



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

Carrera de Biología

Ciclo Intermedio

**MANUAL DE LABORATORIO DE
INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV**

Aprobado por el CAC el 10 de agosto de 2022
Vigencia 10 de agosto de 2025



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	2 / 167

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

AUTORES

Guadalupe Bribiesca Escutia

Yolanda Córdova Galaviz

Claudia Janette De la Rosa Mera

Manuel Feria Ortiz

Alma Mariana Fuentes González

Edgar Ledesma Martínez

Juan Carlos López Domínguez

Sara López Pérez

Catalina Machuca Rodríguez

Genaro Montaña Arias

Deyra de los Ángeles Ramírez Hernández

Jorge Reyes Rivera

Geovanni Miguel Rodríguez Mirón

Sonia Rojas Chávez

Verónica Mitsui Saito Quezada

Marisela Valdés Ruiz

Uri Omar García Vázquez



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	3 / 167

CONTENIDO.

Autores del Manual

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	5
OBJETIVO	6
UNIDAD DE APRENDIZAJE I: BIOLOGÍA CELULAR	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVO	8
PRÁCTICA 1. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE MACRÓFAGOS	9
EXPERIMENTO 2. BIOSÍNTESIS DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN RESPUESTA A ESTRÉS AMBIENTAL	17
PRÁCTICA 3. FOTOSÍNTESIS.....	19
UNIDAD DE APRENDIZAJE II: SISTEMÁTICA.....	26
INTRODUCCIÓN	27
OBJETIVO	27
PRÁCTICA 4. TIPOS E INTERPRETACIÓN DE CLADOGRAMAS	28
PRÁCTICA 5. CRITERIO DE PARSIMONIA PARA INFERIR HISTORIAS EVOLUTIVAS DE CARACTERES EN CLADOGRAMAS ESPECÍFICOS.....	34
PRÁCTICA 6. RECONOCIMIENTO DE CARACTERES Y GRUPOS DE TAXONES DENTRO DE CLADOGRAMAS PARTICULARES	39
PRÁCTICA 7. ALGORITMO DE WAGNER PARA ENCONTRAR ÁRBOLES PARSIMONIOSOS	43
PRÁCTICA 8. TÉCNICAS DE CONSENSO	52
PRÁCTICA 9. EVALUACIÓN DE CLADOGRAMAS MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES ESTADÍSTICOS.....	55
EXPERIMENTO 10. RELACIONES FILOGENÉTICAS DE UN GRUPO DE ORGANISMOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CLADISTA.....	58
UNIDAD DE APRENDIZAJE III: MORFOFISIOLOGÍA ANIMAL	61
INTRODUCCIÓN	62
NORMATIVIDAD	63
PRÁCTICA 11. COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE ACORDADOS	64
PRÁCTICA 12. TAXONOMÍA DE ARTRÓPODOS	70
PRÁCTICA 13. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE CORDADOS	75



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	4 / 167

PRÁCTICA 14. CORTES HISTOLÓGICOS DE CORDADOS	83
UNIDAD DE APRENDIZAJE IV: PLANTAS CON SEMILLA	91
PRÁCTICA 15. CONSTRUCCIÓN DE CLAVES TAXONÓMICAS.....	95
PRÁCTICA 16. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE GIMNOSPERMAS	99
PRÁCTICA 17. MORFOLOGÍA DE FLOR, INFLORESCENCIA, FRUTO Y SEMILLA	105
PRÁCTICA 18. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE ANGIOSPERMAS	111
UNIDAD DE APRENDIZAJE V: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	115
INTRODUCCIÓN	116
EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA.....	118
MATERIAL QUE NO SE PROPORCIONA EN EL INTERLABORATORIO	123
ANEXO 1. PLANTAS CON SEMILLA.....	128



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	5 / 167

INTRODUCCIÓN GENERAL

Este manual corresponde a la asignatura de Laboratorio de Investigación Formativa IV que se ubica en el cuarto semestre del ciclo intermedio de la Licenciatura en Biología de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza y aborda las áreas de Biología Celular, Sistemática, Morfofisiología Animal y Plantas con Semilla.

Tal y como lo establece el plan de estudios vigente de la carrera de Biología, este laboratorio no es un subordinado o acompañante de la teoría que se imparte en el cuarto semestre, sino que es un espacio didáctico en el que el estudiante construye su propio proceso de aprendizaje, a partir de prácticas, experimentos y el desarrollo de proyectos de docencia-investigación. Bajo esta perspectiva, el aprendizaje se favorece mediante la investigación y el descubrimiento, en contraste con una repetición mecánica y pasiva de conocimientos.

El manual está constituido por cinco Unidades de Aprendizaje que son: Biología Celular, Sistemática, Morfofisiología Animal, Plantas con Semilla y el Proyecto de Investigación. La primera unidad comprende prácticas de cinética enzimática, fotosíntesis y un experimento de biosíntesis de metabolitos secundarios en respuesta al estrés ambiental.

La segunda unidad corresponde a Sistemática e incluye las prácticas de tipos e interpretación de cladogramas, criterios de parsimonia para inferir historias evolutivas, reconocimiento de caracteres y grupos de taxones, algoritmo de Wagner para encontrar árboles parsimoniosos, técnicas de consenso y evaluación de cladogramas mediante el uso de índices estadísticos. En esta unidad se acerca al estudiante, a los conceptos básicos y la metodología empleados por el método cladista para reconstruir historias filogenéticas.

La unidad de Morfofisiología Animal inicia con la práctica comparación estructural de cordados, taxonomía de artrópodos, técnicas de preservación de cordados y por último cortes histológicos de cordados.

La cuarta unidad corresponde a Plantas con Semillas, que se encuentra constituida por las prácticas: construcción de claves taxonómicas, morfología de flor, inflorescencia, fruto y semilla; determinación taxonómica de gimnospermas y determinación taxonómica de angiospermas, con esta unidad los estudiantes podrán reconocer morfológica y taxonómicamente a los grupos de plantas con semilla.

En este sentido, esta obra es el resultado del trabajo de un grupo de profesores que imparten o han impartido la asignatura, y que vierten en ella su valiosa experiencia obtenida tanto en el ámbito académico, como en el didáctico.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	6 / 167

OBJETIVO

Analizar la estructura y función de la célula o del individuo como resultado de su interacción con el medio circundante; así como comprender y reconocer las historias evolutivas, caracteres y grupos de taxones, como resultado de la interacción de los niveles de organización celular, del individuo y de las especies con su entorno a lo largo del tiempo.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	7 / 167

UNIDAD DE APRENDIZAJE I: BIOLOGÍA CELULAR



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	8 / 167

INTRODUCCIÓN

En la unidad de Biología Celular, el alumno a través de una serie de prácticas, experimentos obligatorios y el desarrollo de un proyecto de investigación desarrollará habilidades y destrezas que le permitan comprender y analizar procesos celulares que son fundamentales para entender el funcionamiento de otros niveles de organización.

El aprendizaje mismo de esta unidad se evalúa como un proceso y no como un producto final, esto quiere decir que los resultados generados en el laboratorio pueden ser diferentes a los esperados y bajo ningún concepto esto debe entenderse como un fracaso. En efecto, entender el proceso es más importante que replicar resultados o montar una metodología. Es mediante el análisis y la discusión que llegamos realmente a entender y aprender. No es de sorprender que muchos hallazgos de valor en las ciencias naturales se dieran por “accidentes” o casualidades que ocurrieron a estudiosos que supieron determinar, el significado de los experimentos que condujeron.

Es importante considerar que, debido a su escala microscópica, con frecuencia se obvia que las células son entidades vivas y por ende extremadamente sensibles a la manipulación en laboratorio. En este sentido, el alumno debe atender la preservación de la estructura celular como base para explicar la función. Debe observar y cuidar las condiciones en que se verifican las reacciones bioquímicas que se pretenden replicar in vitro en el laboratorio. Con estos elementos, podrá concebir el aprendizaje de la biología celular como un proceso dinámico no lineal, con momentos de ruptura, reconstrucción, avances y retrocesos en la construcción permanente del conocimiento.

OBJETIVO

Analizar mediante la biología celular, la estructura y función de la célula.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	9 / 167

PRÁCTICA 1. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE MACRÓFAGOS

OBJETIVO

Conocer la estructura y función de los macrófagos en relación con la actividad enzimática.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Los fagocitos mononucleares se originan a partir de células troncales hematopoyéticas (HSC por sus siglas en inglés) en la médula ósea. Ontológicamente las HSC se diferencian en células progenitoras mieloides comunes (CMP), las cuales generan a su vez progenitores cada vez más especializados en sus funciones (CFU-GEMM). Eventualmente, las células progenitoras mieloides comunes de granulocitos y monocitos (CFU-GM) se restringen en precursores mieloides de un solo linaje de monocitos (CFU-M) o granulocitos (CFU-G), que finalmente se diferenciarán en un solo tipo de fagocito mononuclear o granulocito polimorfonuclear (PMN) respectivamente (Gordon y Taylor, 2005) (Fig. 1.1).

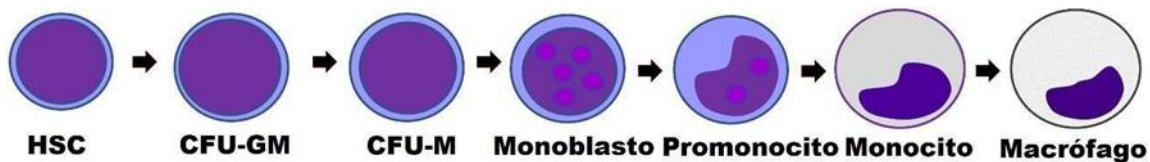


Figura 1.1. Monocitopoyesis.

Los fagocitos mononucleares tienen receptores de superficie celular para una variedad de sustancias e.g. inmunoglobulina G (IgG), los diferentes componentes del complemento, fibronectina y azúcares diversos además son capaces de secretar mediadores inflamatorios como enzimas, otros componentes del complemento y citocinas. Los monocitos pueden diferenciarse en macrófagos al residir en una variedad de tejidos, adaptándose a su entorno y expresando funciones diferenciadas únicas relacionadas con diversos órganos y sitios anatómicos e.g. células de Kupffer, macrófagos alveolares, osteoclastos, células de microglía, entre otros (Douglas y Musson, 1986).

No obstante que fagocitos mononucleares y PMN comparten muchas propiedades, también tienen una morfología y funciones distintivas dependiendo de su estado de diferenciación. Por ejemplo, las proteínas asociadas a gránulos en monocitos son similares a los de los PMN, pero



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	10 / 167

los monocitos tienen una capacidad conservada para aumentar la producción de proteínas de gránulos a través de nueva síntesis de proteínas, una característica que se pierde en los PMN maduros. También hay diferencias significativas en las respuestas quimiotácticas y la actividad metabólica durante la fagocitosis. En un sitio de inflamación aguda, los monocitos se acumulan más lentamente, pero persisten más tiempo. Su estallido metabólico es menos extremo, pero su capacidad de eliminar microorganismos es más diversa en comparación con el de los PMN (Dale et al., 2008).

La distinción morfológica de un fagocito mononuclear se evalúa en un frotis sobre portaobjetos teñido con el colorante Giemsa al 10%, siguiendo criterios de tamaño, forma del núcleo y proporción núcleo-citoplasma (Cuadro 1.1) (McDonald et al., 2015). De manera complementaria, las tinciones citoquímicas específicas determinan con mayor precisión los linajes celulares, así, una tinción citoquímica ANAE permite distinguir el linaje monocítico, proporción e incluso, estadios de diferenciación de una muestra compleja, e.g. biopsias de médula ósea o sangre periférica (Fig. 1.2).

Cuadro 1.1 Criterios de diferenciación morfológica para monocitos.

Tamaño	14 a 20 micras de diámetro, relación N/C de 2/1 a 1/1
Núcleo	Tiende a plegarse o adquirir forma variable (fetal). Cromatina densa de color azul-púrpura con patrón reticular fino
Nucléolo	Están presentes en el 50 % de los casos, pero generalmente son imperceptibles
Citoplasma	Abundante, de color gris-azulado con apariencia de vidrio esmerilado. El borde es irregular y puede formar pseudópodos romos. Puede presentar vacuolas, siendo numerosas en células fagocíticas activadas.
Gránulos	Azurófilos de color rojo de apariencia de "polvo fino", distribuidos de manera uniforme.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	11 / 167

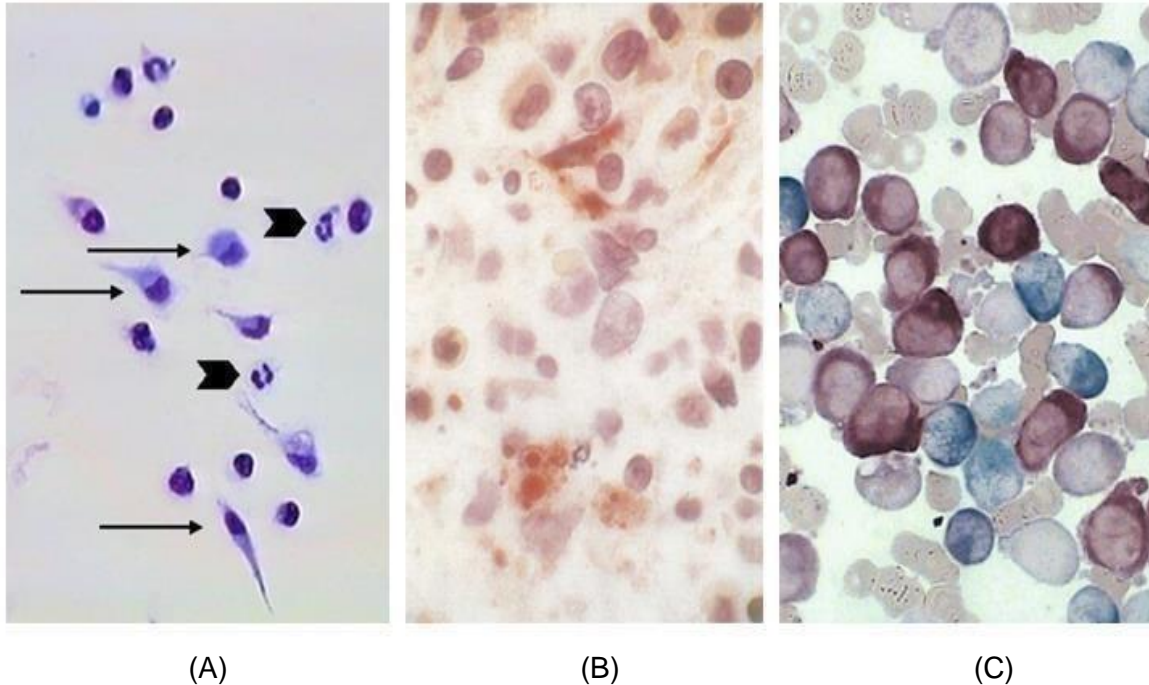


Figura 1.2 (A) Células del lavado peritoneal adheridas a cubreobjetos, la imagen muestra el predominio de macrófagos (flecha) y PMN (cabeza de flecha), tinción con Giemsa. (B) Biopsia de médula ósea con células positivas (marrón) para ANAE. (C) Sangre periférica de paciente con leucemia mielomonocítica aguda con números casi iguales de células positivas para cloroacetato esterasa (azul) y ANAE (marrón). Tomada de (Gonçalves et al., 2005; Islam y Henderson 1987; Porwit et al., 2011).

MATERIAL Y REACTIVOS

- 10 portaobjetos
- 10 cubreobjetos
- 4 vasos de precipitados de 500 mL
- Probeta de 500 mL
- Probeta de 100 mL
- 2 cubetas para tinción de vidrio.
- 1 tabla de disección (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 1 Estuche de disección (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 5 Pipetas beral (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 6 Tubos de centrifuga cónico de 15 ml
- 1 Jeringa de 5 ml (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 1 Aguja 25G y 27G (los números y letra indica la medida de la aguja, material no proporcionado por el interlaboratorio)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	12 / 167

Microtubos de polipropileno (ependorf) (no proporcionado por el interlaboratorio)

1 Embudo de tallo corto de cristal

1 Papel filtro (no proporcionado por el interlaboratorio)

Material biológico

Macrófagos de cavidad peritoneal de ratón CD-1

Reactivos

Aceite de inmersión

Acetato de sodio (CH_3COONa) 60 mg

Acetona (CH_3COCH_3) 100 mL

Ácido acético (CH_3COOH) 10 mL

Cloruro de pararosanilina ($\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClN}_3$) 0.1 g

Ácido clorhídrico (HCl) 25 mL

Nitrito de sodio (NaNO_2) 0.5 g

Fosfato de sodio monobásico anhidro. (NaH_2PO_4) 10 g

Fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4) 10 g

Fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4) 1.0 g

Cloruro de Sodio (NaCl) 5 g

Cloruro de potasio (KCl) 1 g

Acetato de alfa naftilo ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_{10}\text{H}_7$) 10 mg

Hematoxilina de Mayer ($\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_6$) 20 mL

EQUIPO

Parrilla de agitación/calentamiento

1 Microscopio con objetivos 10, 40 y 100x

Baño María

Micropipetas de varios volúmenes (20, 200 y 1000 uL)

Puntas de micropipetas (varias, material no proporcionado por el interlaboratorio).

Agitador de vórtice

Centrífuga

SERVICIOS

Energía eléctrica

Agua corriente



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	13 / 167

Extractores de aire

TINCIÓN ALFA-NAFTIL ACETATO ESTERASA (ANAE).

Preparación de soluciones:

Solución fijadora (estable por cuatro meses 4°C):

Disolver 60 mg de acetato de sodio (CH_3COONa) en 60 mL de acetona (CH_3COCH_3), adicionar 40 mL de agua destilada y 70 μL de ácido acético (CH_3COOH).

Solución de pararosanilina (estable por cuatro meses 4°C):

Disolver 0.08 g de cloruro de pararosanilina ($\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClN}_3$) en 2 mL de ácido clorhídrico (HCl) 2 N, realizarlo en baño maría, filtrar cuando esté a temperatura ambiente.

Solución de nitrito de sodio:

Disolver 0.08 g de nitrito de sodio (NaNO_2) en 2 mL de agua destilada

Solución de fosfatos 0.2 M pH 7:

NOTA 1: La solución de fosfatos es resultado de la mezcla de dos soluciones de fosfatos (A y B), prepare por separado y luego mezcle en la proporción que se indica.

Solución A: Disolver 5.95 g de fosfato de sodio monobásico anhidro (NaH_2PO_4) en 250 mL de agua destilada

Solución B: Disolver 7.09 g de fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4) en 250 mL de agua destilada.

Mezclar 125 mL de solución B con 65 mL de solución A.

Solución de acetato de alfa naftilo:

NOTA 2: Para mejores resultados de tinción, prepare la solución acetato de alfanaftilo inmediatamente antes de usar.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	14 / 167

Solución 1

Mezclar 50 µL de solución de nitrito de sodio y 50 µL de solución de cloruro de pararosanilina mantener a temperatura ambiente durante 1 min). Adicionar 5 mL de solución de fosfatos 0.2 M a la mezcla anterior.

Solución 2

Diluir 10 mg de acetato de alfa-naftilo ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_{10}\text{H}_7$) en 0.2-0.3 mL de acetona (CH_3COCH_3) después agregar agitando, 20 mL de solución de fosfatos 0.2 M.

Mezclar solución 1 con solución 2 y filtrar.

Preparación de muestra

Obtención de macrófagos de cavidad peritoneal de ratón CD-1.

Sujetar un ratón con muerte por eutanasia reciente a una tabla de disección.

Cortar la piel exterior del peritoneo y tirar de ella para exponer la piel interna que recubre la cavidad peritoneal.

Inyectar 5 mL de PBS a 4°C en la cavidad peritoneal usando una aguja 27G (Cuide no perforar ningún órgano).

Después de la inyección, masajear suavemente el peritoneo para desalojar las células.

Recuperar el líquido contenido en la cavidad peritoneal con una jeringa (aguja 25G con el bisel hacia arriba) mientras se mueve la punta de la aguja con cuidado para evitar obstrucciones con tejido adiposo u órganos.

Recoger la mayor cantidad de líquido posible y depositar la en un tubo de ensayo.

Hacer una incisión en la piel interior del peritoneo y retirar el tejido.

Recoger el líquido residual de la cavidad con una pipeta beral.

Centrifugar a 600 FCR (Transformarlo a RPM) durante 8 minutos, descartar el sobrenadante y resuspender las células en PBS a 4°C.

NOTA: Si detecta sangre en el fluido peritoneal se debe descartar la muestra.

Realizar los extendidos de cada muestra de células, en portaobjetos limpios y desengrasados.

Fijar los extendidos con la solución fijadora durante 1 minuto y lavar con solución de cloruro de sodio al 0.9%.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	15 / 167

Procedimiento de tinción alfa-naftilacetato esterasa ANAE

Adicionar solución acetato de alfa-naftilo a extendidos previamente fijados y mantener a temperatura ambiente por 60 minutos.

Lavar con agua destilada.

Teñir 10-30 min con hematoxilina de Mayer.

Lavar de modo abundante con agua destilada.

En las células positivas se observa un precipitado difuso color marrón en el citoplasma.

RESULTADOS

Los datos obtenidos serán expuestos y discutidos en todo el grupo durante una sesión de laboratorio. Los alumnos entregarán esos datos e identificarán a los tipos celulares, y los discutirán en su informe de práctica, conforme al método científico. Así mismo, antes de realizar la práctica deberá entregar el cuestionario correspondiente contestado.

CUESTIONARIO

1. ¿Específicamente que función tiene la Hematoxilina de Mayer en esta práctica?
2. Mencione que enzima y cuál es el sustrato en la Tinción ANAE.
3. Mencione 5 características morfológicas distintivas de los monocitos.
4. ¿Cuál es el fundamento de la tinción citoquímica ANAE?
5. Proponga un control biológico negativo y positivo para la tinción ANAE.

REFERENCIAS

Dale, D. C., Boxer, L., y Liles, W. C. (2008). The phagocytes: neutrophils and monocytes. *Blood*, 112(4), 935-945.

Douglas, S. D., y Musson, R.A. (1986). Phagocytic defects-monocytes macrophages. *Clin Immunol Immunopathol*, 40(1):62-68.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	16 / 167

Gonçalves, R., Vieira, E. R., Melo, M. N., Gollob, K. J., Mosser, D. M., y Tafuri, W. L. (2005). A sensitive flow cytometric methodology for studying the binding of *L. chagasi* to canine peritoneal macrophages. *BMC infectious diseases*, 5(1), 39.

Gordon, S., y Taylor, P. R. (2005). Monocyte and macrophage heterogeneity. *Nat Rev Immunol*. 512, 953-964.

Islam, A., y Henderson, E. S. (1987). Glycol methacrylate embedding for light microscopy. I. enzyme histochemistry on semithin sections of undecalcified marrow cores. *Journal of clinical pathology*, 40(10), 1194-1200.

Mandell, G. L. (2015). Cytokines, phagocytes, and pentoxifylline. *J Cardiovasc Pharmacol*, 25(2), S20-S22.

McDonald, G. A. C., y Bruce P. J. (1989). Atlas de hematología. Madrid, España. Médica Panamericana.

Porwit, A., McCullough, J., y Erber, W.N. (2011). Blood and Bone Marrow Pathology EBook. Elsevier Health Sciences.

Segal, A. W. (2005). How neutrophils kill microbes. *Annu Rev Immunol*, 23: 197-223



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	17 / 167

EXPERIMENTO 2. BIOSÍNTESIS DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN RESPUESTA A ESTRÉS AMBIENTAL

OBJETIVO A RESOLVER POR EL ESTUDIANTE

Analizar los mecanismos fisiológicos de las células frente al estrés ambiental.

