.	Soros que no se encuentran en bolsas frente al margen sino cubiertos por el margen recurvado de la hoja (indusio falso), o abierto sin dicha cubierta.....	28
25.	Lámina muy fina (una célula de espesor), soros sostenidos por un involucre de forma de copa o tubular con margen entero o bilobulado; esporangios unidos a un eje alargado (receptáculo), esto suele prolongarse más allá del involucre.....	26
25.	Lámina de más de una célula de espesor, involucre bilvado, forma de copa o de artesa; receptáculo no muy prolongado.....	27
26.	Involucre alargado; receptáculo generalmente exerta como una cerda mas allá de los involucros.....	<i>Trichomanes</i>
26.	Involucre con forma de copa a bilvado, los lóbulos redondeados; receptáculo no exerta.....	<i>Hymenophyllum</i>

MANUAL DE PTERIDOFITAS

27.	Los soros continúan más a lo largo del margen que ancho.....	<i>Lindsaea</i>
27.	Soros interrumpidos, cortos, en forma de copa, ubicados dos veces más a lo largo del margen que a lo ancho.....	<i>Dennstaedtia</i>
28.	Rizoma peludo, por lo general a lo largo rastrero, hojas gruesas, a menudo de más de 1 m de largo; hojas altamente deltoides.....	<i>Pteridium</i>
28.	Rizoma con escamas, corto rastrero a erecto; hojas diferentes, comúnmente miden menos de 1 m de largo, en la mayoría la hoja es lineal a elíptica o lanceolada, deltoides con poca frecuencia.....	29
29.	Hoja completa simple, lineal a estrechamente elípticas; soros sin indusio.....	30
29.	Hoja completamente pinnada a dividida varias veces pinnadamente, falso indusio que consiste en los márgenes enrollados	31
30.	Hoja lineal, de 0.8-2 mm de ancho, con una sola hilera de areolas entre el nervio central y el margen..	<i>Vittaria</i>
30.	Hoja lineal a elíptica, de 5-11 mm de ancho, con 2-3 hileras de areolas entre el nervio central y el margen.....	<i>Ananthacorus</i>
31.	Los esporangios nacen en la superficie abaxial en las porciones curvadas del último segmento de la hoja, y ocultos debajo de ellas.....	<i>Adiantum</i>
31.	Esporangios cubiertos por el margen pero no nacieron en la superficie del falso indusio.....	32
32.	Las puntas de las venas fértiles conectadas por una comisura marginal continua que lleva los soros; venas libres o en redes, esporas con un reborde o pestaña ecuatorial superficie; la superficie adaxial de la hoja a menudo tiene aristas delgadas en los puntos donde el raquis se divide; frondas pequeñas o grandes desde 0.2-2 (-5) m de largo.....	<i>Pteris</i>
32.	Las puntas de las venas fértiles son libres, no se conectan por una comisura marginal; venas libres; esporas que carecen de una pestaña ecuatorial; sin aristas, hojas pequeñas y medianas, en su mayoría menor de 60-65 cm de largo.....	33
33.	Estípote y raquis plagado de escamas anchas de hasta 2-4 mm de ancho; los segmentos foliales, por lo menos los fértiles parecen cuentas, con márgenes fuertemente enrollados; estípote con varios haces vasculares; esporas bilaterales, plantas en altas elevaciones de 2600-3350 m de altura.....	<i>Plecosorus</i>
33.	Estípote y raquis plagado de escamas estrechas o sin ellas; los segmentos foliales (excepto en unas pocas especies de <i>Cheilanthes</i>) rara vez parecen cuentas; estípote con 1-2 haces vasculares; esporas tetraédricas; diversos hábitats.....	34