INFORMACIÓN NECESARIA

El estrés celular se define como el estado en el que la célula no presenta las condiciones óptimas de supervivencia (agua, luz, nutrientes, oxígeno, temperatura). Cambios en factores abióticos (físicos y químicos) alteran la homeostasis celular.

INSTRUCCIONES

Con base en el objetivo y las referencias sugeridas, el alumno deberá investigar los mecanismos que involucran las respuestas fisiológicas celulares implicadas en los diferentes tipos de estrés ambiental.

En este experimento, el alumno deberá construir una hipótesis para comprobar el objetivo, un marco teórico que sustente su desarrollo experimental dentro del laboratorio de clase, planteando el material, reactivos, servicios, procedimiento a desarrollar, y equipo a emplear, considerando siempre que estén adaptadas a desarrollarse en el laboratorio. El tiempo programado para este experimento es de dos sesiones de laboratorio.

El alumno entregará con esta información un anteproyecto y una vez aprobado, se procederá a la experimentación.

RESULTADOS

Los datos obtenidos serán expuestos y discutidos en todo el grupo durante una sesión de laboratorio. Los alumnos entregarán esos datos en gráficos o tablas y los discutirán en su informe de práctica, conforme al método científico. Asimismo, antes de realizar la práctica deberá entregar el anteproyecto completo, y ser aprobado, no hay cuestionario para este experimento.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	18 / 167

REFERENCIAS (SUGERIDAS PARA CONSULTAR)

Balmer, D., Flors, V., Glauser, G., y Mauch-Mani, B. (2013). Metabolomics of cereals under biotic stress: current knowledge and techniques. *Front Plant Sci*, 23(4):82.

De la Cruz-Jiménez, J., Moreno, L.O., y Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. *Revista colombiana de ciencias hortícolas*, 6(1), 96-109.

Verslues, P. E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J., y Zhu, J. K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal*, 45(4), 523 –539p.

Wolfender, J. L., Rudaz, S., Choi, Y. H., y Kim, H. K. (2013). Plant metabolomics: from holistic data to relevant biomarkers. *Curr Med Chem*, 20:1056-1090.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	19 / 167

PRÁCTICA 3. FOTOSÍNTESIS

OBJETIVO

Distinguir los procesos fisicoquímicos involucrados en la fotosíntesis.

FUNDAMENTO TEÓRICO

La fotosíntesis es un fenómeno fisiológico que permite la transformación de la energía luminosa en energía electroquímica que es empleada para producir moléculas orgánicas. En este fenómeno intervienen dos tipos de reacciones, las reacciones del transporte de electrones y reacciones del carbono. En las primeras hay absorción de luz por los pigmentos fotosintéticos, siendo la clorofila uno de los más importantes en las plantas y otros organismos fotosintéticos. La clorofila es capaz de disparar una reacción química cuando se encuentra asociada a proteínas inmersas o embebidas en la membrana de los tilacoides de los cloroplastos, o en las membranas plegadas que se encuentran en organismos procariontes fotosintéticos, como ciano y proclorobacterias. En las reacciones del transporte de electrones, cuando un fotón es capturado por un pigmento fotosintético, se produce la excitación de un electrón, el cual es elevado desde su estado basal respecto al núcleo a niveles de energía superior, pasando a un estado excitado. Después de una serie de reacciones de óxido-reducción, la energía del electrón se convierte en ATP y NADPH (Lehninger, 2005; Alberts et al., 2010).

El fotosistema I y el fotosistema II, están constituidos por un grupo de pigmentos antena (carotenoides y clorofilas), que tiene como función canalizar la energía luminosa a un centro de reacción donde se encuentran las moléculas denominadas P680 y P700 respectivamente.

En la fotosíntesis vegetal participan dos fotosistemas. El fotosistema I está asociado a las formas de clorofila a, que absorbe longitudes de onda de 700 nm (P700), mientras que el fotosistema II tiene un centro de reacción que absorbe a una longitud de onda de 680 nm (P680). Cada uno de estos fotosistemas se encuentra asociado a polipéptidos en la membrana tilacoidal y absorben energía luminosa independientemente. En el fotosistema II (Fig. 1.1), se produce la fotólisis del agua y la liberación de oxígeno; sin embargo, ambos fotosistemas operan en serie, a través de una cadena transportadora de electrones.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	20 / 167

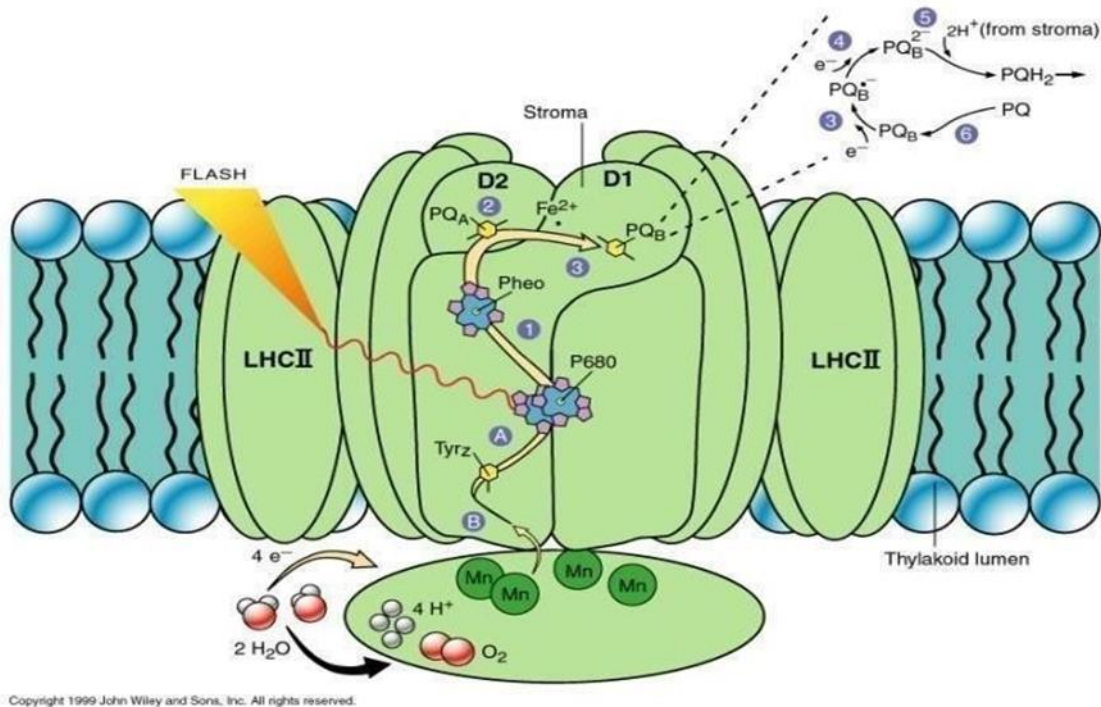


Figura 3.1 Fotosistema II P680 (Tomada de Alberts et al., 2010).

En el fotosistema II el oxígeno producto de la fotólisis se une a un grupo de átomos de manganeso a través de una enzima hidrolítica que posibilita que los electrones sean eliminados uno a uno rellenoando los agujeros generados por la luz en el centro de reacción de las moléculas de clorofila (Vinyard et al., 2013). Cuando cuatro electrones generados por fotólisis se eliminan, lo cual requiere de cuatro fotones de luz, la enzima libera O₂. De esta manera, el fotosistema II cataliza la reacción:



El núcleo de reacción del fotosistema II produce dadores de electrones en forma de moléculas de quinona reducida en la membrana. Las quinonas ceden sus electrones al complejo b6f, que es una bomba de protones que envía H⁺ al espacio tilacoidal a través de la membrana del tilacoide y el gradiente electroquímico resultante impulsa la síntesis de ATP por la ATP sintasa (González-Santos 2009). Así, el receptor final de electrones es el segundo fotosistema (fotosistema I), que acepta el electrón del agujero dejado por la luz del centro de reacción de la molécula de clorofila. Cada electrón

que entra al fotosistema I es elevado a un nivel energético más alto, lo que permitirá pasar al centro de hierro-azufre de la ferredoxina e impulsar la reducción de NADP⁺ hasta NADPH, este

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	21 / 167

último paso también implica la captura de un protón del medio, ambas reacciones se producen en el estroma del cloroplasto (Fig. 3.2).

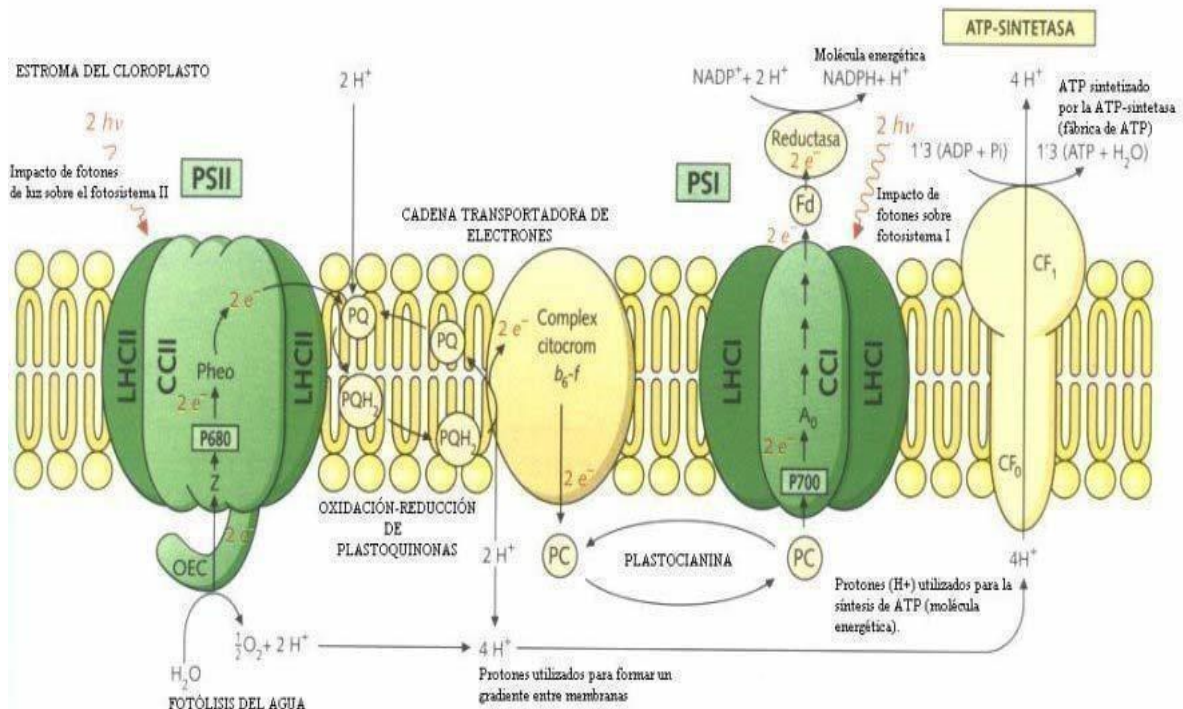


Figura 3.2. Flujo de electrones durante la fotosíntesis (Tomada de Alberts et al. 2010).

MATERIAL Y REACTIVOS

- 1 embudo tallo corto
- 1 gradilla
- 1 estuche de disección (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 1 mortero
- 4 pipetas Pasteur
- 2 pipetas beral (no proporcionado por el interlaboratorio)
- 6 tubos de ensayo de 15x100
- 2 tubos de centrifuga cónico 15 mL
- 1 celda para espectrofotómetro



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	22 / 167

Material Biológico

Espinacas frescas y frías (no proporcionado por el interlaboratorio)

Reactivos

Buffer de fosfato pH 7.5
Cloruro de Sodio (NaCl) 8 g
Cloruro de potasio (KCl) 0.2 g
Fosfato de sodio dibásico (Na_2HPO_4) 1.44 g
Fosfato de potasio dibásico (K_2HPO_4) 0.24 g
Cloruro de amonio (NH_4Cl) 250 mg
Atrazina ($\text{C}_8\text{H}_{14}\text{ClN}_5$) 100 mg
2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP) ($\text{C}_{12}\text{H}_7\text{NCl}_2\text{O}_2$) 50 mg

EQUIPO

1 balanza granataria
1 centrífuga
1 espectrofotómetro de luz visible
1 micropipetas de 1000, 200, y 20 μL
1 sistema de iluminación (foco) (en caso de no haber luz solar afuera)

SERVICIOS

Energía eléctrica
Agua corriente
Extractores de aire

PROCEDIMIENTO

Buffer de fosfatos (PBS):

Disolver en 800 mL de agua destinada el NaCl, KCl, Na_2HPO_4 y KH_2PO_4 usando agitación constante (Emplee una placa de agitación y un agitador magnético para mejores resultados). De ser necesario, ajuste el pH a 7.5 usando HCl 2 N.

Afore con agua destilada a 1000 mL.

Almacene a 4°C hasta su uso.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	23 / 167

Aislamiento de cloroplastos (todo del proceso debe realizarse en frío)

1. Lavar las hojas de las espinacas (*Spinacia oleracea*).
2. Descartar nervaduras utilizando una hoja de bisturí.
3. Secar las hojas con sanitas.
4. Pesar 6 g de hojas sin dañarlas.
5. Cortar las hojas en pequeños pedazos de 1 cm²
6. Triturar las hojas en un mortero con 15 mL de buffer de fosfato frío.
7. Filtrar la suspensión con embudo y gasa a un tubo de centrifuga de 15 mL a 4 °C.
8. Centrifugar 1' a 200 **gravedades**. (Transformarlo a RPM).
9. Decantar el sobrenadante a un tubo a 4 °C.
10. Centrifugar 5' a 1300 **gravedades** (Transformarlo a RPM).
11. Descartar el sobrenadante.
12. Adicionar 10 mL de buffer de fosfato a 4°C al botón celular.
13. Resuspender el botón celular con una pipeta Pasteur, despacio y sin hacer burbujas
14. Tapar el tubo de centrifuga, e invertir para mezclar su contenido.
15. Colocar la muestra en hielo (4 °C), protegida de la luz.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	24 / 167

Determinar el transporte de electrones en cloroplastos aislados

1. Adicionar las cantidades sugeridas en mL de cada reactivo de acuerdo con la siguiente tabla:

	Tubo				
	1	2	3	4	5
Buffer de fosfatos	4.9	4.4	4.4	2.2	4.3
Atrazina 6 mM	-	-	-	-	0.1
NH ₄ Cl 0.3 M	-	-	-	2.2	-
DCPIP 10 mM	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cloroplastos	-	0.5	0.5	0.5	0.5
Luz	+	+	-	+	+

2. Medir la absorbancia a 600 nm a tiempo 0, 5, 45 y 90 minutos, siempre en el mismo orden y cambiando las puntas en cada medición, para no arrastrar el contenido desde un tubo al siguiente. Llevar a cero con buffer de fosfatos.

NOTA 1. El tubo número 3 se mantiene en oscuridad, cubierto con papel carbón (González et al., 2001). El resto de los tubos se mantiene en condiciones de iluminación bajo fuente de luz adicional.

NOTA 2. En el caso del tubo mantenido en oscuridad se medirá la absorbancia a tiempo 0 y 20 minutos. Luego será llevado a la luz y se medirá absorbancia a los 5 y 30 minutos.

RESULTADOS

Los datos obtenidos por equipos de trabajo serán discutidos en sesión grupal. Los datos y la discusión deberán ser incorporados en el informe de la práctica de acuerdo con el método científico. Así mismo, deberá entregar el cuestionario resuelto correspondiente, antes de realizar la experimentación



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	25 / 167

CUESTIONARIO

1. Explique la función del buffer de fosfato.
2. ¿Qué función desempeña el 2,6-diclorofenolindofenol DCPIP?
3. Explique el principio del fraccionamiento por gradiente de densidad.
4. ¿Qué función desempeña el cloruro de amonio en el transporte de electrones?
5. ¿Cuál es el mecanismo de acción de la atrazina?

REFERENCIAS

- Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Morgan, D., Raff, M., Roberts, K., y Hunt, T. (2010). *Biología molecular de la célula*. Barcelona, España: Artmed.
- Buchanan, B. B., y Balmer, Y. (2005) Redox regulations: a broadening horizon. *Annu Rev Plant Biol*, 56, 187-220
- Jean-David., R. (2011). Regulation of photosynthetic electron transport. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Bioenergetics*, 1807, 878-886
- Lehninger, A. (2005). *Principios de bioquímica*. Barcelona, España: Omega.
- Vinyard., D. J, Ananyev. G. M., y Charles Dismukes G. (2013). Photosystem II: The Reaction Center of Oxygenic Photosynthesis. *Annu Rev Biochem*, 82, 577-606.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	26 / 167

UNIDAD DE APRENDIZAJE II: SISTEMÁTICA



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	27 / 167

INTRODUCCIÓN

La sistemática es actualmente una disciplina muy amplia y dinámica que tiene dos objetivos, 1) descubrir y describir a las especies que habitan o habitaron el planeta y 2) reconstruir las relaciones de parentesco entre las mismas. En particular el segundo objetivo tiene su origen en la obra de Darwin publicada en 1859 titulada *El Origen de las Especies*. En un principio se propusieron escenarios evolutivos sin recurrir a un método filogenético explícito, lo que dio origen a la escuela de la sistemática tradicional (Evolutiva). Posteriormente, en la década de los 50's, surgieron dos enfoques de la sistemática, la Fenética (numérica o neoadamsoniana) y la Cladista (Hennigiana o Filogenética). La fenética pretendía obtener clasificaciones sin connotaciones evolutivas, por otra parte, la cladista propuso elaborar clasificaciones basadas en grupos naturales (monofiléticos y especies).

Actualmente, las escuelas tradicional y fenética no se encuentran vigentes, mientras que la escuela cladista, es la de mayor aceptación en estudios filogenéticos. Por tal motivo, en este manual se proponen únicamente prácticas relacionadas con el enfoque cladístico.

En esta sección se presentan siete prácticas directamente relacionadas con los temas correspondientes a la Unidad II (Sistemática) del programa analítico vigente de LIF IV. En conjunto, proporcionan los elementos didácticos necesarios para cubrir los temas de esta Unidad.

Los ejercicios están planteados de modo que permitan comprender de forma clara y sencilla conceptos básicos de uno de los métodos más comúnmente usados para inferir árboles filogenéticos, el método cladístico.

OBJETIVO

Analizar las metodologías empleadas en la clasificación cladista y comprender mediante las prácticas planteadas los principales pasos del enfoque taxonómico cladista.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	28 / 167

PRÁCTICA 4. TIPOS E INTERPRETACIÓN DE CLADOGRAMAS

OBJETIVOS

Distinguir entre tipos de cladogramas y su importancia
Reconocer la estructura de un cladograma y su significado.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Un cladograma es un diagrama ramificado que indica las relaciones filogenéticas al interior de un grupo biológico. Contiene un número determinado de taxones terminales los cuales forman el grupo de estudio o grupo interno. (Castillo-Cerón y Goyenechea, 2007). Un mismo cladograma puede dibujarse de distintas maneras, lo importante es que refleje la filogenia. Es decir, la historia evolutiva de las especies analizadas (Morrone, 2000). Los cladogramas pueden estar enraizados o no enraizados, un cladograma enraizado tiene un nodo raíz el cual representa al ancestro hipotético de todos los taxones analizados. A partir de este ancestro hipotético, a través de sucesivos eventos de divergencia, van surgiendo los demás nodos hasta originarse todos los taxones actuales (representados por las ramas terminales) (Morrone, 2013). Por lo tanto, se dice que los cladogramas enraizados tienen dirección evolutiva, mientras que los cladogramas no enraizados no tienen un nodo raíz y por lo tanto no es posible conocer el orden temporal en la cual aparecen los nodos descendientes, es decir, no poseen una dirección evolutiva.

En cuanto a su composición, un cladograma está compuesto por nodos unidos por ramas. El nodo raíz representa al ancestro hipotético de todos los taxones y se encuentra ubicado en la base del mismo. Los nodos internos representan antecesores hipotéticos de subgrupos de taxones particulares (Morrone, 2000, 2013). Debido a que no muestran la identidad de los ancestros hipotéticos los cladogramas exhiben únicamente relaciones de grupo hermano. Por ejemplo, en el cladograma de la figura 4.1 los taxones A y B son hermanos en virtud de que derivan del mismo antecesor hipotético (cuya identidad no muestra el cladograma). Asimismo, el taxón (A, B) y el taxón C son taxones hermanos en virtud de que provienen de un mismo antecesor hipotético

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	29 / 167

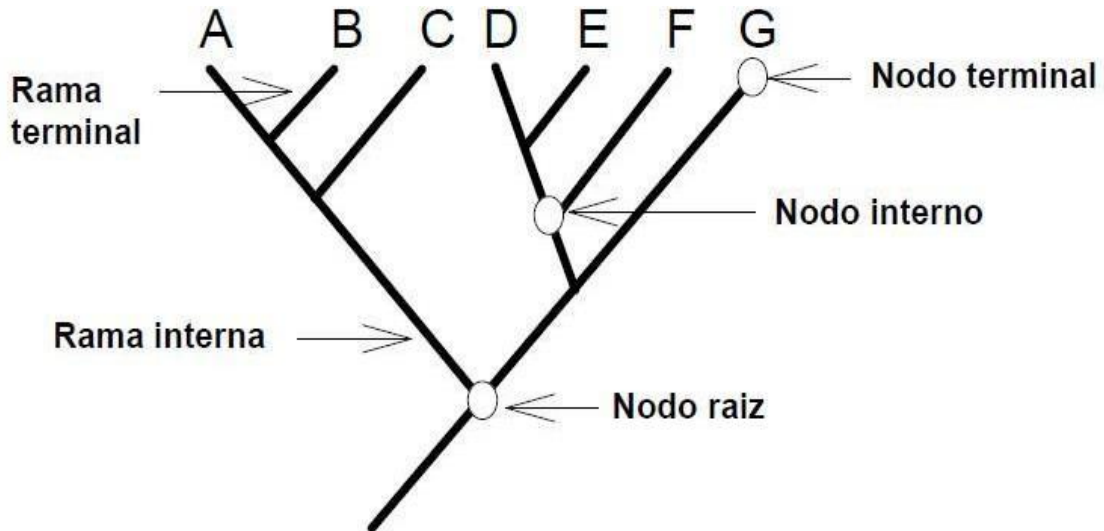


Figura 4.1 Cladograma hipotético donde se muestran sus diferentes componentes.

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz y goma
Regla

EQUIPO

Computadora

SERVICIOS

Agua
Luz

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	30 / 167

PROCEDIMIENTO

1.- De los siguientes cladogramas (Fig. 4.2) identifique cuales están enraizados y cuáles no.