34.	Una ranura en la superficie adaxial del estípite y del raquis con pelos cortos claviformes; soros marginales cubiertos por un falso indusio, segmentos fóliales en un margen falso que se proyecta más allá de la indusio.....	Mildella
34.	La ranura en la superficie adaxial del estípite y del raquis no tiene pelos claviformes; y carece de un margen falso.....	35
35.	Lámina abaxialmente glabra; estípite color pajizo y la lámina pinnada a tripinnada con los segmentos ovados o sagitados, si llega a ser de color guinda entonces la lámina ternada o bipinnada y el número de segmentos que forman la pinna igual a tres pares o menor.....	Pellaea
35.	Estípite color guinda o castaño, si es de color café más claro o amarillo después glandular-viscoso, pinnas no ternadas, rara vez simplemente pinnadas; ejes foliares a menudo con escamas.....	36
36.	Soros cortos (alrededor de 0,5 mm de largo), discreto, no continuo; hojas glabras excepto por los pelos ralos de menos de 0.1 mm de largo, membranosas...	Adiantopsis
36.	Soros continuos o si son discretos, la hoja es firme a coriácea; hojas escamosas, peludas, o glabras; varios ejes.....	37
37.	Falso indusio continuo o interrumpido, amplio a reducido, esencialmente plana, membranosas; segmentos fóliales parecidos a cuentas o lineales, hojas pinnadas a quadripinnadas.....	Cheilanthes
37.	Falso indusio continuo, amplio, convexo, coriáceas; segmentos foliares deltoide o anchamente lanceoladas a oblongo-lanceoladas; hojas pinnadas-pinnatifidas a bipinnadas-pinnatifidas	Cheilopteron
38.	Soros repartidos en toda la superficie abaxial de la hoja.....	39
38.	Soros discretos o a lo largo de las venas, pero no se extiende a través de toda la superficie.....	40
39.	Hoja sin dividir; frondas de no más de 60 cm de largo; plantas epifitas, rupícolas o terrestres.....	Elaphoglossum
39.	Hoja pinnada una vez; fronda de 1.5-3.5 m de largo; plantas de pantanos.....	Acrostichum
40.	Sin indusio, los soros alargados a lo largo de las venas.....	41
40.	Indusio generalmente presente, y si carecen de indusio el soro es redondo.....	53
41.	Hoja simple y sin lobular; plantas epifitas, rara vez en las rocas, por lo general cubierta de escamas clatratas.....	42
41.	Hojas de simples y profundamente lobuladas a tripinnadas; varios hábitats; sin escamas caltratas.....	45

MANUAL DE PTERIDOFITAS

42.	Los soros se extienden a lo largo de la fronda en 2 ranuras largas, 1 a cada lado de la vena media.....	43
42.	Los soros no se extienden a lo largo de la fronda, se encuentran paralelamente a la vena central o en un ángulo respecto a ella.....	44
43.	Hoja lineal, de 0.8-2 mm de ancho, con una sola hilera de areolas entre el nervio central y el margen..	Vittaria
43.	Hoja lineal a elíptica, de 5-11 mm de ancho, con 2-3 hileras de areolas entre el nervio central y el margen	Ananthacorus
44.	Rizoma con pequeñas escamas, redondo; hoja con pequeñas escamas; soros alargados paralelos a la vena media.....	Pleopeltis
44.	Rizoma con escamas lineales-lanceoladas, glabras; fronda glabra; soros alargados con una ligera inclinación a la vena media, pelos en las raíces y rizomas robustos, rígidos.....	Loxogramme
45.	Hojas simples, palmeadas (rara vez pinnadas) lobuladas, sin cera en la superficie abaxial.....	46
45.	Hoja pinnada una vez, o más dividida, puede o no tener cera en la superficie abaxial.....	47
46.	Venas en red; esporangios sobre todo el largo de las venas; esporas equinada.....	Hemionitis
46.	Venas libres; esporangios sobre ¼ a ¾ de lo largo de la vena; esporas granuladas.....	Bommeria
47.	Hoja con cera en la superficie abaxial, glauco a blanco o amarillo.....	48
47.	La hoja sin cera.....	49
48.	Los esporangios están en la superficie abaxial, y se extienden a todo lo largo de las venas, no se concentran cerca del margen; estípites con 2 haces vasculares; hoja glabra que miden 30-115 cm de largo...	Pityrogramma
48.	Los esporangios se encuentran cerca del margen hacia los extremos de las venas, formando una banda de 0.5-1.5 mm de ancho; estípites con 1 haz vascular; hoja con escamas o glabras; frondas 6-40 cm de largo.....	Cheilanthes
49.	Hoja bipinnadas a cuadripinnada, glabros excepto en la base, hojas de 31 cm de largo o menos; tallo (rizoma) poco desarrollada de aprox. 1 mm de diámetro, poco visible.....	Anogramma
49.	Hoja pinnada una vez a pinnada-pinnatifida, glabras a pilosas o escamosas; frondas de 30-100 cm de largo; rizomas bien desarrollados.....	50
50.	Superficie abaxial de la hoja densamente vestida con escamas o pelos.....	Cheilanthes
50.	Superficie abaxial de la hoja glabra o con escasos pelos.....	51
51.	Hoja pinnada una vez, glabra; soros de 5-14 mm de largo.....	Hemionitis

MANUAL DE PTERIDOFITAS

51.	Hoja pinnada-pinnatifida, con pelos aciculares; soros 1-4 mm de largo.....	52
52.	Lámina con todas las pinnas libres; venación libre tipo meniscoide; dos haces vasculares en el peciolo.....	<i>Thelypteris</i>
52.	Soros limitados a la terminal de las venas a 2-4 mm; lámina con pelos articulados, en la superficie abaxial solamente; nervio central escasamente escamosas en la superficie abaxial; esporas tetraédricas.....	<i>x Hemionanthes</i>
53.	Soros alargados, a lo largo de las venas centrales de los segmentos, todos con un alargado indusio.....	54
53.	Soros de diversas formas, surgen entre el nervio central y el margen.....	55
54.	Soros continuos a lo largo de las venas centrales; hojas de hasta 0,6 m de largo.....	<i>Blechnum</i>
54.	Soros interrumpidos a lo largo de las venas centrales, tipo eslabones de una cadena; frondas de hasta 2 m de largo.....	<i>Woodwardia</i>
55.	Soros alargados, con alargado indusio.....	56
55.	Soros redondos a ligeramente oblongos, con o sin indusio.....	58
56.	Soros simples, no enganchado o duplicado; nuestras especies con mayor frecuencia terrestre, a veces crece sobre roca y con menos frecuencia epifitas.....	<i>Asplenium</i>
56.	Algunos soros están enganchado sobre la vena en el extremo distal, o espalda con espalda en ambos lados de las venas; terrestre.....	57
57.	Soros (al menos algunos de ellos) enganchados sobre la vena en el extremo distal.....	<i>Athyrium</i>
57.	Soros (al menos algunos de ellos) dobles, espalda con espalda en la misma vena.....	<i>Diplazium</i>
58.	Helechos arborescentes, con hojas hasta sobre 3 m de largo, hojas bipinnadas-pinnatifidas; tronco de hasta 10 m de altura y 10 cm de diámetro; indusio que surge de debajo de la soros y globoso, o carece de él.....	<i>Cyathea</i>
58.	Las plantas que no son arboles, hojas y indusios diversos.....	59
59.	Ninguno indusio; hojas simples o una vez pinnadas..	60
59.	Indusio presente o si falta, las hojas son pinnadas más de una vez (hasta 4 veces).....	67
60.	Frondas con pelos; lámina pinnada o pinnatisecta, las pinnas o lóbulos de menos de 15 mm de largo; esporas verdes, tetraédrica.....	<i>Grammitis</i>
60.	Las frondas con escamas, por lo menos en la base, o glabras, raramente con pelos; pinnas o lóbulos, si están presente, generalmente miden 15 (-20) mm de largo, las esporas de color oro, en forma de frijol.....	61
61.	Hoja simple, completa.....	62

61.	Hoja pinnatífida, pinnada o con más divisiones.....	63
62.	Soros en 1 línea a cada lado de la vena central, oblongos a alargados, parafisos peltados (estas a menudo caducan pronto).....	<i>Pleopeltis</i>
62.	Soros en 2 o más líneas a cada lado de la vena central, redondo, sin parafisos.....	<i>Campyloneurum</i>
63.	Venas libres.....	64
63.	Venas en red.....	65
64.	Rizoma escamas peltadas; frondas pinnatífidas y a veces pectinadas, segmentos no lineales y menos de 40 pares.....	<i>Polypodium</i>
64.	Escamas del rizoma con inserción basal; estípite terete, negro a marrón rojizo, hojas pectinadas, segmentos lineales y mayor de 40 pares.....	<i>Pecluma</i>
65.	Soros en la terminal de una vena libre, en una a varias líneas entre el nervio central y el margen; parafisos presentes o ausente.....	<i>Polypodium</i>
65.	Soros en la unión de 2 o más venas, en 1 fila a cada lado de la vena central.....	66
66.	Escamas de rizoma de 1.5-2 mm de largo, negro con un margen estrecho pálido; pinnas 1-2 pares, 4-10 cm de largo; soros con parafisos peltados.....	<i>Pleopeltis</i>
66.	Escamas de rizoma 4-9 mm de largo, marrón a dorado; pinnas 4-13 pares, a menudo de 10-20 cm de largo; sin parafisos.....	<i>Phlebodium</i>
67.	Indusio con forma de capucha o una taza.....	68
67.	Indusio en forma de riñón, peltado o carece de él.....	69
68.	Indusio en forma de capucha, unido de un lado y sobre-arqueando al soro.....	<i>Cystopteris</i>
68.	Indusio en forma de copa o 4 lóbulos planos debajo del soro.....	<i>Woodsia</i>
69.	Venas en red.....	70
69.	Venas libres.....	71
70.	2 haces vasculares del estípite; hoja con pelos aciculares, venas a veces libres; indusio presente o ausente, si está presente en forma reniforme.....	<i>Thelypteris</i>
70.	Más de 2 haces vasculares del estípite más de 2; carece de pelos aciculares, venas abundante y finamente anastomosis; indusios presentes, peltados.	<i>Tectaria</i>
71.	Indusio peltado.....	72
71.	Indusio reniforme o carece de él.....	73
72.	Hoja bipinnadas.....	<i>Polystichum</i>
72.	Hoja pinnada una vez.....	<i>Phanerophlebia</i>
73.	2 haces vasculares del estípite; hoja con pelos aciculares, a veces venas en anastomosis.....	<i>Thelypteris</i>
73.	Haces vasculares del estípite más de dos pelos, aciculares, venas libres.....	74
74.	Láminas pinnadas una vez; indusio reniforme o en forma de luna; lámina firme herbácea.....	<i>Nephrolepis</i>