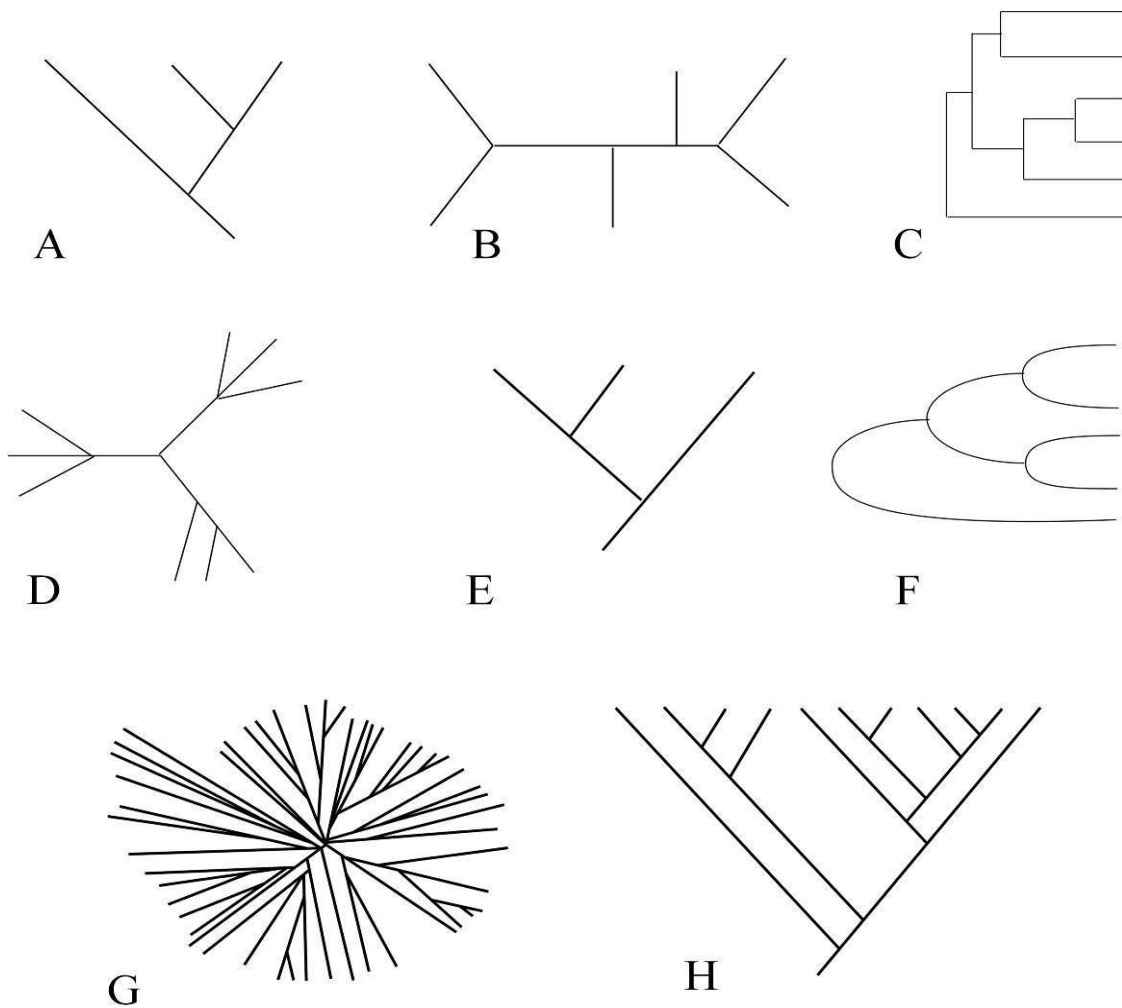


Figura 4.2 Cladogramas hipotéticos.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	31 / 167

2.- Con base en el siguiente cladograma no enraizado (Fig. 4.3), generar dos cladogramas, uno ubicando como linaje basal al taxón A y otro al taxón F.

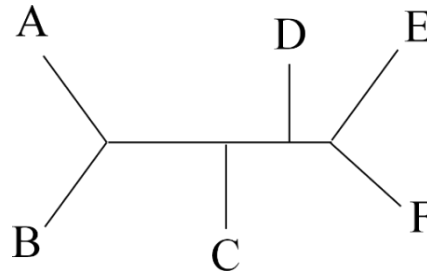


Figura 4.3. Cladograma hipotético no enraizado

3.- Con base en las relaciones filogenéticas de los vertebrados (Fig. 4.4) aplique los conceptos mencionados en el fundamento teórico de esta práctica y con ellos responda lo que se solicita en la sección de resultados.

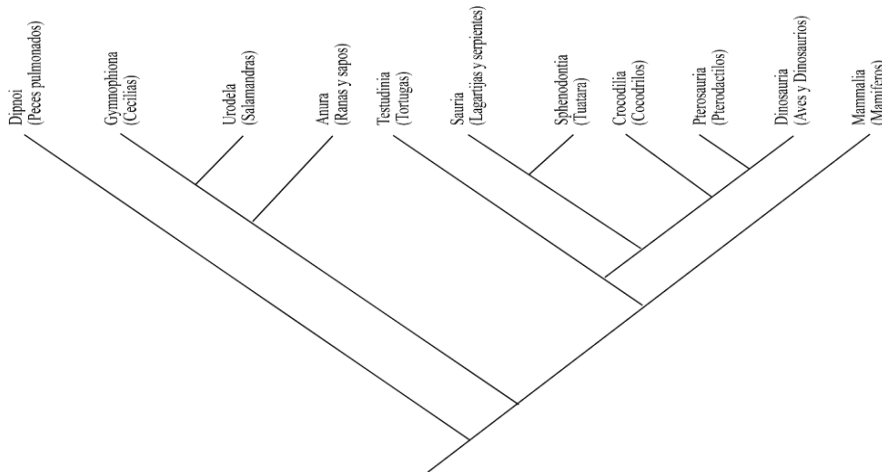


Figura 4.4. Cladograma de las relaciones filogenéticas de los vertebrados terrestres Modificado de Pough *et al.* (2013).

RESULTADOS

El alumno entregará un informe donde reportará lo que a continuación se le solicita:

1.- Mencione cuales son los cladogramas enraizados y cuáles no, indicando cuál es la importancia de enraizar un árbol.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	32 / 167

2.- Señale las principales diferencias entre los cladogramas obtenidos en el apartado 2 del procedimiento.

3.- A partir del cladograma de las relaciones filogenéticas de los vertebrados terrestres (Fig. 4.4) responda lo siguiente:

- Cuántos y cuáles son los taxones terminales.
- Cuántos eventos de especiación ocurrieron después de que surgieron los vertebrados.
- Cuántos son los eventos de especiación que ocurrieron que no dieron origen inmediato a ningún taxón terminal.
- Señala el grupo hermano de los siguientes grupos:

d1) Gymnophiona + urodela _____

d2) Dinosauria + Pterosauria + Crocodilia _____

d3) Sauria + Sphenodontia _____

d4) Mammalia _____

d5) Anura + Urodela + Gymnophiona _____

d6) Pterosauria + Dinosauria _____

d7) Testudinia _____

d8) Sauria + Sphenodontia _____



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	33 / 167

CUESTIONARIO

1. ¿Qué representa un nodo en un cladograma?
2. ¿Qué representa un taxón terminal en un cladograma?
3. ¿Cuál es la importancia de enraizar un cladograma?
4. ¿Cómo están representados los eventos de especiación en un cladograma?
5. ¿Qué representa una rama en un cladograma?

REFERENCIAS

Castillo-Cerón, J. M. y Goyenechea I. (2007). Conceptos básicos en sistemática filogenética: los Deuterostomados como ejemplo. En: Contreras-Ramos, A., Cuevas-Cardona, M. C., Goyenechea, I. e Iturbe U., (editores). *La sistemática, basedel conocimiento de la biodiversidad* (pp. 145-157). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México.

Morrone, J. J. (2013). *Sistemática: Fundamentos, métodos, aplicaciones*. (1a Ed.). Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM.

Morrone, J. J. (2000). *El lenguaje de la cladística*. Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM.

Pough, F. H., Janis C. M., y Heiser J. B. (2013). *Vertebrate Life*. (9a Ed.). Pearson ed. Inc.

USA.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	34 / 167

PRÁCTICA 5. CRITERIO DE PARSIMONIA PARA INFERIR HISTORIAS EVOLUTIVAS DE CARACTERES EN CLADOGRAMAS ESPECÍFICOS

OBJETIVO

Aplicar el criterio de parsimonia para inferir la historia evolutiva de caracteres particulares en cladogramas determinados.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El principio de parsimonia es fundamental en el método cladístico. Es un principio de sencillez, mejor conocido como “navaja de Ockam”, en honor al fraile y lógico escolástico William de Ockham quien a principios del siglo XIV enfatizó la conveniencia de eliminar cuestiones innecesarias en la explicación de fenómenos particulares (Lemey *et al.*, 2009). Según este principio, cuando se tienen dos o más hipótesis que proporcionan explicaciones igualmente válidas para un fenómeno, debemos elegir la más sencilla.

El método cladístico básicamente consiste en buscar y encontrar el árbol, o grupo de árboles, que minimice el número de cambios evolutivos (transformaciones de carácter) que se requiere para explicar la distribución de un grupo de estados de caracteres entre los taxones (terminales) bajo análisis (Kitching *et al.*, 2018). Esto se realiza en dos pasos. Primero se infiere el número de cambios evolutivos (longitud) que ocurrieron en cada árbol posible dados los taxones bajo estudio. En seguida se busca el árbol o árboles de menor longitud. En los dos pasos se aplica el principio de parsimonia. En esta práctica únicamente se trabajará con el primer paso.

Considere la matriz y el árbol que se muestran en la figura 5.1. Un 0 dentro de una celda representa un estado de carácter plesiomórfico (primitivo), y un 1 uno apomórfico (derivado). Para inferir la historia de cambio del carácter “1” (primera columna de la matriz), primero se mapean en el árbol los estados de carácter que tiene cada terminal (árbol de la derecha en la figura 5.1). En seguida se plantean escenarios alternativos de cambios de estado de carácter. Cada escenario debe ser tal que explique la distribución de los estados de carácter (0 y 1) del carácter 1 entre los taxones bajo análisis (Fig. 5.2).

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	35 / 167

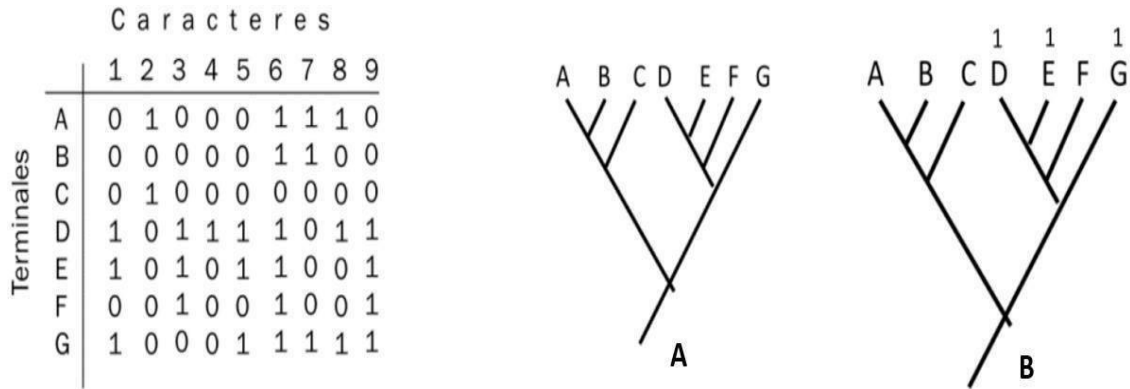


Figura 5.1. Izquierda, matriz de caracteres. Los ceros representan caracteres plesiomórficos y los unos apomórficos. A) árbol evolutivo para los terminales representados en la matriz de caracteres. B) árbol que muestra que taxones poseen el carácter apomórfico del carácter1.

Finalmente se utiliza el criterio de parsimonia para decidir qué escenario representa la mejor hipótesis respecto a la historia de cambio del carácter. Al aplicar este criterio elegimos el escenario que involucre el menor número de cambios posibles. En la figura 5.2 se observa que hay un escenario que involucra tres cambios paralelos y dos que involucran dos cambios. En los primeros dos escenarios (de derecha a izquierda) los terminales D, E y G comparten una similitud no homóloga. Esto es, el estado de carácter 1 resultó ser homoplásico (porque no tuvo un origen único inmediato). En el tercer escenario los terminales comparten una plesiomorfía. De acuerdo con el criterio de parsimonia debemos elegir cualquiera de los dos escenarios que involucran dos cambios (por ser los más sencillos). En este caso se eligió el árbol de la izquierda.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	36 / 167

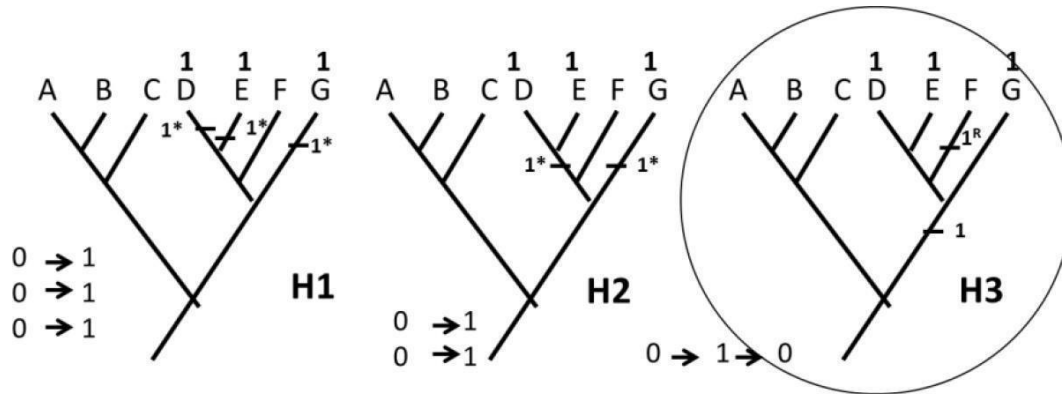


Figura 5.2. Tres escenarios diferentes de historias de cambio de carácter (H1, H2 y H3) para el carácter 1 de la matriz de la Fig. 5.1). H1. Se asume que los terminales D, E y G adquirieron el estado de carácter 1 de manera independiente (ocurrieron tres cambios paralelos). H2. Se considera que el ancestro del grupo {D, E} adquirió el estado de carácter 1, y que un cambio similar ($0 \rightarrow 1$) ocurrió en el terminal G (dos cambios paralelos en total). D y E heredaron el estado de carácter 1 de su ancestro mientras que G lo adquirió de manera independiente. H3. En este escenario el ancestro del grupo {D, E, F, y G} adquirió la novedad evolutiva pero este carácter volvió a cambiar a la condición primitiva en el terminal F (dos cambios: $0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$). D, E y G heredaron el estado de carácter 1 de su ancestro. Los asteriscos indican cambios paralelos y el superíndice R indica una reversión.

De manera similar debe mapearse la historia de cambio de cada carácter en el árbol considerado. El resultado es un árbol con una longitud igual a 16 (Fig. 5.3).

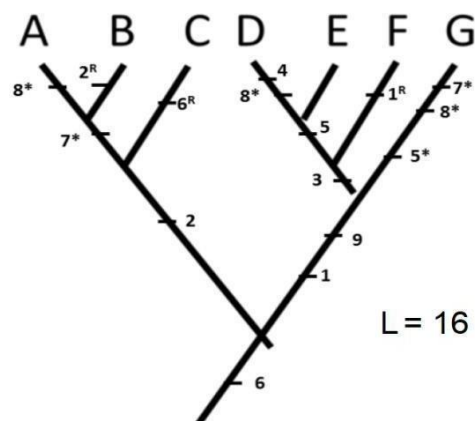


Figura 5.3 Número total de cambios de carácter (L) estimado mediante el principio de parsimonia.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	37 / 167

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz y goma
Regla

EQUIPO

Proyector
Pantalla
Computadora

SERVICIOS

Luz
Agua

PROCEDIMIENTO

Considere la matriz y el árbol que se muestran en la figura 5.4. Un cero en una celda representa un estado de carácter plesiomórfico y el 1 un apomórfico.

- Para cada carácter proceda como sigue:
 - Identifique y mapee en el árbol que terminales poseen la condición apomórfica.
 - Plantee al menos tres escenarios posibles de cambio de carácter, considerando que cada escenario debe de explicar de qué manera los terminales que posee el estado apomórfico adquieren este carácter. Es necesario asegurarse que se ha planteado el o los escenarios más sencillos posibles (con menos cambios).
 - Aplique el criterio de parsimonia para elegir un escenario de cambio de carácter.
- Calcule la longitud del árbol.
- Considere otros dos de los árboles posibles dados los taxones mencionados en la matriz (Fig. 5.4) y estime su longitud siguiendo los pasos considerados en el paso 1

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	38 / 167

	Caracteres									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0
B	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
C	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
D	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
E	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0
F	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
G	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0

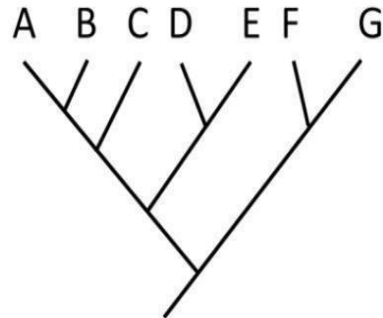


Figura 5.4 Matriz de datos polarizada y una de las filogenias posibles para los terminales involucrados.

RESULTADOS

El alumno entregará tres árboles evolutivos. Para cada árbol mostrará los pasos 1 y 2 señalados en el procedimiento

El alumno incluirá en el informe las respuestas del siguiente cuestionario.

CUESTIONARIO

1. ¿En qué consiste la parsimonia de Fitch?
2. ¿Por qué es justificable aplicar el principio de parsimonia en un análisis cladístico?
3. ¿En qué casos no sería recomendable aplicar el principio de parsimonia?

REFERENCIAS

Kitching, I.J., Peter, L. F. L., Humpries, C. J. y Williams, D. M. (2018). *Cladistics: the theory and practice of parsimony analysis*. New York: Oxford University Press.

Lemey, P., Salemi, M. y Vandame, A. M. (2009). *The phylogenetic handbook. A practical approach to phylogenetic analysis and hypothesis testing*. (2a ed.). Cambridge University Press



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	39 / 167

PRÁCTICA 6. RECONOCIMIENTO DE CARACTERES Y GRUPOS DE TAXONES DENTRO DE CLADOGRAMAS PARTICULARES

OBJETIVOS

Distinguir entre grupos monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos.

Reconocer caracteres homólogos (autapomorfía, sinapomorfía y simplesiomorfía) y homoplásicos (convergencias, paralelismos, reversiones).

FUNDAMENTO TEÓRICO

De acuerdo con el enfoque taxonómico cladista la clasificación biológica debe considerar únicamente especies y grupos monofiléticos (Hennig, 1968). Un grupo monofilético es un grupo de especies formado por una especie ancestral y todas sus especies descendientes. Se considera un grupo natural en virtud de que tiene una historia de descendencia única. Un cladograma representa la historia de descendencia de un grupo de taxones y está integrado por un taxón ancestral y todas sus especies descendientes. Por lo tanto, un cladograma representa la historia de descendencia de un grupo monofilético. Cada ancestro hipotético dentro de un cladograma dio origen a una serie de descendientes, los cuales están representados por las ramas que se desprenden de la rama que representa al ancestro en cuestión. Por lo tanto, un cladograma incluye varios grupos monofiléticos, también denominados clados, los cuales pueden estar anidados o representar grupos taxonómicos mutuamente exclusivos.

Es importante distinguir entre grupos monofiléticos o naturales y otras agrupaciones de especies ya que, como se señaló arriba, únicamente los primeros son válidos para la clasificación biológica. Los otros grupos que pueden considerarse son los parafiléticos y los polifiléticos. Un grupo parafilético está formado por una especie ancestral y algunas de sus especies descendientes. Es considerado como un grupo artificial debido a que puede construirse fácilmente eliminando a uno o más de los descendientes de un ancestro y por lo tanto no es el producto de una historia de descendencia (Morrone 2014). Los grupos polifiléticos son grupos de especies que no poseen un ancestro común inmediato y de este modo no comparten una única historia de descendencia. Al igual que los grupos parafiléticos se consideran como artificiales.

Una tarea principal en sistemática consiste en descubrir grupos monofiléticos y considerarlos parte de una clasificación biológica (Wiley, 1984). Los caracteres que permiten descubrir grupos monofiléticos son los sinapomórficos. Una sinapomorfía es un carácter de origen reciente compartido por un grupo de especies que desciende de una especie ancestral, la que adquirió el carácter. Es reciente en el sentido de que desde su origen no ha dado origen a algún



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	40 / 167

otro rasgo novedoso. Por lo tanto, todos los descendientes de la especie ancestral debieron heredar el carácter novedoso el cual ahora consiste en una similitud que caracteriza al clado involucrado. Por ejemplo, el pelo debió haber surgido por primera vez en alguna especie determinada y hasta la fecha sigue siendo un carácter reciente debido a que no ha dado origen a otro rasgo alternativo. La especie que adquirió pelo por primera vez lo heredó a todas sus especies descendientes y ahora la presencia de pelo es una sinapomorfía que permite identificar al clado de los mamíferos.

En comparación, las simplesiomorfías y las homoplasias caracterizan grupos artificiales. Una simplesiomorfía es un carácter primitivo compartido por un grupo de especies que desciende de un ancestro común, el que adquirió el rasgo por primera vez. El carácter es primitivo debido a que dio origen a otro más reciente. De este modo, dado que cambió en al menos una especie, no se heredó intacto en todos los descendientes del ancestro involucrado. En consecuencia, lo comparten una especie antecesora y solo algunas de sus especies descendientes. Una homoplasia es un carácter compartido por dos o más especies las cuales lo heredaron de al menos dos ancestros distintos. Esto es, el carácter lo adquirieron al menos dos especies distintas y subsecuentemente cada una de ellas lo heredó a sus especies descendientes y, consecuentemente, las especies que comparten el rasgo constituyen un grupo polifilético.

Las sinapomorfías y las plesiomorfías son caracteres homólogos en virtud de que descienden de un carácter ancestral común inmediato. En cambio, las homoplasias no son rasgos homólogos porque proceden de más de un carácter ancestral inmediato (Morrone, 2014). Dentro de un cladograma las sinapomorfías, simplesiomorfías y las homoplasias son rasgos compartidos por dos o más taxones terminales. No obstante, un rasgo puede ser exclusivo de un taxón terminal y de este modo ser homólogo únicamente con respecto al rasgo que le dio origen. En este caso, el carácter constituye una autapomorfía para el taxón que lo posee. Es importante notar que los términos empleados para referirse a caracteres dentro de un cladograma son relativos. Por ejemplo, si en un cladograma hay dos ramas que representan alguna especie de ave, la presencia de plumas sería una sinapomorfía para las aves. Sin embargo, si en un cladograma las aves están representadas por una sola rama, el carácter "presencia de plumas" será una autapomorfía para las mismas.

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz, goma, regla

EQUIPO

Proyector
Pantalla
Computadora



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	41 / 167

SERVICIOS

Luz
Agua

Procedimiento

La figura 6.1 muestra un cladograma para ocho taxones. Con base en éste realice las siguientes actividades y responda lo que se le solicite

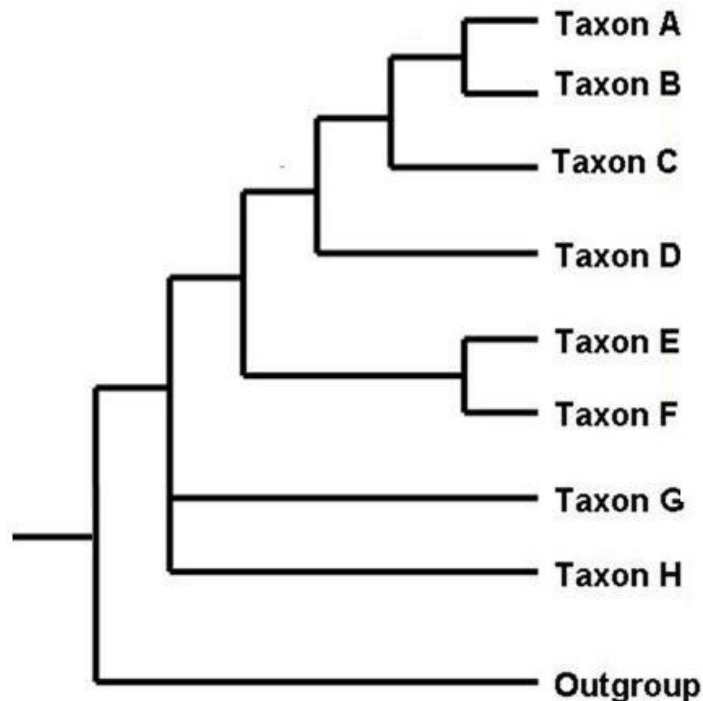


Figura 6.1 Historia de descendencia de ocho taxones (A a H).

1. El grupo integrado por los taxones A, B y D, ¿es un grupo monofilético, parafilético o polifilético? Justifique su respuesta

Considere que, de los dos estados de un carácter binario, uno (\diamond) es compartido por el grupo {A, C, D} y el otro (\blacklozenge) lo posee el taxon B. ¿El estado de carácter \diamond es homólogo u homoplásico? Justifique la respuesta. ¿Qué tipo de rasgo es el estado de carácter \blacklozenge ? ¿Qué taxones compartirían este rasgo? ¿Qué tipo de grupo de especies sería el grupo que comparte el carácter \blacklozenge ? Justifique su respuesta.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	42 / 167

2. El grupo integrado por los taxones A, B, y F, ¿es un grupo monofilético, parafilético o polifilético? Justifique su respuesta.

Considere que de los dos estados de un carácter binario, uno (\square) es compartido por el grupo {A, B, F} y el otro (\blacksquare) lo poseen los demás taxones. ¿El estado de carácter \square es homólogo u homoplásico? Justifique la respuesta. ¿Qué tipo de rasgo es el estado de carácter \blacksquare ? ¿Qué tipo de grupo de especies sería el grupo que comparte el carácter \blacksquare ? Justifique su respuesta.

3. El grupo integrado por los taxones A, B, C y D, ¿es un grupo monofilético, parafilético o polifilético? Justifique su respuesta.

Considere que de los dos estados de un carácter binario, uno (\triangle) es compartido por el grupo {A, B, C, D} y el otro (\blacktriangle) lo poseen los demás taxones. ¿El estado de carácter \triangle es homólogo u homoplásico? Justifique la respuesta. ¿Qué tipo de rasgo es el estado de carácter \blacktriangle ? ¿Qué tipo de grupo de especies sería el grupo que comparte el carácter \blacktriangle ? Justifique su respuesta.

RESULTADOS

El alumno entregará las respuestas a cada una de las actividades planteadas el procedimiento.

CUESTIONARIO

1. Proporcione dos ejemplos de grupos monofiléticos y señale las sinapomorfias que los caracterizan.
2. ¿Por qué razón la clase Reptilia, reconocida por evolucionistas de mediados del siglo XX (esto es, integrado por serpientes, lagartijas, tortugas, cocodrilos y esfenodóntidos), constituye un grupo parafilético?
3. ¿Pueden ser homólogos dos caracteres diferentes?
4. ¿Cuál es la diferencia de un cambio paralelo y una reversión?

REFERENCIAS

Hennig, W. (1968). *Elementos de una sistemática filogenética*. Buenos Aires, Argentina: Eudeba.

Morrone, J. J. (2014). *Sistemática. Fundamentos, métodos, aplicaciones*, Ciudad de México, México DF.

Wiley, E. O. (1984). *Phylogenetics. The theory and practice of phylogenetic systematics*, New York, USA: John Wiley & Sons, Inc., Publication.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	43 / 167

PRÁCTICA 7. ALGORITMO DE WAGNER PARA ENCONTRAR ÁRBOLES PARSIMONIOSOS

OBJETIVO

Conocer y analizar cada uno de los pasos que incluye el algoritmo de Wagner.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Uno de los primeros algoritmos que se desarrollaron con el fin de encontrar árboles parsimoniosos es el algoritmo de Wagner (Farris, 1970). Al igual que el método manual, el algoritmo de Wagner trabaja con matrices de carácter polarizadas. Además, este algoritmo requiere de información sobre el grupo externo.

El algoritmo de árboles de Wagner se basa en la determinación de distancias de Manhattan para establecer la relación entre diferentes taxones. Al aplicar este algoritmo a una matriz polarizada de caracteres no siempre se obtiene el árbol más parsimonioso. Esto se debe a que en cada fase de la construcción del árbol la topología de un árbol en turno depende de la topología del árbol previo. De este modo, realmente no se examinan todas las topologías posibles. Sin embargo, el algoritmo permite al menos obtener árboles con longitudes relativamente pequeñas en comparación con la mayoría de las alternativas posibles. Finalmente, los árboles de Wagner pueden servir de base para la aplicación de otros algoritmos por ejemplo el algoritmo “Branch and Bound”.

El algoritmo de Wagner trabaja de manera secuencial y conecta todos los taxones hasta que todos han sido incorporados. Es decir, primero agrupa dos taxones, después agrega otro y obtiene un árbol de tres taxones, y así sucesivamente hasta reunir a todos los taxones (Lipscomb, 2018). En cada fase dentro de este proceso la adición del taxón en turno se hace de tal modo que se minimice el número de cambios que tendrá el siguiente árbol más inclusivo (Morrone, 2000 y 2013).

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz y goma
Regla

EQUIPO

Proyector
Pantalla
Computadora



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	44 / 167

SERVICIOS

Luz
Agua

PROCEDIMIENTO

Para encontrar cladogramas parsimoniosos con el algoritmo de Wagner se presenta la matriz polarizada de caracteres en la figura 7.1. En esta matriz 0 = condición plesiomórfica, 1 = condición apomórfica; GE = grupo externo.

taxones	caracteres				
	1	2	3	4	5
GE	0	0	0	0	0
A	1	0	0	0	0
B	1	1	0	1	0
C	0	1	1	1	0

Figura 7.1 Matriz polarizada de caracteres.

Registrar el número total de condiciones derivadas (apomorfías) que posee cada uno de los taxones bajo análisis (Fig. 7.2).

taxones	caracteres					Apomorfías
	1	2	3	4	5	
GE	0	0	0	0	0	0
A	1	0	0	0	0	1
B	1	1	0	1	0	3
C	0	1	1	1	0	3

Figura 7.2 Matriz polarizada de caracteres. A la derecha se muestra el número de apomorfías de cada taxón.

Encuentra el taxón con el menor número de apomorfías y se une al grupo externo. En este caso el taxón con menor número de apomorfías es el taxón A, el cual tiene solo una apomorfía (Fig. 7.2). Por lo tanto, el taxón A se une al grupo externo GE (Fig. 7.3).

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	45 / 167



Figura 7.3. Primer grupo formado, el taxón A unido al grupo externo.

Se encuentra el siguiente taxón con el menor número de apomorfías y se forma un grupo al unir éste con el taxón elegido en el primer paso. Este grupo se une al grupo externo. En este ejemplo, los taxones B y C presentan el mismo número de apomorfías (ver Fig. 7.2). Cuando este es el caso, se elige como siguiente taxón a cualquiera de los taxones involucrados. Aquí elegiremos al taxón B. Por lo tanto, como se observa en la figura 7.4, B se une a A y el grupo así formado (AB) se une al grupo externo.

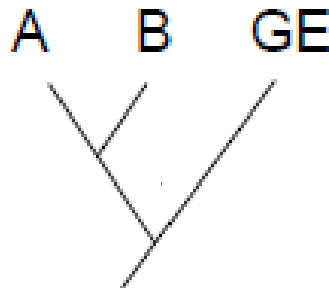


Figura 7.4 Grupo AB unido al grupo externo.

La unión de los taxones A y B origina una nueva rama (Fig. 7.4) que une a este grupo con el grupo externo. Esta nueva rama representa al taxón que dio origen a los taxones A y B. Ahora el árbol comprende cuatro ramas, dos ramas externas que conducen a los taxones terminales A y B, una rama interna que representa al antecesor de los taxones A y B y la rama externa que conduce al grupo externo.

Se infieren las condiciones que debió tener el ancestro del grupo recién formado. Para esto se comparan las condiciones presentes en los taxones “descendientes” (en este caso A y B). Si para un carácter dado ambos taxones comparten la condición apomórfica se asume que el taxón ancestral tuvo la condición apomórfica. En cualquier otro caso se asume que el taxón ancestral tuvo la condición plesiomórfica. Como se observa en la matriz de caracteres (Fig. 7.2), los taxones A y B únicamente comparten una apomorfía, la correspondiente al carácter 1. En los casos restantes o ambos taxones poseen la condición plesiomórfica o mientras un taxón posee la condición plesiomórfica el otro posee la apomórfica. Por lo tanto, las

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	46 / 167

condiciones inferidas para el taxón antecesor es 10000. Esto es, bajo esta perspectiva, el antecesor del grupo AB debió tener la condición apomórfica del carácter uno y la condición plesiomórfica de los otros caracteres.

A la serie de condiciones presentes en un taxón antecesor se le denomina vector. Por ejemplo, el vector del antecesor del grupo AB es 10000 (Fig. 7.5). Asimismo, diremos que las series de condiciones de carácter para cada uno de los taxones terminales son los vectores de los mismos. Por ejemplo, el vector de condiciones de carácter para el taxón C es 00111 (Fig. 7.1). Dado el vector obtenido para el antecesor del grupo recién formado, el árbol obtenido hasta este paso es:

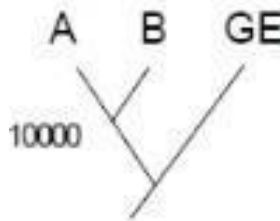


Figura 7.5 Grupo AB con su respectivo vector

Se encuentra al siguiente taxón con el número más bajo de apomorfías. En este caso se elige el taxón C el cuál como vimos en la figura 7.2 tiene el mismo número de apomorfías que el taxón B. En seguida se une este taxón a una de las ramas del árbol bajo construcción.

Como se observa en la figura 7.6, hay cuatro maneras distintas de unir el taxón C al árbol bajo construcción (se puede unir a cualesquiera de las ramas del árbol en cuestión). En consecuencia, tiene que decidirse exactamente a qué rama unir el taxón C.

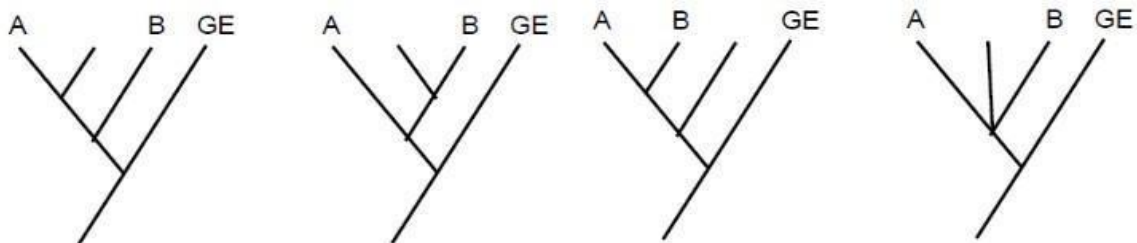


Figura 7.6. Distintas maneras de unir el taxón C al árbol obtenido en el paso 3 (ver texto para explicación). De izquierda a derecha: el taxón C (rama terminal no rotulada) se une al taxón A; el taxón C se une al taxón B; el taxón C se une al grupo AB; el taxón C forma unatritomía con los taxones A y B.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	47 / 167

Para este fin, se comparan y se calculan las diferencias (distancias) entre las condiciones de carácter de este taxón (C) y las condiciones de carácter de cada uno de los taxones incluidos en el cladograma bajo construcción (A, B, GE y ancestro de los taxones A y B).

El cálculo de las distancias entre las condiciones de carácter del taxón C y cualesquiera de los taxones involucrados (A, B, GE, o AB –esto es el antecesor de los taxones A y B) consiste simplemente en registrar el número de caracteres para los cuales los taxones bajo comparación tienen condiciones de carácter distintos. Por ejemplo, los vectores (condiciones de carácter) correspondientes a los taxones C y A son distintos para cuatro caracteres (1, 3, 4 y 5, ver matriz de la figura 7.2). Por lo tanto, la distancia entre estos taxones es 4. Asimismo, la distancia entre el taxón C y cada uno de los otros taxones involucrados son:

Distancia de C-B = 2

Distancia de C-GE = 3

Distancia de C-AB = 4

Para calcular la distancia entre el taxón C y el antecesor de los taxones A y B (Distancia de C-AB) se comparan y se cuentan las diferencias entre los vectores correspondientes (estos, la de los taxones C y AB). Una vez que se han calculado las distancias entre el taxón elegido y cada uno de los taxones que integran al cladograma bajo construcción, el algoritmo de Wagner une dicho taxón con el taxón (rama) con el cual tuvo una menor distancia. Por lo tanto, en este caso el taxón C se une a la rama que representa al taxón B.

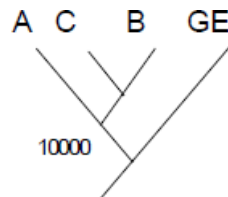


Figura 7.7. Grupo CB unido al antecesor A.

Al unir los taxones C y B se crea una nueva rama interna, la cual representa al antecesor del grupo recién formado (CB). Nótese que la rama que se creó al unir a los taxones A y B (paso 3) ahora representa al antecesor del grupo formado por los taxones A, C y B. Esto se debe a que el taxón C se “incluyó” dentro del grupo AB. Por lo tanto, las condiciones previamente inferidas para el antecesor del grupo AB (que en este paso ya no tiene validez) ahora representan las condiciones para el ancestro del grupo ACB. Esto es, el vector del antiguo grupo AB ahora es el vector del grupo ACB.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	48 / 167

Se infieren las condiciones que debió tener el antecesor del grupo recién formado (CB). Como en el caso anterior, esto se hace al tomar en cuenta las apomorfias compartidas por los taxones involucrados (en este caso C y B). Como se observa en la matriz de caracteres (ver la matriz en la figura 7.2), los taxones C y B únicamente comparten una apomorfia, la correspondiente al carácter 4. Por lo tanto, el vector de condiciones de carácter para el ancestro del grupo CB es 00010. La implicación es que el antecesor del grupo debió tener la condición apomórfica del carácter cuatro y la condición plesiomórfica de los otros caracteres. Por lo tanto, el cladograma resultante se muestra en la figura 7.8.

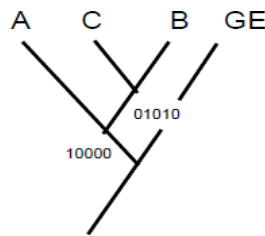


Figura 7.8 Árbol con vectores para el ancestro de GE y del ancestro AB.

Se repiten los pasos (5) y (6) hasta que se hayan terminado de agregar todos los taxones. Esto es, se elige el siguiente taxón con el menor número de apomorfias, se une este taxón al árbol bajo construcción (con base en las distancias calculadas entre el taxón elegido y cada uno de los taxones [ramas] presentes en el cladograma en desarrollo) y se calcula el vector para el ancestro que se forme. En el presente ejercicio ya no hay más taxones. Por lo tanto, se procede con el paso ocho.

Se obtiene un árbol final el cual muestra el patrón de ramificación que dio origen a los taxones bajo análisis. Esto se hace comparando los vectores de carácter de todos los taxones involucrados. En seguida se señala, con base en el cladograma obtenido para la matriz polarizada de caracteres (ver paso 1), cómo se realiza este último paso. El árbol que se muestra en la figura 7.9 es el mismo que el que se muestra en la figura 7.8 pero ahora también se muestran los vectores correspondientes a todos los taxones, internos y externos. El vector correspondiente al antecesor de todos los taxones se obtiene al comparar los vectores de sus dos descendientes inmediatos, el antecesor del grupo ACB y el grupo externo. Debido a que el vector del grupo externo es 00000 el vector del ancestro de todos los taxones también es 0000.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	49 / 167

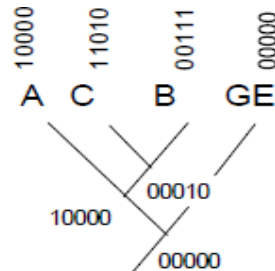


Figura 7.9 El árbol muestra el vector del ancestro de todos los taxones.

Al comparar el vector correspondiente al antecesor de todo el grupo (incluyendo el grupo externo) con el vector correspondiente al antecesor del grupo {A, C, B} se observa que hay una diferencia. Las condiciones del carácter 1 son diferentes, en el antecesor más basal se encuentra la condición plesiomórfica y en el antecesor del grupo {A, C, B} (el cual es uno de los descendientes del antecesor más basal) se encuentra la condición apomórfica. Este carácter apoya la existencia del clado {A, C, B}. Al comparar el vector del antecesor del grupo {A, C, B} con el vector del antecesor del grupo {C, B}, el cual es descendiente del primer antecesor se detectan dos diferencias. El carácter uno es 1 en el antecesor más basal y 0 en el antecesor descendiente. Por el contrario, el carácter 4 es 0 (plesiomórfico) en el antecesor y 1 (apomórfico) en su descendiente. Por lo tanto, hay dos caracteres que respalden la existencia del grupo este grupo {C, B}. De este modo, el resultado final es un cladograma similar al cladograma mostrado arriba (pero sin los vectores).

Si ocurriera que el vector del antecesor del grupo {A, C, B} fuera idéntico al vector del antecesor del grupo {C, B} entonces no existiera ningún carácter que respaldara la existencia del grupo {C, B}. En este caso hipotético se tendría que deshacer el grupo {C, B} y considerar una tritomía constituida por el antecesor del grupo {A, C, B} y estos tres taxones terminales.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	50 / 167

RESULTADOS

De acuerdo con lo examinado en el procedimiento de esta práctica aplicar el algoritmo de Wagner a la matriz polarizada de la figura 7.10 y reportar en el informe lo siguiente:

- a) Obtener un árbol de longitud mínima.
- b) En cada paso del algoritmo, muestre las distancias calculadas y los cladogramas en proceso de crecimiento (con los vectores correspondientes).
- c) De acuerdo con sus resultados conteste lo siguiente:

CUESTIONARIO

1. ¿Qué ventajas tiene el usar el algoritmo de Wagner?
2. ¿Cuándo es más recomendable utilizar el principio de parsimonia de Wagner?

Caracteres

Taxón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
GE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
B	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1
C	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
D	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
E	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1

Figura 7.10. Matriz de datos de un grupo hipotético.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	51 / 167

REFERENCIAS

Farris, J. S. (1970). Methods for Computing Wagner Trees. *Systematic Zoology*, 19(1), 83-92.

Lipscomb, D. L. (2018). *Basic of cladistic analysis*. George Washington, Washington. D. C. Disponible en www.gwe.edu/clade/faculty/Lipscomb/cladistics.pdf.

Morrone, J. J. (2000). *El lenguaje de la cladística*. (1a Ed.). Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM.

Morrone, J. J. (2013). *Sistemática. Fundamentos, métodos, aplicaciones*. Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM. México.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	52 / 167

PRÁCTICA 8. TÉCNICAS DE CONSENSO

OBJETIVO

Examinar las técnicas de consenso más comunes utilizadas para reducir los resultados de un análisis filogenético en un cladograma.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuando se aplica algún método de reconstrucción filogenética lo común es que se obtengan varios cladogramas iguales. Esto puede ocurrir porque el análisis de la matriz de datos produjo dos o más cladogramas igualmente parsimoniosos o porque la evidencia incluía dos o más fuentes de datos diferentes que fueron analizadas independientemente (ej. caracteres morfológicos y caracteres moleculares) (Morrone, 2000, 2013). Si bien, no es posible conocer la verdadera filogenia, es deseable aplicar alguna técnica de consenso particular para obtener un solo cladograma a partir de todos los árboles obtenidos a través de un análisis particular. Los cladogramas de consenso combinan la información de los diferentes cladogramas en uno solo con base en diferentes criterios. Los más utilizados son el consenso estricto y el consenso de mayoría. Un cladograma de consenso estricto contiene solo los clados que existen en todos los cladogramas originales, mientras que el consenso de mayoría contiene los clados que se encuentran en más del 50% de los cladogramas de entrada (Morrone, 2013). En ambos casos los clados que no cumplen estas características se representan como una politomía.

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz y goma
Regla

EQUIPO

Proyector
Pantalla
Computadora



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	53 / 167

SERVICIOS

Luz
Agua

PROCEDIMIENTO

A partir de la figura 8.1 reconstruye el cladograma de consenso estricto y consenso de mayoría de acuerdo a lo siguiente:

- 1.- Determina los clados que están presentes en todos los cladogramas
- 2.- Determina las incongruencias presentes en al menos dos cladogramas
- 3.- Determina los clados que están resueltos en más de la mitad de los cladogramas

Dibuja un cladograma donde los clados del punto 1 aparezcan resueltos y los clados del punto 2 representen una politomía (consenso estricto)

Dibuja un cladograma donde los clados de los puntos 1 y 3 aparezcan resueltos (consenso de mayoría).

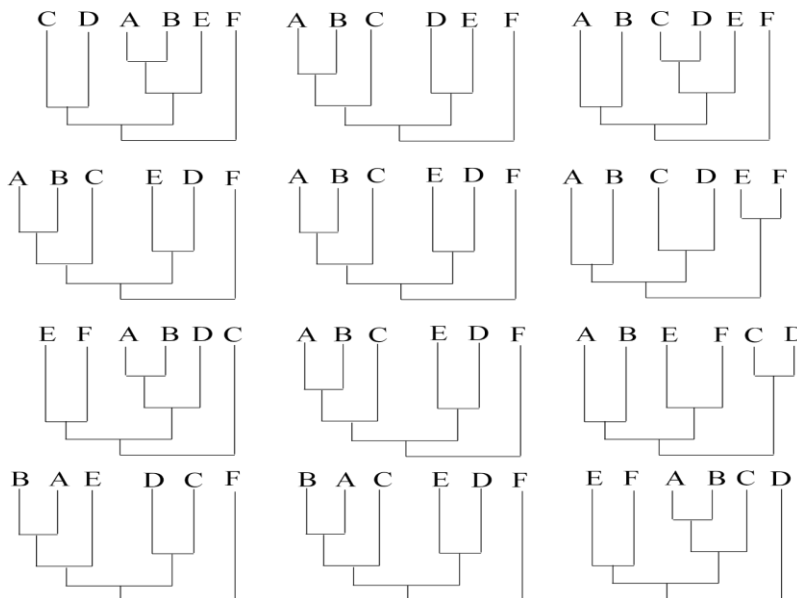


Figura 8.1 Cladogramas originales obtenidos a partir de un análisis cladista.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	54 / 167

RESULTADOS

De acuerdo con lo examinado en el procedimiento reportar en el informe lo siguiente:

- A partir de los cladogramas de la figura 8.1 reconstruya e interprete el cladograma de consenso estricto y el cladograma de consenso de mayoría.
- Describa cómo fue la historia evolutiva de los taxones con base en el consenso de mayoría

CUESTIONARIO

- ¿Por qué es importante tener una sola hipótesis evolutiva?
- Desde un punto de vista evolutivo, ¿Cuál es el problema al interpretar diferentes cladogramas generados con los mismos datos?

REFERENCIAS

Morrone, J. J. (2013). *Sistemática. Fundamentos, métodos, aplicaciones*. (1a Ed.). Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM.

Morrone, J. J. (2000). *El lenguaje de la cladística*. Ciudad de México, México: Facultad de Ciencias, UNAM.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	55 / 167

PRÁCTICA 9. EVALUACIÓN DE CLADOGRAMAS MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES ESTADÍSTICOS

OBJETIVO

Analizar los índices comúnmente utilizados para evaluar el ajuste entre un conjunto de datos y un cladograma; índices: consistencia, retención y consistencia reescalado.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Cuando se tiene un árbol filogenético es conveniente conocer que tan bien se encuentra respaldado por la matriz de datos subyacente. Se considera que los árboles que suponen pocos cambios homoplásicos son más confiables que aquellos que suponen muchos cambios de este tipo. Los árboles con poca o ninguna homoplasia se ajustan bien a una matriz de datos. Esto es, cuando hay poca o ninguna homoplasia, todos o la gran mayoría de los caracteres (con excepción de las autapomorfías o los caracteres poseídos por todos los taxones terminales) respaldan la existencia de los grupos monofiléticos obtenidos, sin tener que asumir orígenes paralelos o reversiones.