74.	Hojas pinnadas-pinnatifidas a 4 veces pinnadas; carecen de tubérculos.....	75
75.	Hojas catádromas.....	<i>Ctenitis</i>
75.	Hojas anádromas.....	<i>Dryopteris</i>

GLOSARIO

Abaxial: alejado de un eje, se usa para designar la cara inferior de la hoja de un helecho (envés).

Abiótico: medio que por sus características no puede albergar ninguna forma de vida.

Acrosticoide: condición en la que los esporangios cubren por completo el envés de la lámina foliar.

Actinostela: protostela simple con protuberancias radiales de xilema.

Adaxial: la cara de la hoja que está dirigida hacia la axila de la hoja y hacia el tejido, cara superior lado equivalente de un segmento o eje (haz).

Adventicio: órganos que se forman de alguna parte de la planta que no es usual, yemas adventicias, raíces adventicias.

Alete: esporas que no tienen una clara fisura en la exina.

Anastomosada: nervaduras que se unen, reticuladas.

Anillo: en los helechos leptosporangiados, parte que circunda al esporangio formada de células con membranas engrosadas, completo o incompleto; constituye su mecanismo de dehiscencia y puede ser vertical, oblicuo, transverso y apical.

Anteridio: gametangio productor de gametos masculinos o anterozoides.

Anterozoide: en los helechos, gameto masculino móvil.

Apical: en o hacia el ápice.

Ápice: extremo distal de un órgano.

Apogámia: desarrollo de un esporofito a partir de células vegetativas de un talo gametofito, por lo tanto sin modificación del número cromosómico.

Apomórfico: organismo que comparte un único carácter derivado (no presente en sus ancestros o afines).

Arborescente: que se hace árbol, o bien, que ha alcanzado el aspecto o la altura de un árbol.

Aréola: espacio limitado por nervios anastomosados en la hoja de los helechos.

Arquegonio: gametangio femenino de helechos.

Arista: excrecencia larga y delgada por lo general firme.

Aristado: que termina en una arista.

Articulado: con artículos o artejos en el sentido botánico, donde la separación puede ocurrir naturalmente, como en el tallo de los equisetos.

Atactostela: estela en la que los hacesillos conductores se hallan distribuidos sin guardar orden alguno.

Basal: propio de la base o relativo a ella, se opone a apical.

Bífid: dividido en dos partes que no llegan a la mitad de su longitud total.

Bilobada: con dos lóbulos.

Biótico: hace referencia a aquello que resulta característico de los organismos vivos o que mantiene un vínculo con ellos.

Bipinnada: significa que cada lóbulo, pinna, o foliolo de la hoja o de otro órgano laminar se divide de nuevo de manera pinnada.

Bipinnatífido: aplicase a la hoja pinnatífida cuyas divisiones o gajos son a su vez pinnatífidos.

Bráctea: hoja a menudo reducida, en cuya axila se desarrolla un esporangio.

Caducifolio: del latín *cadūcus* («caduco, caído», participio de *cadēre* «caer») y *folium* («hoja»), hace referencia a los árboles o arbustos que pierden su follaje durante una parte del año, o el indusio de los soros de algunos helechos.

Cambium: es un tejido vegetal meristemático específico de las plantas leñosas, situado entre la corteza y el leño, compuesto normalmente por una capa única de células embrionarias.

Cenosoro: soros de fusión, grupo de soros confluyentes.

Cormofita: planta con eje caulinar bien diferenciado.

Clorofilica: se aplica a la función propia de la clorofila que consiste en transformar el dióxido de carbono en materia orgánica.

Cresta: prominencia o reborde más o menos ondulado o dentado.

Catenado: pelo pluricelular uniseriado, con las células colapsadas, dando el aspecto de una cadenita.

Cordiforme: en forma de corazón; aplicado a las hojas u otra estructura, cuando tiene el contorno semejante al del corazón la parte ancha en la base.

Coriáceo: de consistencia recia, aunque con cierta flexibilidad.

Cormo: la base carnosa y ensanchada de un tallo.

Costa: en la hoja de los helechos, un eje, o uno de varios ejes principales, que lleva segmentos adnatos, segmentos conectados, o que no lleva segmentos como en las aflebias.

Cuadripinnado: cuatro veces pinnado; hoja con segmentos hasta de cuarto orden.

Dehiscencia: que se abre en partes o valvas, hendiduras o poros definidos.

Dicotomía: división en dos partes iguales; fenomica relativo a la ramificación dicótoma; la dicotomía es uno de los tipos de ramificación.

Dictiosela: sifonostela con disposición cilíndrica del xilema y del floema en haces vasculares separados por las lagunas foliales.

Dimorfa: que tiene dos formas.

Dioico: unisexual, con los dos tipos de gametangios en plantas o gametofitos separados.

Edáfica: del suelo o relativo a él.

Eláter: célula higroscópica estéril; en *Equisetum*, parte externa de la meiospora; interviene en el proceso de dispersión de esporas.

Elíptica: oblongo con extremos redondeados.

Enación: protuberancia no vascularizada, formada sobre cualquier superficie vegetal, pero normalmente aplica a la formada localmente sobre el tallo.

Endarco: término referido al xilema cuando el protoxilema del haz vascular se ubica en la parte interna y se diferencia en forma centrífuga.

Endofítico: un organismo que vive dentro de otro organismo vegetal.

Endosporica: gametofito que se desarrolla dentro de la pared de la espora.

Epífito: se dice de un vegetal que vive sobre otro, sin ser parásitos.

Epipétrico: que crece sobre rocas.

Equinada: espinoso.

Escandente: trepador.

- Escama:** es una lámina aplanada presente en la dermis de muchos seres vivos.
- Espiga:** en helechos, una esporofila simple que tiene esporangios sésiles sobre un eje alargado.
- Espora:** cuerpo reproductor asexual unicelular, por lo común con una pared externa firme de forma o aspecto característico de acuerdo con la especie en particular.
- Esporangio:** órgano que contiene esporas.
- Esporangióforo:** una estructura especializada provista de esporangios.
- Esporocarpo:** cuerpo capsular globoso que contiene esporangios.
- Esporofila:** hoja provista de esporangios, se aplica especialmente a microfilofitas y a helechos con hojas dimorfas.
- Esporofito:** fase del ciclo de vida de una pteridofita generalmente diploide, que produce esporas.
- Estele:** término general que se refiere a aquellas partes de tallos y raíces que contienen tejidos vasculares.
- Estipe:** se aplica al peciolo de la hoja de los helechos.
- Estípite:** tallo simple y erecto de los helechos arborescentes.
- Estoma:** son pequeños orificios o poros de las plantas, localizados en la superficie de sus hojas.
- Estróbilo:** porción fértil formada por esporofilas terminalmente junto con el eje que las sostiene.
- Eusporangiado:** aplicase a los helechos cuyos esporangios tienen la pared con varios estratos de células y número de esporas indeterminado.
- Eusporangio:** tipo de esporangio en los helechos más primitivos, se origina a partir de varias células epidérmicas, presenta una pared de dos o más capas y forma un número elevado de esporas.
- Exospórica:** gametofito que se desarrolla por fuera de la pared de la espora que le dio origen.
- Eustele:** sifonostela en la que el cilindro de xilema se descompone en fragmentos separados por radios medulares, igual que el floema de donde resulta que se forman varios cordones compuestos de xilema y de floema, entre los cuales se halla la médula.
- Excrecencia:** protuberancia, generalmente carnosa, que se produce en animales y plantas, alterando su textura y superficie natural.

Exina: pared completa de la espora, que puede o no estar rodeada por una perina o perispora.

Farina: exudado de aspecto ceroso, blanco, amarillo o de otro color de ciertas glándulas especialmente en el envés de las hojas.

Farinoso: cubierto como de polvillo blanco semejante a la harina.

Filotaxia: disposición de las hojas en el tallo.

Flabelada: en forma de abanico.

Flexuoso: en zig-zag, que se curva alternativamente en direcciones opuestas.

Foliolo: lámina foliar articulada sobre el raquis de una hoja o sobre las divisiones del mismo.

Fóvea: una depresión o cavidad en la superficie.

Fronda: hoja de los helechos, incluyendo peciolo y lámina.

Gametangio: estructura que porta los gametos.

Gametofito: fase del ciclo de vida de una pteridofita, generalmente haploide, formadora de gametos.

Glabro: desprovisto absolutamente de pelo o vello.

Glaucos: de color verde claro, con matiz ligeramente azulado.

Granuloso: cubierto con pequeños granos.

Haploide: dicese del organismo o de la fase de su ciclo de desarrollo, cuyas células tienen el número de cromosomas reducido a una serie (n), como los gametos, a diferencia del diploide, que tiene un número doble de cromosomas, como las células somáticas de los esporofitos normales.