Desde este punto de vista entre menor sea la cantidad de homoplasia mejor será el ajuste entre un árbol y la matriz de datos subyacente. Se han propuesto varias medidas para evaluar la cantidad de homoplasia presente en un árbol, y todas ellas proporcionan una idea acerca de la manera con la cual la información contenida en la matriz de caracteres involucrada respalda las relaciones reflejadas en el mismo. Estas medidas también pueden ser útiles para elegir algún cladograma de entre varias alternativas igualmente parsimoniosas (obtenidas con los mismos taxones pero distintas matrices de datos). Las medidas estándar son: (1) longitud del cladograma, (2) índice de consistencia e (3) índice de retención (Kitching, 2018).

MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta
Lápiz y goma
Regla

EQUIPO

Proyector
Pantalla
Computadora



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	56 / 167

SERVICIOS

Luz
Agua

PROCEDIMIENTO

Del cladograma de la figura 9.2 obtenido a partir de la matriz de datos representada en la figura 9.1 calcule:

- a. La longitud (L)
- b. El índice de consistencia (CI)

Para este fin, utilice la siguiente fórmula: $IC = M/L$

Donde: **M** número mínimo posible de cambios y **L** = longitud del árbol

M puede calcularse como: número de caracteres doble estado + 2 (número de caracteres con tres estados) + 3 (número de caracteres con cuatro estados), etc.

- c. El índice de retención (IR).

Para este fin, utilice la siguiente fórmula: $IR = (G-L)/(G-M)$

Donde: **G** = puede calcularse como sigue:

Para cada carácter en la matriz de la figura 9.1 considere la condición que esta menos representada entre los seis taxones. **G** es la suma de las veces en que se presenta esta condición en cada taxón.

taxón	Caracteres							
	1	2	3	4	5	6	7	8
GE	0	0	0	0	0	0	0	0
A	1	0	0	0	1	1	1	1
B	0	1	0	0	1	1	1	0
C	0	0	1	0	0	1	1	0
D	0	0	0	1	0	0	1	1
E	1	0	1	1	0	0	0	0

Figura 9.1 Matriz de datos de un grupo hipotético.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	57 / 167

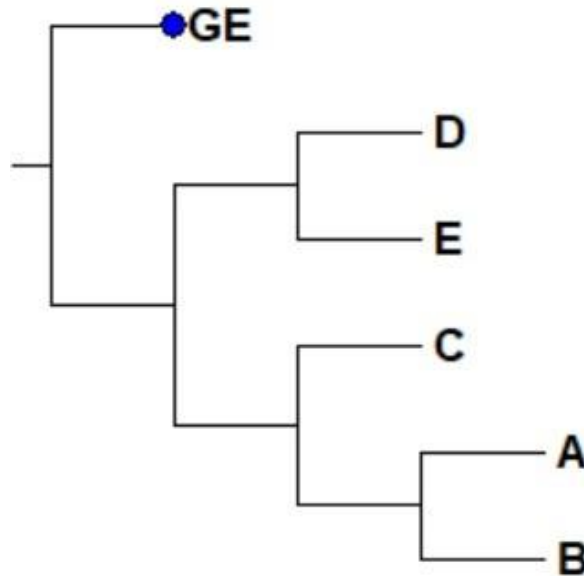


Figura 9.2 Cladograma de especies de un grupo hipotético.

RESULTADOS

El alumno entregará un informe donde reportará lo que a continuación se le solicita:

- La longitud del árbol, el CI y el IR para la matriz de datos.
- Con base en lo anterior responda lo siguiente:

¿Qué tan bien respaldada estuvo la matriz de datos?

¿Qué cladograma está mejor soportado por la matriz de datos?

REFERENCIAS

Kitching, I.J., Peter, L. F. L., Humpries C. J. y Williams, D. M. (2018). *Cladistics: the theory and practice of parsimony analysis*. (2a ed.). New York, Oxford University Press.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	58 / 167

EXPERIMENTO 10. RELACIONES FILOGENÉTICAS DE UN GRUPO DE ORGANISMOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CLADISTA

OBJETIVO

Inferir a partir de los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores las relaciones filogenéticas de un grupo de organismos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Con base en el objetivo el alumno deberá construir un marco teórico adecuado para deducir las relaciones filogenéticas de un grupo determinado de organismos, basándose en la información revisada en las prácticas precedentes y la investigación bibliográfica sugerida. En este experimento, el alumno deberá discutir con el profesor el material a considerar, los servicios, el procedimiento a desarrollar y el equipo a emplear.

MATERIAL Y REACTIVOS

Estereoscopio Lupa

Equipo de disección Libreta

Lápiz y goma

Regla

Programas para computadora: WinClada 1.0008, Nona

Literatura especializada Material

biológico

El profesor especificará el grupo de organismos con el que se va a trabajar (ej. coleópteros, lepidópteros, arácnidos, plantas, etc.)

EQUIPO

Proyector Pantalla

Computadora

SERVICIOS

Luz

Agua



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	59 / 167

PROCEDIMIENTO

Se examinará la morfología de las especies elegidas para distinguir caracteres morfológicos. El alumno debe consultar literatura especializada (principalmente descriptiva) de acuerdo con el grupo que el profesor indicó, con el fin de que la descripción de sus ejemplares le sea más fácil.

Se elegirán caracteres que varían entre los taxones y formen al menos dos grupos excluyentes.

Con los datos obtenidos se elaborará una matriz de datos r por c. (r= renglones; c= columnas). Donde r serán los taxones y c serán los caracteres, cada celda representará un estado de carácter. Los caracteres elegidos no deberán de tener más de 9 estados de carácter. La matriz de datos se importará al programa WinClada 1.0008 (Nixon, 2019-2002) y NONA (Goloboff, 2019) para realizar el análisis correspondiente.

En el programa se llevará a cabo la edición de taxones y caracteres y se realizará diferentes tipos de búsqueda (ej. heurístico y ratchet).

En caso necesario se utilizará una técnica de consenso (mayoría o estricto).

Se exportará como imagen el cladograma final y se describirá la clasificación obtenida.

RESULTADOS

Reportar en el informe de la práctica lo siguiente:

- 1) Lista de caracteres y sus respectivos estados de carácter
- 2) Matriz de datos
- 3) Cladogramas de consenso (estricto o de mayoría)
- 4) Identificar las sinapomorfías que soportan los distintos clados
- 5) Obtenga:

Longitud total del árbol obtenido.

Índice de consistencia.

Índice de retención.

REFERENCIAS

Amorim, D. D. S. (2017). *Elementos básicos de sistemática filogenética*. Sao Paulo, Brasil: Holos/Sociedad Brasileira de Entomología.

Nixon, K. C. (2019-2002). WinClada ver. 1.0000. Ithaca, New York, USA. Goloboff, P. (2019). NONA (NO NAME), vers. 2. Tucumán, Argentina.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	61 / 192

UNIDAD DE APRENDIZAJE III: MORFOFISIOLOGÍA ANIMAL



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	62 / 192

INTRODUCCIÓN

Actualmente el reino animal se divide en 35 fila, cada uno con un plan estructural propio sumado a sus propiedades biológicas, la uniformidad básica dentro de cada grupo biológico se deriva de la descendencia común. Básicamente los animales difieren en el grado de organización, en la simetría corporal, en las capas embrionarias y el origen de las cavidades corporales, pero existen plan estructural más específico que define a cada filo animal (Hickman *et al.*, 2006; Giribet y Edgecombe, 2020).

La diversidad de formas en el mundo biológico es increíble, pero existen límites reales que han sido modelados por la evolución. Todos los animales deben de llevar a cabo determinadas tareas básicas para sobrevivir y reproducirse. Tienen que conseguir, digerir y metabolizar alimento, además de distribuir los nutrientes útiles para el organismo, tienen que obtener oxígeno para la respiración celular y al mismo tiempo liberarse de los residuos del metabólicos y de materiales sin digerir. Las estrategias desarrolladas por los animales para mantenerse con vida son muy distintas (Brusca y Brusca, 2005).

La unidad de Morfofisiología Animal se introduce al estudio del diseño corporal de los animales y sus características determinantes, así como fundamentos morfofisiológicos desde una perspectiva comparativa. Se promueve la adquisición de conceptos sobre la anatomía funcional a escalas macro y microscópicas, que ayudan en la interpretación de los fenómenos fisiológicos.

Con el propósito de introducir al alumno en los conocimientos del diseño animal y sus características determinantes, se promueve la adquisición de conceptos sobre la anatomía funcional macro y microscópica, para correlacionar estos aspectos en los distintos niveles de organización y complejidad estructural.

Para ello, se incluyen cuatro prácticas, que consisten en el estudio comparado de diferentes grupos de invertebrados, la identificación taxonómica de artrópodos, aplicación de técnicas de preservación de cordados y el estudio de tejidos de cordados.

OBJETIVO

Reconocer los caracteres estructurales de acordados y cordados.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	63 / 192

NORMATIVIDAD

En esta unidad se estudiarán diversos animales. Al ser una institución de educación superior, la reglamentación vigente contempla la autorización para su manejo con fines educativos (Código Sanitario para los Animales terrestres, Capítulo 7.8; Ley Federal de Salud Animal Título VI, Art 105).

Se debe respetar a los organismos, manteniendo condiciones que provoquen el menor dolor o angustia posible (Ley Federal de Salud Animal/Título III).

No se permitirá manipulación errónea o vivisecciones (NOM-062-ZOO-2019, Ley de protección a animales/Art 105).

Para la observación de órganos internos se debe sedar previamente el espécimen, incluyendo invertebrados, seguido de la eutanasia correspondiente, de acuerdo con las características y tamaño de cada animal (NOM-033-SAG/ZOO-2014).

Todo cordado que vaya a manipularse en práctica, no debe ser especie en peligro de extinción o estar incluido en listas de restricción, prefiriendo animales de consumo humano, y de centros de producción certificados, y contar con su certificado expedido por la misma. En caso de los animales para consumo puede obviarse dicho certificado. Si dichos cordados son de consumo humano, los cadáveres se pueden disponer para consumo de mascotas carnívoras.

Se invita a los alumnos a leer las normas y leyes mencionadas para una información más completa sobre el correcto cuidado y manejo de los animales.

En los casos de la generación de residuos de diferente índole se procederá conforme al reglamento de disposición de residuos al final de este manual.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	64 / 192

PRÁCTICA 11. COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE ACORDADOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar comparativamente las estructuras de los principales grupos de Acordados (invertebrados).

FUNDAMENTO TEÓRICO

Se conoce que los invertebrados carecen de vertebras como su nombre los dice, son los animales más abundantes, se estima que el 3 % de las especies descritas son vertebrados: es decir que el 97% de los animales conocidos son invertebrados, y de ellos, el 80 % son insectos. Estos también son parazoa, mesozoa y dentro de los eumetozoa todos los diploblásticos, protostomados, acelosmados, blastocelomados son invertebrados, así como, los equinodermos que son triploblástico deuterostomados, entre otros. En este subreino se encuentra todos los tipos de arquitectura asimétrica, radial, biradial, pentámera y bilateral.

La adaptación de los invertebrados se ve observa en la morfología de cada organismo, la composición, ubicación y relación topográfica de los diferentes órganos que componen estos organismos, es tan variada que no se podría generalizar, en especial en los Phylum que se van a estudiar en esta práctica, que son:

Porifera, las características generales es que son sésiles, de suspensión, multicelulares y utilizan células flageladas llamadas coanocitos para hacer circular el agua. No sólo están ausentes los tejidos verdaderos, sino que la mayoría de las células del cuerpo son totipotentes (arqueocitos) es decir que son capaces de cambiar de forma y función (Brusca *et al.*, 2016; Fernández & Rivas, 2010; Nielsen, 2012).

Cnidaria, presentan simetría biradial, tiene un eje aboral, con una epidermis y una gastrodermis separadas por una capa gelatinosa llamada mesoglea; cavidad gastrovascular o celenterón. Tienen una sola abertura que sirve de boca y ano, la digestión es extracelular (Barnes, 2004; Hickman *et al.*, 2017; Remane *et al.*, 1980).

Nematoda, son animales triploblásticos, blastocelomados, parásitos y de vida libre, con simetría bilateral, radial solo en la región cefálica, vermiformes, usualmente con los extremos ahusados cutícula compleja usualmente con ornamentación o con apariencia. Epidermis con cuatro cordones longitudinales internos a lo largo del cuerpo y sólo con musculatura longitudinal que inerva a los cordones nerviosos, tubo digestivo completo, esófago muscular y trirrariado, diversificado según los diferentes hábitos alimenticios, el sistema excretor glandular o tubular con estructuras únicas llamadas renete, la mayoría son dioicos, en algunas clases con dimorfismo sexual (la hembra más grande), crecimiento directo o por mudas (ecdysis) (Brusca *et al.*, 2016; Franco-Navarro y Lamothe-Argumedo, 2007).



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	65 / 192

Annelida, son organismos triploblásticos, coelomate, protostomado, metamerizados (cuerpo dividido en compartimentos seriados llamados segmentos o metámeros), su aparato digestivo es completo, especializado por regiones y su sistema circulatorio cerrado. En los anélidos se incluyen animales tan conocidos como lombrices de tierra, sanguijuelas, gusanos de arena marinos y gusanos tubulares (Brusca *et al.*, 2016; Fernández-Álamo, 2007; Hickman *et al.*, 2017).

Mollusca, los cuales son, animales triploblásticos, celomados, protostomado, es el segundo Phylum más grandes de los animales están en ambientes acuáticos y terrestres, algunos con exoesqueleto secretado por un tejido epidérmico especializado llamado manto. La clase Gastropoda su cuerpo se divide en pie, cabeza y masa visceral; presentan una estructura bucal llamada rádula formada por dientes quitinosos, los Opisthobranchia (las babosas de mar) no cuentan con concha. Cephalopoda la movilidad se da por medio de la modificación del pie a un embudo (sifón), no cuentan con una rádula si no que tienen un pico quitinoso, su respiración es por medio de branquias. En la clase Bivalva por lo general son sésiles, todos presentan una concha con dos valvas (Brusca *et al.*, 2016; Hickman *et al.*, 2017; Tucker 1974).

Echinodermata, son animales con el cuerpo cubierto externamente por espinas, triploblásticos, deuterostomados, estrictamente marinos. Los adultos de las especies actuales tienen simetría bilateral pentámera secundaria, las larvas (cuando están presentes) presentan simetría bilateral. Su cuerpo se organiza en un eje oral-aboral; tienen endoesqueleto, compuesto por placas u osículos fusionados o separados, cada osículo consiste en una malla de carbonato de calcio (Brusca *et al.*, 2016; Hickman *et al.*, 2017; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

MATERIALES Y REACTIVOS

Estuche de disección (traído por el estudiante)
Guantes de látex (traído por el estudiante)
Frasco de boca ancha 5 de 500 mL (traído por el estudiante)
Agujas de disección (traído por el estudiante)
Charola de disección
Cajas Petri
Pinceles (traído por el estudiante)
Navaja de disección (traído por el estudiante)
Pinzas de relojero (traído por el estudiante)

Reactivos

Alcohol



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	66 / 192

Material Biológico

Para Esponjas, Cnidaria, Nematoda y Equinodermata, la observación se llevará a cabo en el organismo que el profesor facilite, en Annelida se hará la observación en una lombriz de tierra.

Para Mollusca se trabajará con un pulpo, almejas y ostiones, caracol. Los alumnos obtendrán los organismos de la venta comercial de alimentos, en mercados.

EQUIPO

Estereoscopio
Campana de extracción

SERVICIOS

Energía eléctrica
Agua corriente
Extractores de aire

PROCEDIMIENTO

En todos los Phylum propuestos observar las estructuras distintivas de las funciones de circulación, respiración, digestión, excreción.

Phylum Porifera: Observar las características externas como color, forma de crecimiento, disposición del o los ósculos, la ubicación del espongocele y tipos de espículas.

Phylum Cnidaria: localizar en el exterior del organismo la umbrela, la columna, el disco pedio, disco oral, boca, tentáculos, ocelos. Para la parte interna identificar cavidad gastrovascular, gónadas y manubrio.

Phylum Nematoda: Para la observación externa se determinará, color, boca; en el caso de la parte interna se efectúa la disección a lo largo del cuerpo y sosteniendo el cuerpo con alfileres, para localizar el tracto digestivo, los cordones longitudinales, la parte interna de la pared corporal, los “hilos” blancos “enmarañados”, órganos reproductores que en las hembras son dobles y en el macho son sencillos, órganos sexuales.

Phylum Anellida: Oligoquetos (*Lumbricus*): 24 horas previas se purgan (se colocan en un frasco con papel higiénico húmedo). Se observará la anatomía externa identificando las regiones anteriores con su prostomio y peristomio, pigidio; en todos los segmentos del cuerpo, excepto el primero y el último, se localizan las setas o quetas agrupadas clitelo. Las observaciones de



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	67 / 192

la anatomía interna se hacen mediante disección de los ejemplares purgados; se colocan en una charola de disección preparada con brea y cera, se localiza la parte dorsal y se fija la lombriz con alfileres por el prostomio hasta el pigidio; con mucha paciencia y una navaja con excelente filo, se inicia el corte somero, mediosagital, poco a poco desde el extremo anterior al posterior; en cuanto se hacen los cortes, se separa el tegumento y se adhiere con alfileres inclinados a la charola.

Phylum Mollusca: Clase Bivalvia: Para la parte exterior; identificar la charnela y la valva derecha e izquierda, con un bisturí, insertar la navaja en la zona de la charnela e ir abriendo hacia la parte ventral del organismo; agregarle agua corriente para observar internamente los ctenidios, reconocer la boca, el pie y los sifones. Con el bisturí, iniciando desde la boca, realizar un corte longitudinal sobre la parte ventral para exponer el aparato digestivo, las gónadas y el resto de los órganos. Clase Gastropoda: Externamente determinar tipos de conchas, el periostomo, ombligo, labro, vueltas, últimas espiras, canal sifonal. Observar e identificar el pie, proceda para localizar la rádula, ubicar los tentáculos oculares y los sensoriales, desconchar para identificar la gónada y la glándula hipobranquial. Clase Cephalopoda: Observar en el exterior del octopus los tentáculos y las ventosas de estos.

Identificar la boca y observar el “pico de loro”, observar los ojos, si se trata de un calamar observar la forma y disposición de las aletas. Para la observación interna realizar una incisión anterior posterior, e identificar el saco de tinta, los cerebros, el ciego, los ctenidios, los corazones (branquial y sistémico), la gónada, el vestigio de la concha.

Phylum Echinodermata: Erizos de mar: En anatomía externa. Observar la superficie oral en el centro de la cual está la boca con los dientes de la Linterna de Aristóteles. En estrellas de mar: En anatomía externa. Localizar el disco central y la madreporita aboral. Observar la disposición del ano, la boca y los surcos ambulacrales a lo largo de los brazos por la superficie oral.

RESULTADOS

Previo a cada sesión, los alumnos deben buscar información y esquemas del organismo a estudiar y entregar el cuestionario el día que se realice la actividad, para lo cual pueden revisar alguno de los trabajos listados en las referencias. Entregar un modelo en el material que el alumno escoja, identificando las estructuras señaladas en el desarrollo de la práctica.

Después de realizada la práctica entregarán un reporte que incluye: Introducción, metodología, resultados, discusión de lo observado, haciendo la comparación entre los diferentes Phyla, bibliografía consultada, conclusiones con relación a si se cumplieron los objetivos de la práctica, de no haberse cumplido los objetivos mencionar cuáles fueron las razones.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	68 / 192

CUESTIONARIO

1. ¿Qué caracteres internos y externos son más comunes en los en cada uno de los Phylum Porifera, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Molusca, Equinoderma?
2. ¿Qué modificaciones evolutivas presentan en la morfología los Phyla Porifera, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Molusca, Equinoderma?
3. ¿Qué diferencia existe en la epidermis de los Phyla Porifera, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Molusca, Equinoderma?
4. De acuerdo a cada Phylum ¿Cuáles son las sustancias de los desechos excretores?
5. ¿Cómo es el sistema de sostén de cada Phylum Porifera, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Molusca, Equinoderma?
6. Con base en la Norma Oficial Mexicana vigente para la eutanasia para los animales de laboratorio conteste ¿Cuáles son las cantidades y tiempos que se le deben administrar a los organismos que se van a trabajar en esta unidad?

REFERENCIAS

- Barnes, R., Edward, E., Robert, D. Fox y Richard, S. R. (2004). *Invertebrate zoology: a functional evolutionary approach*, (7^{ta} ed.). Belmont, CA. Thomson Brooks/Cole.
- Brusca, R. C., Moore, W. y Shuster, S. M. (2016). *Invertebrates*. (3^{ra} ed.) Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, Inc.
- Franco-Navarro, F. y Lamothe-Argumedo, R.. (2007). Phylum Nematoda En: Fernández- Álamo, M. A. y Rivas, G. (Eds.). *Niveles de Organización en Animales* (pp 135-144) UNAM, Facultad de Ciencias. México.
- Harasewych, M.G. y Moretzsohn, F. (2010). *The book of shells a life-size guide to indentifying and classifying six hundred seashells*. Chicago: The University of Chicago Press, USA.
- Hickman, C. P., Jr., Keen, Susan, L., Eisenhour, D. J., L, A. Ober, H y Ober, C. W. (2017). *Integrated principles of zoology*. New York: McGraw-Hill Education.
- Merlen, D., B. Garrigues y Pointier J. P. (2011). *Fossil and Recent Muricidae of the World*, Germany: ConchBooks, Hackenheim.
- Nielsen, C. (2012). *Animal Evolution*. (3^{ra} ed.). Oxford University Press.
- Ramane, A., Storch, V. y Welsch, U. (1980), *Zoología sistemática, clasificación del reino animal*. Barcelona España: Omega.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	69 / 192

Solís-Marín, F. A. y Laguarda-Figueras, A. (2007). Phylum Echinodermata En: Fernández-Álamo, M. A. y G. Rivas (Eds.). *Niveles de Organización en Animales* (pp. 307-322). UNAM, Facultad de Ciencias. México.

Sturm, F. C., T. A. Pearce y Valdés, A. (2006). *The Mollusk, a Guide to Their Study, Collections, and Preservation*. Florida USA: Universal Publishers Boca Raton.

Tucker, R. A. (1974). *American Seashells*. (2^{da} ed) New York: Van Nostrand Reinhold Company.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	70 / 192

PRÁCTICA 12. TAXONOMÍA DE ARTRÓPODOS

OBJETIVO

Determinar taxonómicamente los principales grupos de artrópodos.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El Phylum Arthropoda, es el grupo de seres vivos más diverso con cerca de 1.5 millones de especies descritas, representando el 80% de las especies animales (Zhang, 2011). Los artrópodos participan en todos los roles ecológicos dentro de los ecosistemas (Brusca *et al.*, 2016), en este Phylum se incluyen grupos como los trilobites (extintos) que eran completamente marinos, otros como los quelicerados y crustáceos que pueden ser marinos, terrestres o de agua dulce; existen insectos terrestres y de agua dulce o exclusivamente terrestres como los miriápodos (Blackstone, 2012).