Haplostele: estele considerada como la más primitiva, constituida por una columna axial, maciza, de xilema rodeada por un cilindro de floema y éste, recubierto por la endodermis.

Hemidimorfo: parcialmente dimorfo.

Hemiepifito: en helechos, plantas que está enraizada en el suelo, pero cuyo tallo o rizoma trepa sobre el tronco de los árboles, fijándose en ellos por raíces adventicias.

Heterófila: aplicase a la planta que manifiesta heterofilia o diversidad foliar.

Heterosporia: condición de las pteridofitas que producen megasporas y microsporas, las que formaran gametofitos dioicos, es decir, unisexuales.

Higroscópico: se aplica al cuerpo o compuesto químico que absorbe la humedad del aire.

Homosporia: condición de las pteridofitas que producen esporas iguales las que, potencialmente producirán gametofitos monoicos, es decir, bisexuales.

Imbricada: sobrepuesto parcialmente como las tejas en un tejado.

Indumento: conjunto de pelos, glándulas, escamas, farinas, etc., que recubre la superficie de los diversos órganos de la planta.

Indusio: en helechos, estructura protectora de los esporangios cuando éstos están agrupados en soros; puede ser ciatiforme, globoso, peltado, largado, etc.

Inframedio: aplicase a los soros localizados más cerca de la vena media que del margen de la hoja, pinna o pinnula.

Involucro: indusio de forma tubular o bilabiado.

Isófila: que produce sólo un tipo de hoja.

Isosporia: generan esporas iguales que al germinar dan el gametofito (prótalo) donde se diferencia los órganos masculinos y femeninos.

Lanceolado: hoja que tiene forma del hierro o la punta de una lanza.

Leptosporangiado: se aplica a los helechos cuyos esporangios tiene la pared uniestratificada y el número de esporas determinado.

Leptosporangio: esporangio que se desarrolla enteramente a partir de la división periclinial de una única célula superficial.

Macrospora: las esporas femeninas producidas por el esporófito.

Macrosporangio: parte del esporófito en la que se originan las macrósporas o esporas que a su vez forman el gametófito femenino.

Megáfila: hojas cuyas trazas están asociadas con lagunas en la esteia del tallo; hoja con venas ramificadas.

Megasporangio: esporangio en el que se forman las megasporas.

Meiospora: es el producto de la meiosis (la etapa citogenética crítica de la reproducción sexual), que significa que son haploide, y dará lugar a una célula haploide.

Meniscoide: nervación con nervaduras primarias dirigidas al margen y paralelas entre sí, con nervaduras secundarias transversas que se unen formando un nérvulo excurrente.

Mesófilo: conjunto de tejidos que se hallan entre ambas epidermis de la hoja y entre los nervios de la misma.

- Microfila:** hoja con una vena simple no ramificada, que la recorre desde la base hasta el ápice.
- Microspora:** espora de tamaño pequeño de las pteridofitas heterospóricas. Se originan en microsporangios. De ellas se originan microgametofitos.
- Microsporangio:** esporangio donde se desarrollan las microsporas.
- Monofilético:** grupo donde todos los organismos incluidos en él han evolucionado a partir de una población ancestral común, y todos los descendientes de ese ancestro están incluidos en el grupo.
- Monoico:** que tiene estructuras reproductoras masculinas y femeninas en la misma planta; bisexuales.
- Monolete:** espora de pteridofitas con una sola fisura longitudinal en la exina.
- Monomorfo:** uniforme, misma apariencia.
- Monopodial:** tipo de ramificación que se compone de un eje principal, de cuyos flancos arrancan ramificaciones secundarias.
- Oblongo:** más largo que ancho o excesivamente largo.
- Ontogenia:** es el estudio del desarrollo de los seres vivos, desde su concepción hasta su muerte.
- Ovado:** cualquier órgano laminar, con figura de huevo, de manera que su parte más ancha corresponde a la inferior del órgano de que se trata.
- Palustre:** Relativo a los pantanos, lagos o lagunas.
- Panícula:** acomodo de los esporangios en el que varios pedicelos se unen a un pedúnculo; se habla de panícula por similitud con la inflorescencia en panícula de las angiospermas.
- Papila:** el más simple de los tricomas, reducido a una excrecencia de la membrana de las células epidérmicas que forma a modo de un dedo de guante corto y obtuso.
- Papiloso:** que presenta papilas.
- Parafiso:** en pteridofitas, cualquier tricoma generalmente engrosado en su ápice, entremezclado con los esporangios.
- Parénquima:** tejido celular de relleno, de apariencia esponjosa, propio de las plantas, y con funciones diversas; se distinguen la clorofílica, de reserva, aerífera, acuífera y conductora.
- Pedado:** dividido de manera palmada, con tres divisiones principales, las laterales partidas por encima de la base.