Las principales características para diferenciar a los integrantes del Phylum Arthropoda de otro grupo de animales es la presencia de un exoesqueleto formado de quitina, por lo que su crecimiento se da por medio de la muda de la cutícula (ecdisis). Además, presentan apéndices articulados entre ellos patas y estructuras sensoriales como antenas, cada uno de los apéndices está formado por un número variado de artejos. Su cuerpo está dividido en segmentos y de manera ancestral le correspondería un par de apéndices por cada segmento (Ribera *et al.*, 2015).

El plan corporal de los primeros artrópodos presentaba segmentación homómera, con apéndices seriados en cada segmento del cuerpo, pero con especialización de la cabeza, tronco y apéndices lo que probablemente proporcionó una gran ventaja evolutiva de los primeros artrópodos (Giribet y Edgecombe 2020). La segmentación heterómera, donde un conjunto de segmentos (tagmas) fueron modificados para realizar funciones especializadas y generó una regionalización corporal (tagmosis), caracteriza a cada uno de los principales grupos de artrópodos (Blackstone, 2012; Giribet y Edgecombe 2020).

MATERIALES Y REACTIVOS

Cajas Petri

Pinzas de disección (Traído por el estudiante)

Agujas de disección (Traído por el estudiante)

Clave dicotómica



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	72 / 192

CUESTIONARIO

1. ¿Como se clasifica internamente el Phylum Arthropoda?
2. ¿Qué es una tagma?
3. Menciona e ilustra la tagmosis de trilobites, insectos, arácnidos, crustáceos y miriápodos
4. ¿Qué es un apéndice?
5. ¿Cuál es la diferencia de las mandíbulas y quelíceros en los artrópodos?



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	73 / 192

REFERENCIAS

Blackstone, N. W. (2001). Arthropoda (Arthropods). in: *eLS. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. DOI: 10.1002/9780470015902.a0001603.pub3*

Giribet, G., & Edgecombe, G. D. (2020). *The invertebrate tree of life*. Princeton University Press.

Ribera, I., Melic, A., & Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista Ide@-SEA*, 2, 1-30.

Zhang, Z.-Q. (2011) Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa*, 3148, 7-12.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	74 / 192

Clave para separar los principales grupos de artrópodos

- 1a. Dos surcos longitudinales que divide el cuerpo en tres lóbulos, grupo extinto (Subphylum Trilobita) Trilobites
- 1b. Cuerpo sin surcos longitudinales, grupos actuales 2
- 2a. Presencia de quelíceros, ausencia de antena (Subphylum Chelicerata) 3
- 2b. Presencia de mandíbulas y antenas (Subphylum Mandibulata) 5
- 3a. Cuerpo semi circular, con una estructura terminal alargada en forma de espina (telson) Clase Merostomata
- 3b. Cuerpo no semi circular y ausencia de telson 4
- 4a. Cuerpo dividido en dos tagmas, prosoma y opistosoma. Prosoma con cuatro pares de apéndices locomotores... Clase Arachnida
- 4b. Cuerpo dividido en tres tagmas, céfalon, prosoma y opistosoma muy reducido. Prosoma con cuatro a seis pares apéndices locomotores, grupo exclusivamente marino Clase Pycnogonida
- 5a. Con dos pares de antenas y apéndices birrámeos... Clase Crustacea
- 5b. Con un par de antenas y apéndices unirrámeos 6
- 6a. Cuerpo dividido en tres tagmas, cabeza, tórax y abdomen, tórax con tres pares apéndices locomotores Clase Hexapoda
- 6b. Cuerpo dividido en dos tagmas, cabeza y tronco con más de seis pares de apéndices locomotores Clase Myriapoda



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	75 / 192

PRÁCTICA 13. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE CORDADOS

OBJETIVO GENERAL

Aplicar las principales técnicas en la preservación de cordados para conocer su estructura (anatómo-funcional).

FUNDAMENTO TEÓRICO

El integumento o epitelio es un tipo de tejido conectivo y sirve de envoltura protectora que separa al ambiente externo del ambiente interno del cuerpo e incluye la piel y todas sus estructuras derivadas o asociadas como pelos, escamas, sedas, conchas, plumas y cuernos. También es denominado tejido epitelial y está organizado en una o varias capas celulares, las cuales son capaces de secretar material extracelular tanto hacia el interior del cuerpo (basalmente) denominado matriz extracelular como hacia el exterior (apicalmente) denominado glicocáliz y cutícula. En muchos animales el integumento es duro y flexible, proporcionando protección mecánica en contra de la abrasión y punción, así como de formar una barrera efectiva contra la invasión de diversos patógenos como bacterias, protozoarios, hongos entre otros. Por otro lado, el epitelio proporciona impermeabilidad contra la pérdida o ganancia de fluido y ayuda en la protección contra la acción dañina de los rayos UV del sol. Además de ser una cubierta protectora, la piel sirve para regular varias funciones fisiológicas como la termorregulación, sobretodo en animales endotérmicos, ya que la mayor pérdida del calor corporal es a través de la piel. También el integumento contiene receptores sensitivos los cuales dan la información necesaria acerca del ambiente inmediato. Tiene función excretora e inclusive en algunos animales también tiene función respiratoria. Los pigmentos de la piel pueden provocar que el organismo sea más o menos llamativo, sus secreciones pueden volver al animal sexualmente atractivo o repulsivo, además de que proporcionan señales olfativas que influyen en el comportamiento entre los individuos (Hickman *et al.*, 2017; Schmidt-Rhaesa, 2007).

Otro tejido conectivo que junto con el integumento permite la protección de los órganos internos y da soporte al cuerpo de los animales es el esqueleto, el cual, junto con la musculatura, facilita la movilidad ya sea por cambios de presión de fluidos internos (hidroesqueleto) o por tener estructuras rígidas externas (exoesqueleto) o internas (endoesqueleto) donde se ancla el tejido muscular. Las contracciones antagónicas de dichas fibras musculares que están compuestas de dos proteínas (miosina y actina) permiten la locomoción, así como movimientos de algunas otras estructuras internas como el corazón y los intestinos (Hickman *et al.*, 2017; Schmidt-Rhaesa, 2007).



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	76 / 192

MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo: (Todo traído por el estudiante, con excepción del Formol)

Algodón o estopa 1 paquete

Alambre galvanizado 1K C-23

Pinzas de corte y presión

Charola de disección

Estuche de disección

Agujas varias

Hilo de nylon 1 carrete

Alfileres 1 paquete

Jeringa con aguja 5 piezas

Agujas de disección 5 piezas

Placa de unicel (el tamaño depende del organismo)

Base de madera (el tamaño depende del organismo)

Barniz mate en aerosol 1 frasco (360 mL)

Cartulina 1 pliego

Aserrín 1 kg

Harina de almidón de maíz 1 kg

Talco 500 g

Harina o arena 1 kg

Cloruro de sodio (NaCl) 1 kg

Caja o bolsa de plástico 2 piezas

Formol ($H_2C=O$) 10% 1 L (

Esquemas de anatomía interna y externa de pez, ave y mamífero

Material biológico

El alumno trabajará con uno de los siguientes organismos: pez, anfibio, ave, reptil o mamífero muerto. Los ejemplares deben estar completos para que se puedan revisar adecuadamente sus características externas e internas.

EQUIPO

Charolas de disección

Tarjas con agua corriente

Trapos (Traído por el estudiante)

SERVICIOS

Energía eléctrica



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	77 / 192

Agua corriente
Extractores de aire

PROCEDIMIENTO

DESCRIPCIÓN EXTERNA:

Del organismo a estudiar, tomar los datos morfométricos y merístico.

PECES

Describir los organismos, empezando por la forma y coloración del cuerpo, continuando con los tipos de apéndices pares o impares, los tipos y disposición de aberturas y otras estructuras. Además de las características exoesqueléticas (escamas dérmicas, estructuras queratinizadas, etc.).

AVES

Localizar las escamas epidérmicas, y reconocer los diferentes tipos de plumas y su distribución. Se tomará una pluma típica y reconocer las partes principales a simple vista y bajo el estereoscopio. La eutanasia de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para eutanasia de animales de laboratorio vigente.

MAMÍFEROS

Observar la disposición del pelo e investigar la posibilidad de la presencia de escamas epidérmicas. La técnica es muy parecida a los ejemplares de aves. Se sacrificarán de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para eutanasia de animales de laboratorio vigente.

TAXIDERMIA

Se realizará la taxidermia de un organismo a seleccionar

PECES

Realizar una incisión ventral con el bisturí, separar la piel, desarticular cabeza, aletas y cola para sacar el tronco, la cabeza ya desarticulada con un hisopo se retirar la masa encefálica y también se retirar la piel y el músculo, lengua, branquias y ojos. Colocar el maniquí elaborado con alambre y algodón, antes de introducir espolvorear con sal la parte interna de la piel, coser con preferencia con hilo de nylon transparente y colocar en placa de unicel asegurando con alfileres, dejar secar, barnizar con laca mate en aerosol y montar en una base de madera para su entrega. Para que las aletas no queden pegadas a la piel después de barnizado el ejemplar,



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	78 / 192

separarlas del cuerpo usando cartulina o algún material que pueda retirarse una vez seco el ejemplar.

AVES

Se coloca en una charola con harina de maíz y se le hace un corte longitudinal desde la posición de la quilla hacia la cloaca, procurando no cortar las vísceras, se separa la piel del cuerpo, desprendiendo de los músculos y dirigiéndose hacia las extremidades inferiores, agregando pequeñas cantidades de harina para facilitar la separación. Se desarticulan las extremidades inferiores hasta la articulación tibia-tarso-metatarso y desarticular la rodilla. Limpiar la musculatura del resto del hueso y rellenar con algodón cortando las rodillas, se limpia el hueso de músculo hasta los dedos y se continúa separando la piel hasta la cloaca en donde se cortan cuidadosamente para no romper la piel de la rabadilla, el dorso y pecho. Se utiliza harina para facilitar el proceso y evitar que se ensucien las plumas. Al llegar a las alas se corta el músculo y hueso a nivel de la clavícula, cortar el hueso hasta la articulación con la clavícula y desarticular las alas. Separar la piel hasta la base del cráneo, cortar y retirar la masa encefálica, se limpia completamente el cráneo, cortando la bóveda con ayuda de unas tijeras y usando algodón, las alas se descarnan hasta el codo, y se desprenden los cañones de las plumas hasta este punto. Los músculos y las alas se limpian con sal, se frotran con un algodón. Se localiza una glándula productora de grasa en la base de la cola y se extrae. Toda la piel por dentro se espolvorea con sal, se forran con algodón y las alas se limpian con sal. Los húmeros se amarrarán uno al otro, se rellena calculando el ancho del dorso. Se voltea la piel al derecho y se coloca un palito de madera desde la maxila hasta las plumas de la cola, enterrándolo en el cráneo por la punta afilada, se rellena con algodón y se cose la abertura con aguja e hilo procurando darle la forma al organismo. Se colocan dos bolitas de algodón en los ojos y se amarra el pico por los orificios nasales, se cruzan las patas, la derecha sobre la izquierda y se amarran en el punto donde se crucen, se acomodan las plumas del ejemplar a su posición original y se deja secar en un lugar ventilado, la etiqueta se amarra en la pata derecha y el cráneo bien limpio en la pata izquierda.

MAMÍFEROS

Colocar al ejemplar en una charola con aserrín o harina de maíz, con un bisturí se hace una incisión desde el esternón hasta los órganos genitourinarios, evitando cortar vísceras.

Se separa la piel a lo largo y hasta los lados de la incisión hasta las extremidades inferiores y llegando hasta el fémur o la articulación tibia-metatarso y desarticular la rodilla. Limpiar la musculatura del resto del hueso y colocar algodón para darle la forma. Se corta la extremidad inferior hasta el fémur, y la extremidad por la articulación tibio femoral (rodilla) y se continúa desprendiendo la piel hasta llegar a la cola, en donde se corta cuidadosamente por debajo de ella, desprendiendo el ano y los órganos genitourinarios. Se separa la piel del dorso, se deja al



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	79 / 192

descubierto la base vertebral de la cola, aquí la piel se desprende sujetando con unas pinzas en la mano derecha, la base desnuda de la cola y jalando con la mano izquierda la cola vertebral. Se separa la piel del dorso hasta los hombros, en donde se cortará y se desprende la piel en la extremidad hasta llegar al tarso y desarticular codo. Continuar desprendiendo la piel en donde se corta nuevamente. La piel de la cabeza se desprende, cortando cuidadosamente en las orejas ojos y nariz para no romper la piel. La piel se limpia de músculos y grasa y se espolvorea con sal, la boca se cierra con tres puntadas pequeñas, se voltea la piel y se arman las extremidades con alambre inoxidable delgado, forrando de algodón haciendo lo mismo en la cola y tratando de que el organismo conserve su forma original. La piel se rellena con algodón y se cierra con aguja e hilo de nylon. Se coloca el organismo ventralmente sobre la superficie lisa, preferentemente una madera blanca o corcho y se fija con alfileres para que las extremidades inferiores estén acomodadas hacia adelante y paralela a la cabeza, las extremidades inferiores y la cola estirada hacia atrás siguiendo el eje del cuerpo. La etiqueta se coloca en la extremidad derecha del animal y el cráneo perfectamente limpio y con su etiqueta con el número que le corresponde a la piel y con el nombre del colector. Para limpiar el cráneo se dejará en sosa al 10% o potasa por 24 horas y luego con jabón hasta que quede el esqueleto quede libre de músculo. Finalmente se montará, se barniza y colocará en una base con una caja de protección para su entrega.

TRATAMIENTO DE LA PIEL, DESPUÉS DE CURTIRLA

Mezcla ablandadora de piel: jabón de pan con agua, se calienta y se agita hasta que se haga una pasta cremosa, esta mezcla se aplica en toda la piel.

SISTEMA DIGESTIVO

La preservación de los órganos internos se llevará a cabo en formol al 10% por 24 horas y pasar posteriormente a formol al 1%.

PECES

Observar boca, faringe, lengua, esófago, estómago, hígado, páncreas, ciegos pilóricos intestino, recto y ano.

AVES

Reconocer la cavidad bucal, la lengua, el paladar secundario, la glotis, la parte modificada las aberturas de las trompas de Eustaquio y el inicio del esófago, exponer el esófago, desprender la piel del cuello y exponer la parte modificada del buche, reconocer el estómago y su modificación, la molleja. Identificar el intestino delgado, el grueso y el recto, localizar el páncreas



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	80 / 192

conectado al duodeno, el hígado y correlacionar su superficie con la forma de las demás vísceras.

MAMÍFEROS

Reconocer la cavidad bucal, la lengua, la glotis, el paladar secundario y el primario, las aberturas de las trompas de Eustaquio y los dientes, observar las características de cada tipo de diente, interpretando la función. Separar por la región ventral de la cavidad bucal, la lengua, la laringe, papilas linguales, intestino delgado, el grueso y el recto, la glándula tiroidea colocada en la superficie ventral de la laringe. Localizar en el cuello el esófago y seguir su trayecto hasta el estómago. Observar la lengua reconociendo los diferentes tipos de papilas linguales, y la lengua tiroidea colocada en la superficie ventral de la laringe. Observar intestino delgado y grueso y la disposición de este, hasta su unión con el recto y su abertura el ano. Localizar el páncreas en la vuelta que hace el estómago y el duodeno, reconociendo el conducto pancreático, localizar el hígado, vesícula biliar y los conductos hepáticos, cístico y el colédoco.

SISTEMA REPRODUCTOR-URINARIO

En los vertebrados existen modificaciones anatómicas y fisiológicas en el aparato reproductor, así como en el urogenital, dependiendo de la especie y el sexo. Se sabe que las gónadas masculinas o testículos se pueden encontrar intra o extra abdominal, encontrándose en una bolsa cutánea: el escroto, en ciertas ocasiones se encuentran en la cavidad abdominal, pero periódicamente en la época de celo pasan al exterior. Los productos sexuales son llevados a los testículos por los canales deferentes hasta las vesículas seminales, y de ahí a la uretra por los conductos eyaculadores. Las gónadas femeninas son dos pequeños ovarios, que se continúan en las trompas de Falopio terminadas en el útero o matriz, que puede ser doble, bicorne o simple, y llegan a la vagina, en donde desemboca la uretra que se abre al exterior por la vulva. Los estados de maduración pueden ser controlados experimentalmente ya sea tapando los ojos, alterando el sistema nervioso central, y o la glándula pituitaria.

PECES

Identificar en el techo de la cavidad visceral, las gónadas con sus mesenterios, los riñones mesonéfricos y los conductos correspondientes, siguiendo estos hasta su desembocadura en la cloaca o en los grupos copuladores y reconociendo alguna modificación en su trayecto.

AVES

Reconocer riñones observando su lobulación, reconocer los uréteres y seguir su trayecto hasta la unión con la cloaca, reconocer el sexo del ejemplar, las gónadas correspondientes con sus conductos, en el caso de la hembra reconocer el oviducto izquierdo con su embudo y el oviducto derecho vestigial. Observar los conductos deferentes y su trayecto hasta la cloaca con sus divisiones.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	81 / 192

MAMÍFEROS

Localizar en el techo de la cavidad visceral los riñones y las glándulas suprarrenales identificando los uréteres y siguiendo su trayectoria.

RESULTADOS

Con la observación interna y externa de los organismos, elabora un esquema y un cuadro comparativo de las estructuras observadas.

Además, el alumno deberá entregar al profesor la taxidermia del organismo, acompañado de los datos merísticos.

CUESTIONARIO

1. Investiga los principales caracteres morfológicos externos en pez, ave y mamífero
2. Investigue cuales son los datos merísticos y morfológico en pez, ave y mamífero.
3. ¿Qué papel tiene la piel? describir su función.
4. ¿Qué ventajas tiene el conocer métodos de preservación (taxidermia) de la piel en cordados?
5. ¿Cuál es la importancia de la taxidermia en las colecciones científicas?
6. Elaborar un cuadro comparativo de los aparatos digestivo y reproductor-urinario, sistema respiratorio en, pez, ave y mamífero.

REFERENCIAS

Álvarez, T., Álvarez-Castañeda, S. T. y López Vidal, J. C. (2014). *Claves para los murciélagos de México*. Publicación Especial, Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur y Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I. P. N.

Álvarez, del V. J. (1977). *Los cordados; Origen, evolución y hábitos de los vertebrados*. Ciudad de México, México: CECSA.

Álvarez, I. y Tendillo, F. J. (2001). *Métodos de anestesia, analgesia y eutanasia*, págs. 385- 418. En Martín-Zúñiga, J. M., J. A. Tur, S. N. Milocco y G. R. Piñeiro, (dir.). *Ciencia y Tecnología en protección y experimentación animal*. Madrid (España): Mc Graw- Hill Interamericana.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	82 / 192

Aranda, S. J. M. (2012). *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.

Areitio, L. B. (1979). *Atlas de Zoología (Vertebrados)* Editorial Jover. Barcelona, España.

Falconide, La F., García M. E., Marín R. L. O., Padrón L. R. M., Rivas A. M. G. y Vargas S. G. (2010) *Manual para el manejo de animales con fines de experimentación y enseñanza*.

Gaviño, G., Juárez, J. C. y Figueroa, H. H. (2000). *Técnicas biológicas selectas de laboratorio y de campo*. D.F., México. Limusa.

Gómez-Villamandos, R. J. (2003). *Anestesia, analgesia y eutanasia*. En: Recuerda P., R. Moyano y F. Castro. *Bienestar Animal: experimentación, producción, compañía y zoológicos*. Córdoba, España. Copisterías Don Folio S. L.

Howell, S. N. G. y Webb, S. (2019). *A Guide to the Birds of Mexico and northern Central America*. New York, EUA. Oxford University Press.

Kardong, K. (2007). *Vertebrados: Anatomía comparada, función y evolución*. Madrid (España). Mc Graw Hill.

Medellín, R. A., Arita, H. T. y Sánchez, O. H. (2008). *Identificación de los Murciélagos de México*. Clave de Campo. Segunda edición. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

Melgar, R. M. J., Pérez L. J. J., Cantalapiedra, Álvarez y Camiña, M. G. (2015). *Bienestar animal, métodos de eutanasia y aturdimiento*. Santiago de Compostela, España. Xunta de Galicia.

Muñoz, A., J. (1978). Laboratorio de taxidermia. *Actualidades Biológicas*, 7(26):100-107.

Parker, T. J. y W. A. Haswell, 2011. *Zoología. Cordados*. Vol. 2. (7^{ma} ed.) Barcelona: Reverté S. A.

Ramírez-Pulido, J., I. Lira, S. Gaona, C. Müdespacher y Castro A. (1989). *Manejo y mantenimiento de colecciones mastozoológicas*. Ciudad de México, México. UAM-I.

Schmidt-R. (2007). *The evolution of organ systems*. Nueva York, Estados Unidos. Oxford University Press.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	83 / 192

PRÁCTICA 14. CORTES HISTOLÓGICOS DE CORDADOS

OBJETIVOS

Desarrollar la habilidad para llevar a cabo un corte histológico.

Aplicar la técnica de tinción hematoxilina-eosina.

Observar y analizar los componentes celulares de los cortes histológicos de diversos órganos.

FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA HISTOLOGÍA

La histología (*gr., histos, tejido; gr., logia, ciencia*) también llamada anatomía microscópica, es una disciplina eminentemente descriptiva basada en la observación de los diferentes tejidos mediante microscopios, tanto ópticos, de transmisión y de barrido (De Juan y Pérez 2011; Pawlina, 2001). La técnica histológica se refiere al conjunto de procedimientos aplicados a un material biológico (animal o vegetal) con la finalidad de prepararlo y conferirle las condiciones óptimas para poder observar, examinar y analizar sus componentes morfológicos por medio de la microscopía (Ross *et al.*, 2005).

Los pasos de la técnica histológica son seis: 1) obtención de la muestra, 2) fijación, 3) inclusión, 4) corte, 5) tinción y 6) montaje (Verdín *et al.*, 2013). Esta práctica se centra en el paso 4 al 6, donde los tejidos u órganos deben cortarse en láminas delgadas (corte histológico) para posibilitar su observación con el microscopio, método que es denominado microtomía. Los instrumentos utilizados para la obtención de cortes son los microtomos, que constan básicamente de una navaja muy afilada que seccionará el bloque de parafina con la muestra y un mecanismo mecánico de avance regulable de unos pocos micrones (Verdín *et al.*, 2013). Hay diversos tipos de microtomos, de mano, de congelación, vibración y ultramicrotomo (Ross *et al.*, 2005).

Como los cortes en parafina son incoloros, la muestra de tejido no está lista para su observación bajo el microscopio óptico, por ello los cortes deben ser tratados con una tinción histológica, la cual es un proceso utilizado para proveer de color a los componentes

de un tejido. Existen múltiples métodos, unos generales, otros específicos, que permiten poner de manifiesto tanto la topografía tisular, como tipos celulares concretos, determinados organelos o estructuras intracelulares. La coloración de hematoxilina - eosina se considera como la técnica de tinción de uso más frecuente en el estudio de células y tejidos (Pawlina, 2001; Verdín *et al.*, 2013).

Así, el objetivo de los estudios histológicos se centra en la comprensión de la microanatomía de las células, los tejidos y los órganos, así como correlacionar estas estructuras con su función



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	84 / 192

(Pawlina, 2001). El conocimiento de la anatomía y organización de los tejidos y órganos es fundamental para comprender su fisiología y reconocer alteraciones patológicas (De Juan y Pérez 2011).

MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo:

- 1 Estuche de disección (Traído por el estudiante)
- Vasos de precipitado 250 mL
- Portaobjetos varios (Traído por el estudiante)
- Cubreobjetos varios (Traídos por el estudiante)
- Cajas de tinción con tapa
- Canastilla con gancho de alambre
- Pinceles finos
- Brocha fina (Traído por el estudiante)
- Navaja desechable o cutter (Traído por el estudiante)
- 1 Espátula con mango de madera
- Mechero con manguera de hule (1 m) o lámpara de alcohol
- Encendedor (Traído por el estudiante)
- Tubos de ensaye con tapa de rosca de 5 mL
- Probeta de 100 mL
- Varilla de vidrio (Traído por el estudiante)
- Gasa (Traído por el estudiante)
- Papel absorbente (Traído por el estudiante)
- Hoja de papel (Traído por el estudiante)
- Lápiz (Traído por el estudiante)
- Tijeras (Traído por el estudiante)
- Cubos de madera para microtomo
- Frascos de boca ancha (Traído por el estudiante)
- Tabla de cartón (Traído por el estudiante)

Reactivos

- Alcohol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 70 y 90% 1 L (Traído por el estudiante)
- Alcohol absoluto ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 100 mL
- Xilol ($\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$) 500 mL
- Paraplast o parafina para histología ($\text{C}_{16}\text{-C}_{38}$) 1 Kg (Traído por el estudiante)
- Hematoxilina de Mayer ($\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_6$) 250 mL
- Eosina amarilla al 1% ($\text{C}_{20}\text{H}_6\text{B}_{14}\text{Na}_2\text{O}_5$) 250 mL



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	85 / 192

Bálsamo de Canadá 200 mL Agua
destilada (H₂O) 2 L
Timol cristales (C₁₀H₁₄O) 5 g
Glicerina 10 mL (Traído por el estudiante)

Material biológico

Diferentes bloques de parafina con hígado, pulmón o riñón serán proporcionados por el profesor, los cuales serán cortados en el microtomo de rotación.
Un huevo de gallina.

EQUIPO

Micrótopo de rotación
Microscopio óptico
Baño maría
Estufa
Campana de extracción

SERVICIOS

Energía eléctrica
Agua corriente
Extractores de aire

PROCEDIMIENTO

Tallado:

- Tomaremos un cubo de madera y en una de sus caras aplicaremos una cama delgada de parplast, para ello tomaremos hojuelas de parplast y con la espátula la calentaremos en un mechero, la aplicaremos en el cubo dejando una cama lo más recta y derecha posible. - Volveremos a calentar la espátula para derretir un poco esta cama y sin que se enfríe mucho, haremos lo mismo en el bloque de parafina, en el lado contrario al que utilizaremos para cortar y los uniremos haciendo un poco de presión.
- Después para fijar el bloque de parafina, se tomará parplast con la espátula caliente y se ira resanando cada una de las caras del bloque de parafina montado para asegurarnos que este no se desprenda. Dejar enfriar unos minutos para iniciar el retallado.
- Antes de realizar el primer corte a nuestra muestra, el bloque de parafina debe ser retallado hasta hacer una pirámide truncada. Para ello hay que considerar cuál de las caras laterales de



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	86 / 192

esta pirámide será la que primero se ponga en contacto con la cuchilla. Esta cara deberá ser más ancha que la opuesta y ambas han de ser paralelas.

- Después es necesario un proceso de desbastado, es decir, la eliminación del espesor de parafina que hay entre la superficie del bloque y nuestra muestra, este se realizará con una navaja afilada o cúter.
- Anotar con lápiz en un cuadrito de papel (1cm ancho x 2cm largo) el nombre del órgano incluido, este papelito lo pegaremos en una de las caras del cubo, calentando la espátula con un poco de parplast.

Corte: con el micrótopo, bajo la instrucción y supervisión del profesor.

- Colocar el bloque de parafina, previamente montado en el cubo de madera y tallado, en el portabloques del microtomo, sujetándolo con las abrazaderas o tornillos ajustables.
- Colocar la cuchilla en el portacuchillas del microtomo, seleccionar el ángulo de corte y orientar la cuchilla, perpendicularmente, a la superficie del bloque antes de fijar su posición.
- Quitar el mecanismo de bloqueo de la manivela del sistema de rotación y girarla para proceder a cortar.
- Desgastar la superficie del bloque de parafina hasta alcanzar el tejido y se tenga la certeza de abarcar toda el área que se desea seccionar, esto se realiza haciendo girar la manivela con la mano derecha varias veces. Asimismo, se orienta el portabloques para obtener secciones uniformes de toda la muestra.
- Marcar en el dial del microtomo, el número de micrómetros (\square m) de grosor que deben alcanzar los cortes. Obtener los cortes seriados a 10 \square m de grosor.
- Se hará girar la manivela con la mano derecha para obtener las secciones. Obtenidos los cortes individuales o en hilera, se recogen cuidadosamente con una pinza o pinceles finos y se colocaran sobre una tabla de cartón.
- Tener cuidado de no superponer las tiras de cortes ya que se pegarían y quedarían inutilizados. Para facilitar su posterior manipulación, los cortes deben quedar con su cara brillante hacia abajo.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	87 / 192

- Bloquear el mecanismo de rotación, una vez que hemos terminado de cortar, y retirar el bloque de parafina del portabloques. El tornillo micrométrico se coloca en 0 micras y los componentes del microtomo se limpian de los fragmentos de cortes de parafina con una brocha.
- La cuchilla se limpia para evitar su deterioro.

Extensión y adhesión de los cortes al portaobjetos:

- Los cortes se manejan con ayuda de un pincel o aguja de disección y se depositan sobre la superficie de un baño de agua destilada caliente (40-45°C), donde con el calor se estiran, luego se recogen sobre portaobjetos tratados con albúmina (para evitar el desprendimiento de los cortes en el proceso de tinción).
- Se recomienda dejar secar los cortes en una estufa a 37°C.
- Previo a la adhesión, los portaobjetos deben ser desengrasados y limpiados con una solución de alcohol-éter (1:1) y se impregnarán con una delgada película de albúmina, extendiendo una gota de la solución sobre el portaobjetos.

Técnica para desparafinar:

1. Dos cambios de xilol por 15 minutos c/u
2. Barrer el xilol con alcohol al 96%.
3. Limpiar costados y parte posterior con gasa.
4. Colocar en agua destilada de 2-3 minutos.

Técnica de tinción con Hematoxilina-Eosina:

1. Colocar en hematoxilina de 7-8 minutos. Escurrir por goteo.
2. Enjuagar con agua corriente (aprox. 3 enjuagues).
3. Enjuagar con agua destilada (un enjuague)
4. Secar con papel absorbente el exceso de agua.
5. Colocar en eosina durante 1 minuto. Escurrir por goteo.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	88 / 192

- Lavar con alcohol al 96 %.
- Colocar en alcohol absoluto-xilol durante 2-3 minutos.
- Colocan en xilol (no importa el tiempo de permanencia).
- Montar con Bálsamo de Canadá.
- El montaje tiene lugar goteando con una varilla de vidrio sobre portaobjetos en posición horizontal, para rellenar el espacio intermedio entre portaobjetos y cubreobjetos. Se coloca encima un cubreobjetos limpio, de manera que no queden burbujas de aire incluidas. A continuación, se deja la preparación en posición horizontal cerca de 20 o 30 minutos hasta que esté seca y se pueda observar al microscopio a 10, 40 y 100 X.

Nota: Dado que los reactivos como el xilol y el éter son reactivos volátiles y tóxicos si son inhalados, estos deberán ser utilizados en la campana de extracción.

Elaboración de soluciones Albúmina

Albúmina + glicerina 1:1

La clara de un huevo de gallina se vacía a una probeta y se agrega el mismo volumen de glicerina. Se adiciona una pequeña cantidad de cristales de timol como ingrediente conservante. Guardar a 4 °C (Dura seis meses).

Alcohol-éter 1:1

Vaciar un volumen de alcohol a una probeta y agrega el mismo volumen de éter.

OBSERVACIÓN

Observa y analiza al microscopio las estructuras de los diferentes cortes de tejidos. Los núcleos y citoplasma de las células a observar se teñirán en azul-morado y el protoplasma y sustancias intercelulares en rosa o rojo, dependiendo de sus componentes ácidos o básicos (Segal, 2005). Dibuja las estructuras que identificaste en los cortes de tejidos.

RESULTADOS

Después de realizada la práctica entregar en el reporte los dibujos o fotografías, así como la descripción de lo observado en las laminillas, realiza un análisis de dichas observaciones con base en la bibliografía de histología.

Previo a la sesión entregar el cuestionario y diagrama de flujo del procedimiento a seguir en la práctica.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	89 / 192

Después de cada práctica terminada entregar dos días después el informe tomando en cuentas los siguientes puntos: introducción, objetivo, material y método, resultados, discusión, conclusiones y bibliografía (formato APA).

CUESTIONARIO

1. Describir en qué consisten los pasos de la técnica histológica que se requieren para hacer un corte histológico.
2. ¿Por qué es importante conocer y llevar a cabo la técnica de cortes histológicos?
3. ¿Qué factores son los que intervienen para que se lleve a cabo una buena tinción? Describe la técnica de tinción con hematoxilina-eosina.
4. Los constituyentes de la célula juegan un papel importante dentro de la tinción. ¿Por qué?
5. Con base en bibliografía sobre histología, esquematiza las estructuras celulares internas del hígado, pulmón y riñón.
6. Esquematiza y describe la función de la unidad morfofuncional del hígado, pulmón y riñón.

REFERENCIAS

Cediel J. F., Cárdenas, M. H., Chuaire, A. G., Payán, L. C., Villegas, V. y Sánchez, C. (2009). *Manual de histología tejidos Fundamentales*. Universidad del Rosario.

De Juan, J. (2019). *¿De qué están hechos los organismos? El nacimiento de la mirada histológica*. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante.

De Juan, J. y Pérez, R. (2011). *Estrategias didácticas para la enseñanza universitaria, 2ª Jornadas de Didáctica Universitaria*, Madrid: Consejo de Universidades, Secretaría General.

Ham, W. A. (2010). *Tratado de Histología*. Cdmx, México: Interamericana.

Junqueira, L., y Carneiro, J. (2004). *Histología básica. texto y atlas*. (5ª ed.), Barcelona, España: Editorial Masson.

McDonald, G. A. C., y Bruce P. J. (1989). *Atlas de hematología*. Madrid, España. Médica Panamericana.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	90 / 192

Montuenga, B. L., Esteban, R. F.J. y Calvo G. A. (2009). *Técnicas en Histología y Biología Celular*. Barcelona España: Elsevier Masson.

Ross, M.H., Kaye, G.I., Pawlina, W. (2005). *Histología. Texto y atlas color con biología celular y molecular*. Madrid, España: Médica Panamericana.

Segal, A. W. (2005). How neutrophils kill microbes. *Annu. Rev. Immunol* 23: 197-223.

Sobrino, D. F. (1873) *Exposición y Juicio Crítico de las Escuelas Histológicas Francesa y Alemana*. Madrid España: Imprenta de los Señores Rojas.

Verdín S. L., Moreno L., Rojo N. R., García A. L., Omaña M., Meneses A. y Nieto O. (2013). *Histología e Inmunohistoquímica. Manual de Métodos*. México. UNAM.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	91 / 192

UNIDAD DE APRENDIZAJE IV: PLANTAS CON SEMILLA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	92 / 192

INTRODUCCIÓN

La cuarta unidad del Laboratorio de Investigación Formativa IV se refiere al estudio de las Spermatophytas. Se compone de cuatro prácticas planteadas de tal manera que el alumno adquiera el conocimiento necesario para entender, determinar y reconocer taxonómicamente las plantas con semilla.

Este grupo se considera una innovación dentro de las plantas vasculares, ya que las primeras aparecieron a finales del Devónico tardío y son componentes dominantes en la flora en general (Raven *et al.*, 2005).

Las gimnospermas surgieron en el Paleozoico y alcanzaron su mayor auge durante el Mesozoico y en la Era Cenozoica, estas ya habían sido desplazadas por las plantas con flores (Nabors, 2011). En la actualidad, representan un grupo residual de 15 familias y 900 especies. La taxonomía de este grupo es todavía controversial, sin embargo, se han identificado cuatro divisiones: Coniferophyta, Ginkgophyta, Cicadophyta y Gneophyta, aunque algunos taxónomos consideran que Ginkgophyta puede ser parte de Coniferophyta (Martínez y Ginez, 2014).

De acuerdo con Judd y colaboradores (2002), las gimnospermas no constituyen un grupo monofilético y son consideradas como "espermatófitas no angiospermas". Estos autores tratan los grupos como clados y sostienen que las cicadas, ginkgos, coníferas y netofitas incluyen cerca de 15 familias, de 75 a 80 géneros y unas 820 especies.

Strassburger y colaboradores (1974) sostienen que las gimnospermas representan un nivel de desarrollo primitivo, pero no constituyen un grupo sistemático natural, es decir, son un agregado de grupos que comparten solo como carácter diferencial la presencia de primordios seminales desnudos. Nabors (2011) comenta que el origen de las gimnospermas implicó cuatro grupos con diferentes linajes progimnospermas (Aneurophytales y Archaeopteridales), helechos con semilla y dos grupos de gimnospermas primitivas (Cordaitales y Voltziales), aunque mucho de sus vínculos son inciertos en la actualidad.

Con respecto a las angiospermas, estas aparecieron en el Cretácico inferior (período final del Mesozoico) hace aproximadamente 130 mda (Cevallos, 2013). Aunque el registro fósil de este periodo muestra claramente que las angiospermas ya estaban presentes, la riqueza de formas hace pensar que el grupo pudo haber tenido su inicio durante el Jurásico, en la actualidad es el grupo dominante (Raven *et al.*, 2005).

Sin embargo, las angiospermas es un grupo que se considera monofilético con casi 250 000 especies distribuidas en todo el mundo. De manera tradicional se reconocen dos grupos: monocotiledóneas y dicotiledóneas. De acuerdo con Martínez y Frago (2014), las monocotiledóneas son reconocidas como monofiléticas, mientras que las dicotiledóneas, son parafiléticas constituidas por un grupo basal, uno Magnoliidae y otro eudicotiledóneas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	93 / 192

En la actualidad, de acuerdo al sistema de clasificación APG IV (2016), las plantas con semillas comprenden a las espermatófitas que se dividen en gimnospermas y angiospermas. Las gimnospermas se dividen en: coníferas, cicadáceas, ginkgoáceas, gnetáceas y las angiospermas en: grado ANA, magnólicas, monocotiledóneas y eudicotiledóneas; estas últimas incluyen a las superosides y superasterides que están contenidas en las pentapetalae las cuales forman a su vez el núcleo de las eudicotiledóneas. Las diferencias se presentan en el nivel de clase ya que las dicotiledóneas son un grupo parafilético, el cual da lugar a tres grandes grupos: monocotiledóneas, magnoliidae y eudicotiledóneas. Las diferentes clasificaciones cambian conforme avanzan los estudios en el nivel molecular y de ADN (Cole *et al.*, 2016).

OBJETIVO

Reconocer y clasificar morfológica y taxonómicamente las plantas con semilla.

REFERENCIAS

APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.

Cevallos, S. (2013). Aparición de las angiospermas en el registro fósil. En Márquez, J., Collazo, M., Martínez, M., Orozco, A. y Vázquez, S. (Eds.). *Biología de las angiospermas* (pp. 396-401). México, D.F., México. Facultad de Ciencias, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Cole, T.C.H., Hilger, H.H. y Medan, D. (2016). Filogenia de las Angiospermas-Sistemática de las plantas con flores (Póster), (Spanish versión of the Angiosperm Phylogeny Poster-Flowering Plant Systematics).

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogs, E.A., Stevens P.F. y Donoghue, M.J. (2002). *Plant Systematics: A Phylogenetics Approach*. (2ª ed.). Sunderland, M.A., Sinauer Associates, Inc., Publishers.

Martínez, G.M. y Fragoso, M. (2014). Magnoliophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 311-369). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Martínez, G.M. y Ginez, V. (2014). Embriophyta, sus relaciones y sus sinapomorfias. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 23-35). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Nabors, M.W. (2011). *Introducción a la botánica*. Madrid. Pearson Educación, S.A.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	94 / 192

Raven, P.H., Evert, R.F. y Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. (7ª ed.) USA.W.H. Freeman and Company Publishers.

Strassburger, E., Noll, F., Schenck, H. y Schimper, A.F.W. (1974). *Tratado de Botánica*. (6ª ed.). España, Ed. Marín, S.A.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	95 / 192

PRÁCTICA 15. CONSTRUCCIÓN DE CLAVES TAXONÓMICAS

OBJETIVO

Construir y usar claves taxonómicas a través de la delimitación de caracteres morfológicos vegetativos y reproductivos y de sus estados de carácter en un grupo de vegetales determinado.

FUNDAMENTO TEÓRICO

El método que se emplea para reconocer una planta es mediante el uso de claves taxonómicas, que se basa en las diferencias morfológicas entre los grupos de plantas y después en caracteres sucesivos hasta que al final queda solo un taxón. La característica o características que distinguen a un taxón de otro similar u otros, se conocen como caracteres diagnósticos (Recio, 2008).

Las claves taxonómicas se consideran herramientas para la identificación de taxa que consisten en una serie de enunciados llamados copla, que son proposiciones contrastantes y contradictorias que requieren, por parte del usuario, decisiones basadas en los enunciados; cada proposición se refiere a los mismos órganos o a caracteres de la planta que están siendo evaluados (Benítez *et al.*, 2006; Recio, 2008).

Al construir una clave se debe tener en mente que los caracteres deben ser definidos de manera precisa, las mediciones deberán ser usadas cuando sea posible (no usar términos como grande y pequeño); aquellos caracteres que son constantes dentro de un taxón, son más útiles que aquellos que son variables. Asimismo, los caracteres que son variables a lo largo del desarrollo del organismo o que son fácilmente observados, son preferibles a los caracteres efímeros o difíciles de ver. Consecuentemente, la clave es un elemento analítico formado por una serie de alternativas relacionadas con una o más características, donde cada alternativa nos hace una pregunta con dos posibles respuestas, de las cuales, sólo una debe contestarse afirmativamente (Benítez *et al.*, 2006; Recio, 2008).

Una clave taxonómica es generalmente dicotómica y permite con facilidad distinguir entre jerarquías. Su construcción debe basarse en oraciones contrastantes conocidas como coplas, en estas, se recomienda que inicien con la misma característica, para facilitar su uso y seguimiento. Las claves más comunes son las de bloque o en paralelo, donde la disposición de las proposiciones se da en forma paralela consecutiva; y por otro lado se encuentran las de sangría o corchete, en donde las proposiciones se alternan con otras nuevas a partir de las básicas y toman para cada rama una disposición vertical en escalera, estas proposiciones inician a distancias diversas del margen (Benítez *et al.*, 2006; Recio, 2008).



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	96 / 192

El uso de las claves requiere de conocimiento de la morfología de los taxa, de tal manera que los caracteres morfológicos utilizados deben ser macroscópicos, colocados en oraciones afirmativas, con caracteres cuantitativos con rangos bien definidos (evitar traslape); es preferible no usar comparaciones cualitativas ambiguas (Jones, 1987; Cano y Marroquín de la Fuente, 2014). La construcción de una clave taxonómica debe estar acompañada del uso de diccionarios botánicos como el de Moreno (1984), Font-Quer (1985), Glimn-Lacy y Kaufman (2006), entre otros más, para una mejor comprensión de los caracteres taxonómicos.

La primera clave dicotómica para plantas fue publicada en 1778 por el naturalista francés Lamarck. Las claves dicotómicas siempre tienen una estructura de diagrama de flujo y pueden ser escritas tanto en bloque como en sangría. Cuando se usa una clave dicotómica siempre se debe leer ambas propuestas del par (Benítez *et al.*, 2006).

En la actualidad, pueden emplearse otras alternativas como lo es la incorporación de herramientas tecnológicas, como el software para el desarrollo de mapas conceptuales que permiten elaborar diagramas de claves taxonómicas (Murguía-Romero y Serrano-Estrada, 2021). Se encuentra disponible en la siguiente dirección electrónica: www.abatax.abaco3.org/web/web-content/admin-claves/claves_ver.php.

MATERIAL Y REACTIVOS

Agujas de disección.
Cajas Petri.
Navaja de un solo filo.
Pinzas de disección.

Material Biológico

Plantas de diversos géneros y familias.

EQUIPO

Microscopio de campo claro.
Microscopio estereoscópico.

SERVICIOS

Tomas de corriente.
Tarja con agua.
Luz.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	97 / 192

PROCEDIMIENTO

A partir del material biológico solicitado, elabore una relación de caracteres con sus respectivos estados de carácter, por medio de la construcción de un cuadro comparativo, en donde las columnas representen organismos o estructuras de los diferentes organismos y las filas sean los caracteres y estados de carácter. Con base en el cuadro elaborado, observe qué caracteres y estados de carácter se separan a los organismos o estructuras de organismos e inicie con estos caracteres la separación del primer grupo de organismos y así sucesivamente para construir la clave taxonómica con los órganos elegidos.

RESULTADOS

Con la clave elaborada, realice la determinación de las 10 plantas seleccionadas al observar todos los caracteres que se emplearon en la elaboración de la clave. Si por algún motivo, los caracteres del individuo que se determinan no concuerdan con los de la clave, entonces se cometió un error, por lo que debe retroceder o empezar de nuevo. Cuando se concluya la determinación, elabore las descripciones de cada planta y esquema, figuras, cuadros comparativos, de cada uno de los ejemplares para entregar en el reporte.

CUESTIONARIO

1. Defina qué es una clave taxonómica.
2. Explique por qué son importantes las claves taxonómicas.
3. ¿Las claves taxonómicas reflejan relaciones filogenéticas? Explique.
4. ¿Qué tipo de caracteres deben usarse para construir claves taxonómicas?
5. ¿Cuáles son las consideraciones generales que se deben seguir para construir claves taxonómicas?
6. ¿Cuáles diseños de claves taxonómicas existen? Proporcione un ejemplo de cada una.

REFERENCIAS

Benítez de R. C., Cardozo, L. A., Hernández, Ch. L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz, Z. T. y Torrecilla, P. (2006). *Botánica Sistemática, Fundamentos para su estudio*. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Maracay.

Cano, C.G. y Marroquín de la Fuente, J.S. (2014). *Taxonomía de Plantas Superiores*. México, D.F., México. Trillas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	98 / 192

Font-Quer, P. (1985). *Diccionario de Botánica*. Barcelona. Labor.

Glimn-Lacy, J. y Kaufman, P.B. (2006). *Botany illustrated*. (2^a ed.). Michigan, USA. Springer.

Jones, B.S. (1987). *Sistemática Vegetal*. México, DF., México. McGraw-Hill.

Moreno, N.P. (1984). *Diccionario botánico ilustrado*. Xalapa, Veracruz. México. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Murguía-Romero, M. y Serrano-Estrada, B. 2021. AbaTax versión 5. Creación de claves taxonómicas en la web. Manual de Usuario. Revista ABACo. Enero 2021. Ciudad de México. <http://www.abacoac.org/revista/>

Recio, C.M. (2008). *Manual y guion de prácticas de botánica*. EAC 81. España.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	99 / 192

PRÁCTICA 16. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE GIMNOSPERMAS

OBJETIVO

Analizar los caracteres morfológicos útiles en la determinación taxonómica, así como el manejo de claves taxonómicas para la determinación de algunas familias de gimnospermas (coníferas).

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las gimnospermas se caracterizan por presentar primordios seminales desnudos dispuestos sobre brácteas, por lo que una vez formadas las semillas, se encuentran totalmente expuestas. Las relaciones filogenéticas entre estos individuos son inciertas (Raven *et al.*, 2005); aunque la monofilia de las gimnospermas es apoyada por algunas filogenias moleculares, está claramente refutada por otras (Valcárcel y Vargas, 2012).