Pecíolo: pedicelo de la hoja.

Pedícelo: en helechos, el pie del esporangio.

Pedúnculo: en Marsilea, el pedicelo de un esporocarpo.

Peltado: perteneciente a una hoja o algún otro órgano plano unido a su soporte por un punto de su superficie interior, no por la base.

Perennifolio: se aplica al árbol y/o planta que conserva su follaje todo el año.

Periciclo: estrato celular externo al cilindro central, ubicado entre los haces vasculares y la endodermis, en la raíz y tallo.

Perina: cubierta externa que rodeada a la exina de muchas esporas.

Perispora: rodeando la exospora está la perispora, que es el resultado del endurecimiento de las sustancias que rodean a la espora en su maduración. Es la capa que da el aspecto característico.

Piloso: peludo, con pelos suaves.

Pinna: segmento primario de primer orden de la lámina de una hoja de helecho.

Pinnada: hoja, de helecho con segmentos primarios enteros.

Pinnatifida: forma intermedia, las divisiones llegan a más de la mitad del limbo, pero no hasta el raquis.

Pinnula: segmento secundario de una lámina.

Plectostele: un tipo de protostele, en el que el xilema se presenta en forma de pequeñas bandas, unidas o no entre sí y con floema entre ellas.

Plesimórfico: es el estado ancestral o primitivo de un carácter.

Prótalo: el gametofito de las criptógamas vasculares o pteridofitas.

Protóxilema: primeros elementos del xilema en diferenciarse, cuando el órgano aún está elongándose.

Protostela: tipo de estela que no presenta médula; forma un cilindro sólido de xilema.

Protostélico: elementos del floema y del xilema reducidos, aparentemente sin vasos.

Pteridofita: planta vascular con talo gametofito generalmente de vida corta y esporofito perenne, con esporangios solitarios en el haz de hojas micrófilas agrupados en soros en los márgenes o en el envés de hojas megáfilas comúnmente conocidas como helechos y plantas afines.

Raquis: generalmente un eje que lleva segmentos sésiles o pedicelados; el eje primario de una lámina.

Reticulado: en forma de retículo o red.

Rizóforo: órgano o región que lleva raíces; en las selaginellas, pequeño órgano cilíndrico alargado que brota de las ramas en sus bifurcaciones y tiene una o varias raíces endógenas en el ápice.

Rizoma: tallo por lo común horizontal, de un helecho, a menudo subterráneo y del cual se forman las hojas.

Roceta: grupo de hojas u otras estructuras dispuestas radialmente en un patrón circular alrededor de un punto central.

Rupículas: planta que viven entre las rocas, son especies que se adaptan a convivir entre rocas y piedras, en climas extremos de frío por la noche y calor durante el día.

Seno: concavidad; ángulo entrante formado por los segmentos de una hoja o las partes de un órgano; hendidura entre dos lóbulos o segmentos de la hoja de helecho.

Setoso: que contiene pelos o setas.

Sifonostele: estele en la que existe un cordón axial de tejido parenquimático, o médula.

Sifonostele anfilloico: sifonostele en el que existen dos cilindros de floema, uno externo por fuera del xilema y otro interno por dentro del mismo.

Sifonostele ectofloico: con floema externo al xilema.

Simpodial: tipo de crecimiento donde la yema axilar reemplaza a la yema terminal que muere cada año.

Sinangio: agregado de esporangios coherentes.

Sinuado: que tiene senos.

Soro: en pteridofitas, grupo de esporangios, generalmente de forma característica, localizado en el envés o en el margen de las hojas de los helechos.

Subcoriácea: de consistencia algo recia aunque con cierta flexibilidad y sin llegar a coriáceo.

Talo: cuerpo vegetativo no diferenciado en eje caulinar, folioso y raíces.

Taloso: que tiene talo; semejante a un talo, taloide.

Tejido meristemático: son los responsables del crecimiento vegetal. Sus células son pequeñas, tienen forma poliédrica, paredes finas y vacuolas pequeñas y abundantes. Se caracteriza por mantenerse siempre joven y poco diferenciado. Tienen capacidad de división y de estas células aparecen los demás tejidos.

Tejido vascular: es un tipo tejido vegetal complejo, formado por varias clases de células, que se encuentra en las plantas vasculares. Los componentes primarios del tejido vascular son el xilema y el floema.

Ternado: que tiene tres divisiones subiguales; dispuesto en ternas.

Trabécula: septos que dividen de manera parcial los esporangios de *Isöetes*; células endodérmicas diferenciadas en algunas especies de *Selaginella*.

Tricoma: cualquier excrescencia epidérmica, de la forma que sea, que constituye a modo de un resalto en la superficie de los órganos vegetales; el tipo más común son los pelos.

Trilete: espora con tres fisuras en la exina.

Tripinnada: hoja bipinnada que se vuelve a dividir o a descomponer según la manera pinnada.

Vaina: en equisetáceas, estructura más o menos tubular formada por la fusión de las hojas abortadas y que rodea el entrenudo en su base.

Verticilado: conjunto de hojas o ramas que nacen a un mismo nivel del tallo.

Zona meristemática: corresponde a la región de la raíz en donde se producen los llamados tejidos primarios debido a que son los primeros en originarse en la raíz.

BIBLIOGRAFIA CITADA O CONSULTADA

Bell, P. R. y A. R. Hemsley 2000. Green Plants Their Origin and Diversity. 2da. edición. United Kingdom. Universidad de Cambridge. 135-217 p

Cronquist, A. 1969. Introducción a la Botánica. México. Compañía editorial continental, S.A. 299-367 p

Curtis, H. y N.S. Barnes. 2000. Biología. 6ta. edición. España. Editorial Médica Panamericana, S.A. 822-828 p

Gómez-Serrano, G. y M.L. Arreguín-Sánchez. 2004. Clave genérica ilustrada para la identificación de pteridofitas de la cuenca del Río Balsas, México. Polibotánica. 44-66 p

<http://www.britannica.com/EBchecked/media/4902/Club-moss>

http://www.discoverlife.org/mp/20p?see=i_TQBH4933&res=640

http://www.floracyberia.net/pteridophyta/equisetaceae/equisetum_arvense.html

<http://www.izt.uam.mx/cosmosecm/PTERIDOFITAS.html>

http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_Biologia/arturo_sanchez/Capitulo12.pdf

<http://www.unioviado.es/bos/Herbario/PrepararHerbario/PrepararHerbario.htm>

- Judd, W. S., C. S. Campbell, E. A. Kellogg, P. F. Stevens y M. J. Donoghue. 2010. *Plant Systematics. A Phylogenetic Approach*. 3ra. Edición. China. Library of Congress Cataloging in Publication Data. 186-203 p
- López-González, A. R., M. R. A. Mora-Navarro y R. M. Hernández-Herrera. 2006. *Manual de prácticas de laboratorio y campo de ficología*. México. Universidad de Guadalajara. 111 pp
- Lorea, F. y R. Riba. 1990. *Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de pteridofitas*. México. Consejo Nacional de la flora de México, A.C. 18pp
- Macías-Rodríguez, M. A., E. X. M. García-García y M. R. A. Mora Navarro. 2006. *Manual Teórico-Práctico de Briofitas*. México. Universidad de Guadalajara. 92 pp
- McVaugh, R. 1992. *Flora Novo-Galiciana. A Descriptive Account of the Vascular Plants of Western Mexico. Gymnosperms and Pteridophytes. Volumen 17*. Michigan, United States of America. University of Michigan Herbarium. 128-421 p
- Mehltreter, K., L. R. Walker y J. M. Sharpe. 2000. *Fern Ecology*. United States of America. Cambridge University Press. 7-47 p
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. *Manual de métodos básicos de muestro y análisis en ecología vegetal*. Bolivia. Editora el país.
- Murillo-Pulido, M. T. 1993. *Usos de los helechos*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 155 pp
- Pearson, L. C. 1995. *The Diversity and Evolution of Plants*. United States of America. CRC Press. 433-485 p
- Pérez-García, B. y R. Riba. 1990. *Glosario para pteridophyta (helechos y plantas afines)*. 1ra. Edición. México. Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. 4-47 p
- Scagel, R. E., R. J. Bandoni, J. R. Maze, G. E. Rouse, W. B. Schofield y J. R. Stein. 1987. *El Reino Vegetal*. Barcelona. Ediciones Omega, S.A. 408-504 p
- Strasburger, E., F. Noll, H. Shenck y A. F. W. Schimper. 1986. *Tratado de botánica*. 8a edición. Ediciones Omega, S.A. 380-405 p
- Velázquez-Montes, E. y R. M. Fonseca. 2008. *Manual de prácticas de campo Briofitas, Pteridofitas y Gimnospermas*. México. Las prensas de ciencias. 31-46 p
- Velázquez-Montes, E. y R. M. Fonseca. 2009. *Manual de prácticas de laboratorio Briofitas, Pteridofitas y Gimnospermas*. 2da. edición. México. Las prensas de ciencias. 39-89 p
- Willis, K. J. y J. C. McElwain. 2002. *The Evolution of Plants*. United States of America. Oxford University Press. 74-129 p

TESIS/CUCBA