Este es un grupo conformado por unas 800 especies, de gran interés en el nivel mundial, ya sea por la extensión de los ecosistemas que dominan (bosques de coníferas), por su importancia económica (madera y pulpa para papel); por su longevidad (más de 4000 años), por ser relictos de bosques antiguos del sur y este de Asia o por estar adaptados a los desiertos (Recio, 2008). Además, de acuerdo a Raven y colaboradores (2005), son notablemente diversos y algunos taxa no guardan relación morfológica cercana. En la actualidad se reconocen cuatro divisiones: Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta y Gnetophyta (APG IV, 2016; Cole *et al.*, 2016), suelen ser árboles, arbustos y algunas lianas; todas son leñosas y pueden ser monoicas o dioicas.

Cycadophyta: Es el grupo más antiguo de las plantas con semilla y desde su origen no han sufrido muchos cambios morfológicos, por su aspecto se parecen mucho a las palmas o helechos arborescentes (González, 2014a). La mayoría son plantas muy grandes de 18 metros o más, el tronco está densamente cubierto con las bases de las hojas que se han caído, las hojas funcionales están en racimos en la cima del tallo; las estructuras reproductoras se encuentran entre las hojas del ápice del tallo, son dioicos; se encuentran principalmente en regiones tropicales o subtropicales.

El registro fósil las ubica desde el Pérmico temprano hace 250-280 millones de años. Se conocen 11 géneros con cerca de 140 especies. El uso que se les da es como plantas medicinales, alimenticias, de ornato y ceremoniales; en algunas localidades, sus hojas son empleadas en ceremonias religiosas durante la semana santa, como palmitas en el domingo de ramos; en otras localidades, los tallos y semillas se preparan como alimentos. Las especies mexicanas están bajo protección especial mediante la Norma Oficial Mexicana 059 (Semarnat, 2010) y por CITES (Raven *et al.*, 2005; González, 2014a).



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	100 / 192

Ginkgophyta: El único representante actual de esta división es *Ginkgo biloba*, un organismo pancrónico (González, 2014b). Es una especie fácilmente reconocible: son árboles que pueden llegar a medir hasta 30 metros, presentan dos tipos de ramas, los macroblastos que generan hojas bilobadas o disectas y los braquiblastos que generan hojas flabeladas y estructuras de reproducción en la parte apical. Las estructuras masculinas son microestróbilos y las femeninas son pedúnculos portadores de dos óvulos; es una planta decidua y dioica que se distribuye en China, Japón y Corea de manera natural.

El registro fósil encontrado para esta división se remonta a unos 200 millones de años; se conoce un solo género y una sola especie. Tiene diversas importancias, una es cultural, ya que se le considera un árbol sagrado y puede llegar a vivir más de 1000 años; otra es económica, se comercializan sus semillas, hojas y la planta completa para ornato; otra más es medicinal, se ha empleado para problemas respiratorios, efectos inflamatorios, también para extraer metabolitos útiles para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares; además de ser resistente a la contaminación ambiental (Raven *et al.*, 2005; González, 2014b).

Coniferophyta: A este grupo de plantas también se les conoce como Pinophyta. Es el grupo más numeroso, extendido y ecológicamente el más importante. Con base en caracteres morfológicos y embriológicos, se agrupan en seis familias, con cerca de 71 géneros y 664 especies (Gernandt y Lobo, 2012). El registro fósil se remonta al período Carbonífero, hace 300 millones de años. Forman densos bosques templados o fríos en el Hemisferio Boreal y en menor medida en el Austral; son las más abundantes en México y se presentan como dominantes o codominantes en los bosques de coníferas o bosques mixtos de pino-encino. En esta división se encuentran árboles muy grandes como las metasequoyas gigantes de Norteamérica y algunas especies muy longevas como *Pinus longaeva*. Se presentan como individuos dioicos o monoicos y perennifolios con canales resiníferos en el esporofito, hojas simples y conos; las hojas son solitarias a lo largo del tallo, aunque en *Pinus* son fasciculadas, rodeadas por una vaina basal, su forma puede ser escuamiforme, acicular, linear, linear-lanceolada, linearoblarga u oblongo-lanceolada; los conos masculinos se encuentran agrupados en sitios específicos de las ramas y están formados por un eje central con microsporófilas laminares o peltados muy pequeños (amentos); los conos femeninos están formados por brácteas alrededor de un eje central, en la axila de éstas se originan las escamas ovulíferas laminares sobre las cuales se forman los óvulos. Son importantes desde el punto de vista forestal por su madera y resinas (Raven *et al.*, 2005; Jiménez, 2014a).

Gnetophyta: La división incluye tres géneros y alrededor de 70 especies; presenta una morfología vegetativa muy variada; el género *Gnetum* es arbustivo, rara vez arbóreo erecto o trepador, bejuco leñoso, con hojas opuestas, coriáceas y nervadura reticulada, vive en la mayoría de los trópicos. *Ephedra* es un arbusto ampliamente ramificado, aparentemente articulado, con hojas pequeñas, escuamiformes opuestas o verticiladas con una sola nervadura,



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	101 / 192

habita en zonas áridas y semiáridas; *Welwitschia* es un arbusto con un tallo cóncavo muy corto que produce dos hojas coriáceas opuestas a ras de suelo con venación paralela, las cuales crecen durante toda su vida y que se dividen, se desarrollan en las zonas áridas de África. En esta división se encuentran plantas dioicas morfológicamente monoicas (no funcionalmente), se considera que están más relacionadas con las gimnospermas (Pinophyta) que con las angiospermas (Raven *et al.*, 2005; Jiménez, 2014b).

MATERIALES Y REACTIVOS

Agujas de disección.

Cajas de Petri.

Claves taxonómicas.

Literatura especializada para consultar esquemas de las familias a trabajar.

Navaja de un solo filo.

Pinzas de disección.

Regla graduada en centímetros.

Material Biológico

Ejemplares de docencia.

EQUIPO

Microscopio de campo claro.

Microscopio estereoscópico.

SERVICIOS

Tomas de corriente.

Tarja con agua.

Luz.

PROCEDIMIENTO

Para llevar a cabo esta práctica se deberán usar muestras biológicas de diferentes familias de gimnospermas (ramas, hojas y conos de un mismo individuo) para las diferentes especies. Consultar el anexo para tener una referencia morfológica de las estructuras características para cada grupo de gimnospermas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	102 / 192

Las plantas pueden ser frescas o herborizadas y se podrán usar algunos ejemplares de docencia para complementar los esquemas que se encuentran en este manual. Con ayuda de un microscopio estereoscópico, se observará el material biológico de todos los ejemplares. Si es necesario, para facilitar la observación de las estructuras en el estereoscopio, se deberán diseccionar los órganos usando pinzas de disección, bisturí o navaja de un solo filo. Para evitar confusiones, las estructuras de cada órgano para cada especie deberán colocarse en una misma caja Petri, preferentemente etiquetada.

Todas las estructuras y órganos se deberán esquematizar y describir morfológicamente con el uso de literatura especializada como guía (diccionarios botánicos, claves taxonómicas, esquemas y el anexo en este manual). Adicionalmente, se podrán registrar los caracteres diagnósticos mediante fotografías digitales. Una vez que todos los ejemplares hayan sido descritos y esquematizados, la información obtenida se registrará en un cuadro comparativo para reconocer las diferencias morfológicas entre familias o grupos taxonómicos.

El cuadro comparativo deberá incluir información morfológica importante para la determinación taxonómica, como son la forma, tamaño, textura, color, órganos reproductivos (conos femeninos y masculinos) y órganos vegetativos (tallos, corteza y hojas). Con ayuda de los esquemas del anexo y la literatura especializada, se determinará taxonómicamente cada ejemplar hasta el nivel de familia con ayuda de la clave taxonómica.

RESULTADOS

El reporte de los resultados en el informe de la práctica deberá incluir el cuadro comparativo con las características morfológicas de cada planta. La información del cuadro deberá servir para la determinación de los diferentes ejemplares. Además, se deberá incluir los esquemas e imágenes de todas las estructuras presentes en las plantas y se indicará el nombre de cada una. Para cada una de las familias determinadas se deberá agregar una breve descripción morfológica y hacer énfasis en los caracteres diagnósticos de cada grupo taxonómico.

CUESTIONARIO

1. Mencione las principales diferencias entre gimnospermas y angiospermas
2. ¿Cuáles son las características taxonómicas útiles para la determinación taxonómica de las gimnospermas?
3. ¿Explique por qué las gimnospermas no son un grupo monofilético?
4. ¿Qué grupos de gimnospermas se encuentran en México?



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	103 / 192

5. ¿Cuáles son los caracteres morfológicos únicos de las coníferas?

6. ¿Cuál es la importancia ecológica y económica de las gimnospermas?

REFERENCIAS

APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.

Cole, T.C.H., Hilger, H.H. y Medan, D. (2016). Filogenia de las Angiospermas-Sistemática de las plantas con flores (Póster), (Spanish versión of the Angiosperm Phylogeny Poster-Flowering Plant Systematics).

Gernandt, D. S., y Lobo, A.V. (2012). Coníferas. En *El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos*. Pablo Vargas y Rafael Zardoya (Eds.) Madrid. International Union of Biological Sciences.

González, M.E. (2014a.) Cycadophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 231-251). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

González, M.E. (2014b.) Ginkgoophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 253-2268). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Jiménez, R.J. (2014a.) Pinophyta (Coniferophyta). En: Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 269-282). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Jiménez, R.J. (2014b.) Gnetophyta. En: Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 283-295). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Raven, P.H., Evert, R.F. y Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. (7ª ed.). USA. W.H. Freeman and Company Publishers.

Recio, C.M. (2008). *Manual y guión de prácticas de botánica*. EAC 81. España. Publicaciones de la Universidad de Málaga.

Semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059- SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	104 / 192

Valcárcel, V. y Vargas, P. (2012). Traqueófitos. En el árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos. Pablo Vargas y Rafael Zardoya (Eds.) Madrid. International Union of Biological Sciences.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	105 / 192

PRÁCTICA 17. MORFOLOGÍA DE FLOR, INFLORESCENCIA, FRUTO Y SEMILLA

OBJETIVO

Reconocer e identificar las características morfológicas y órganos que componen las flores, inflorescencias, frutos y semillas, así como distinguir los diferentes tipos de arreglos que se presentan en dichas estructuras.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las angiospermas, son las plantas vasculares con flores y es el grupo más diverso de embriofitas, incluidas en el Reino Viridiplanta (Valencia, 2014). Presentan semillas encerradas en un carpelo que las cubre y protege, al madurar originarán un fruto el cual las contiene. Se conocen cerca de 250 000 especies en todo el mundo, con una gran cantidad de modificaciones y variaciones, como en el tamaño, en donde se encuentran plantas que van desde 1 cm (*Lemna*) hasta árboles con más de 100 m (*Eucalyptus*) (Benítez de Rojas, 2006; Valencia, 2014).

Las estructuras reproductivas de las plantas tienen un papel importante en la clasificación e identificación de las angiospermas. Algunas de las características empleadas para distinguir el nombre de las especies radican en la morfología interna de las flores, frutos o semillas, por lo que su estudio permite reconocer los caracteres involucrados en la taxonomía de las plantas con flores.

En algunas flores se distingue el pedúnculo, que es un eje que se ensancha en el ápice y constituye el receptáculo o tálamo floral, sobre el cual se insertan las diferentes piezas florales, estos al estar dispuestos en conjuntos sucesivos de dos o más elementos situados a la misma altura (nudo) reciben el nombre de verticilos florales, en total se reconocen cuatro. Los dos verticilos más externos son estériles, funcionan para la protección y atracción, se conocen como sépalos y pétalos; y los dos más internos, los fértiles, corresponden a los estambres y carpelos, homólogas a las microsporófilas y megasporófilas en otros grupos taxonómicos (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014). Sin embargo, la familia Lacandoniaceae no cumple con la estructura anterior, el verticilo cuatro está rodeado por el tres, de tal forma que es la única familia que presenta tal condición (Martínez y Ramos, 1989).

Para ubicar a los verticilos, es necesario numerarlos de fuera hacia dentro. Cada uno de los elementos que forman al verticilo recibe un nombre particular. Los sépalos, conforman el verticilo número uno, llamado cáliz; los pétalos, a su vez, forman la corola y serán el verticilo número dos; los estambres forman al androceo y será el tercero y finalmente, los carpelos o carpelo que formen o forme al gineceo será el cuarto verticilo. La presencia o ausencia y el número de elementos de cada verticilo tiene valor taxonómico y se les utiliza en este sentido para separar grandes grupos de plantas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	106 / 192

Desde el punto de vista botánico, la flor se define como un brote corto de crecimiento determinado, constituido por hojas modificadas llamadas antofilos (Cruz, 2013). Es uno de los órganos más diverso desde un punto de vista morfológico. Los sépalos y pétalos son diferentes en su estructura interna, en general presentan epidermis, parénquima y tejido vascular ramificado. La epidermis tiene células con paredes delgadas que contienen pigmentos, puede haber estomas que no son funcionales y en ocasiones puede haber tricomas. En la epidermis se pueden encontrar espacios intercelulares cubiertos por cutícula. El mesófilo está integrado por parénquima esponjoso con algunos pigmentos. El tejido vascular esta poco desarrollado y forma haces vasculares con poco esclerénquima (Mauseth, 1988; Azcárraga *et al.*, 2010).

En el androceo, el filamento presenta epidermis con cutícula y en ocasiones con presencia de tricomas y parénquima en donde sus células están separadas por espacios pequeños intercelulares con vacuolas bien desarrolladas y tejido vascular con un solo haz vascular. La antera incluye una epidermis con una sola capa celular, endotecio, situado por debajo de la epidermis y que al parecer tiene relación con la dehiscencia de la antera, además existe un tejido llamado tapete o tapetum que se forma por la diferenciación gradual de la pared de la antera, sus células son ricas en protoplasma con núcleos prominentes y pueden ser multinucleadas y con un conectivo cuyas células más cercanas al tejido esporógeno de los sacos polínicos están altamente especializado para formar capas (Azcárraga *et al.*, 2010).

El gineceo formado por capelos que a su vez están formados por epidermis con cutícula, parénquima y tres haces vasculares que pueden incrementarse o reducirse. El estilo y estigma tienen epidermis con cutícula, papilosa y segregan aceites, azúcares y aminoácidos; también se encuentra tejido de transmisión a través del cual penetra el tubo polínico (Esau, 1982; Azcárraga *et al.*, 2010).

En la inflorescencia, las flores pueden ser solitarias o estar agrupadas con otras flores en una estructura conocida como inflorescencia (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014). Las flores se agrupan en un sistema de ramas floríferas, las cuales suelen ir acompañadas de brácteas o hipsófilos, a veces de carácter foliáceo muy evidentes, o bien, con carácter petaloide como el caso de *Bougainvillea spectabilis* (bugambilia) o reducidas a películas escariosas.

La inflorescencia se define botánicamente, como un conjunto de flores que origina un sistema de ramificaciones (Font-Quer, 1985). La inflorescencia es un ordenamiento de flores en ramas llamadas floríferas y presenta un eje llamado pedúnculo. Existen una gran variedad de propuestas de clasificación de las inflorescencias; el tipo más común es la simple, la cual presentan un solo eje, aunque también existen con dos o más ejes (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014).

El fruto es la estructura protectora que contiene a las semillas y en ocasiones, ayuda a dispersarlas. Es producto de la transformación y maduración del ovario después de la fecundación, aunque otras partes de la flor o de la inflorescencia pueden intervenir en su formación. Se considera



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	107 / 192

que todos los frutos tienen pericarpio y semillas y con base en su consistencia pueden ser secos o carnosos (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014).

Un fruto simple se puede definir como un ovario desarrollado y maduro en donde pueden diferenciarse a veces tres capas: una cubierta externa llamada epicarpo, epicarpio, exocarpo o exocarpio; una capa intermedia nombrada mesocarpo o mesocarpio y una zona interna llamada endocarpo o endocarpio (Martínez y Fragoso, 2014). En ocasiones solo se distingue el exocarpo y endocarpo o puede suceder que ambas son simplemente las capas epidérmicas externas e internas de la pared del fruto, que por su parte también comprende el lóbulo ovárico en el cual las semillas se desarrollan, así como un sistema vascular de haces adicionales en el parénquima fundamental (Azcárraga *et al.*, 2010).

Después de la fecundación, el primordio seminal sufre una serie de modificaciones y se transforma en semilla (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014). Es la unidad estructural de reproducción, propagación y diseminación (Márquez, 2013). Desde un punto de vista botánico, la semilla se define como un óvulo maduro (Moreno, 1984). Está formada por la cubierta seminal desarrollada a partir de los tegumentos, llamada también testa, la cual consiste de una epidermis y cutícula con una gran variabilidad morfológica, con diferentes tipos de ornamentación como pelos o tricomas, gloquidos, costillas, entre otras más y en algunas ocasiones mucilago, que está involucrado en el transporte de la semilla; también incluye el endospermo, que puede ser muy abundante, escaso o faltar, el cual consiste en células de paredes finas con grandes vacuolas que pueden o no contener reservas como granos de almidón o proteína y finalmente un embrión que es el esporofito parcialmente desarrollado (Azcárraga *et al.*, 2010). La semilla apareció en el registro fósil hace aproximadamente 370 mda en el Devónico superior (Márquez, 2013).

MATERIALES Y REACTIVOS

- Agujas de disección.
- Cajas de Petri.
- Cubreobjetos.
- Portaobjetos.
- Navaja de un solo filo.
- Pinzas de disección.
- Regla graduada en centímetros.
- Claves botánicas de frutos.
- Esquemas del anexo de este manual.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	108 / 192

Material Biológico

Ejemplares de docencia.
Flores, inflorescencias, frutos y semillas.

EQUIPO

Microscopio de campo claro.
Microscopio estereoscópico.

SERVICIOS

Tomas de corriente.
Tarja con agua.
Luz.

PROCEDIMIENTO

Se requerirán inflorescencias de diversos tipos como las presentadas en el anexo de este manual. Cada una de las inflorescencias solicitadas, se revisarán morfológicamente; se clasificarán con base en los esquemas proporcionados en el anexo y se harán esquemas rotulados, en donde se indicarán las partes que conforman a la inflorescencia, el tipo del que se trate y el desarrollo que tiene ésta.

Una vez clasificada, se tomará una flor de cada inflorescencia diferente y se disectará. Después se reconocerán los verticilos y las partes que la conforman, se numerarán y se reconocerán con base en su posición. Posteriormente, se analizará la variación floral al considerar el número de partes, la posición del ovario, la simetría, la presencia o ausencia de las partes que la conforman y la fusión de las partes con ayuda de los esquemas del anexo. Se harán esquemas en donde se ejemplifique cada flor con sus respectivos nombres.

Se solicitarán diferentes frutos como los mencionados en el anexo de este manual. A partir de cada uno de ellos, se realizarán cortes transversales y longitudinales. Después se identificarán y clasificarán cada uno de los frutos al considerar el número de carpelos, la consistencia y la apertura con ayuda de esquemas. Se harán dibujos de cada fruto en donde se indique el nombre botánico, la posición y el nombre de cada capa, cuando sea posible observarlas.

Se solicitarán diferentes semillas y a partir de cada una de ellas, se realizara la identificación morfológica de las partes que la conforman con base en el anexo de este manual. Se mencionará si presentan alguna adaptación para la dispersión como alas, ganchos y/o plumas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	109 / 192

Se realizará un corte transversal con un bisturí para reconocer el cotiledón, plúmula, radícula, eje embrionario y endospermo, de ser posible. Se harán esquemas en donde se rotule las semillas señalando cada una de sus partes, cuando sea posible observarlas.

RESULTADOS

A partir del material biológico solicitado, se construirán cuadros comparativos para flores, inflorescencias, frutos y semillas. En los cuadros se enfatizarán las diferencias de cada órgano y junto con los esquemas rotulados y fotografías tomadas durante la práctica, se elaborará el informe correspondiente de la práctica.

CUESTIONARIO

1. ¿Por qué las rosas no son una inflorescencia?
2. ¿Cuál es el origen de las flores desde el punto de vista evolutivo y su importancia en la determinación taxonómica de las angiospermas? Explique su respuesta.
3. ¿Por qué son importantes los frutos y las semillas en las plantas con flores?
4. ¿Cuál es el origen filogenético de las capas de los frutos? Explique su respuesta.
5. ¿Cuáles son las funciones ecológicas de las semillas? Explique su respuesta.
6. ¿Cuál o cuáles son las razones por las que las plantas con flores tienen un mayor éxito en el medio terrestre con respecto a las gimnospermas? Explique su respuesta.

REFERENCIAS

- Azcárraga, R.M. del R., Jáquez, R.M.P., Bonfil, C.A. y Sandoval, Z.E. (2010). *Atlas de anatomía vegetal*. México, D.F., México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
- Benítez de Rojas, C. (2006). *Botánica Sistemática, fundamentos para su estudio*. Cátedra de Botánica Sistemática. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay.
- Cruz, D.R. (2013). La flor. En Márquez, J.J., Collazo, M.O., Martínez, M.G., Orozco, A.S. y Vázquez, S.S. (Eds.). *Biología de las angiospermas* (pp. 44-59). México, D.F., México. Facultad de Ciencias, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	110 / 192

Esau, K. (1982). *Anatomía de las plantas con semilla*. Buenos Aires, Argentina. Ed. Hemisferio Sur.

Font-Quer, P. (1985). *Diccionario de Botánica*. Barcelona, España. Labor.

Márquez, J. (2013). Semilla. En Márquez, J., Collazo, M., Martínez, M., Orozco, A. y Vázquez, S. (Eds.). *Biología de las angiospermas* (pp. 137-149). México, D.F., México. Facultad de Ciencias, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Martínez, E. y Ramos, C.H. (1989). Lacandoniaceae (Triuridales): Una Nueva Familia de México. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76(1): 128-135.

Martínez, G.M. y Fragoso, M.I. (2014). Magnoliophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 311-369). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Mauseth, J.D. (1988). *Plant anatomy*. California. The Benjamin/Cummings Publishing Company. California.

Moreno, N.P. (1984). *Diccionario botánico ilustrado*. Xalapa, Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Raven, P.H., Evert, R.F. y Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. USA. (7ª Ed.). W.H. Freeman and Company Publishers.

Valencia, A.S. (2014). *Introducción a las embriofitas*. México, D.F., México. Colección Programa Universitario del Libro de Texto. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	111 / 192

PRÁCTICA 18. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE ANGIOSPERMAS

OBJETIVO

Analizar y reconocer los caracteres morfológicos útiles en la determinación taxonómica de algunas familias de angiospermas, así como el manejo de claves taxonómicas para su identificación.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Las angiospermas es el grupo de plantas con flores más diverso del mundo, ya que cuenta con alrededor de 250 000 especies por lo que sus características vegetativas y reproductivas son muy variadas. La palabra angiosperma es de origen griego y significa *angeion*=vaso y *sperma*=semilla, por las semillas encerradas en el carpelo que las cubre y protege (Gómez, 2012). Se originaron hace 130 millones de años, en el Cretácico temprano. Se considera un grupo monofilético de acuerdo a los estudios filogenéticos ya que comparten características que las hacen únicas como la presencia de flor, carpelos, gametofitos reducidos, doble fecundación, entre otras más (Judd *et al.*, 2002).

La clasificación actual de las angiospermas las divide en cuatro grandes grupos con características definidas: Grupo basal (Grado ANA) que incluye *Amborella*, Nymphaeales y Austrobaileyales; Magnólidas, Monocotiledóneas y Eudicotiledóneas (Raven *et al.*, 2005; Martínez y Fragoso, 2014; APG IV, 2016; Cole *et al.*, 2016).

Grupo Basal (Grado ANA): En este se encuentran grupos que se clasificaban dentro de las dicotiledóneas por sus dos cotiledones, pero con polen uniaperturado, como la familia Amborellaceae y los órdenes Nymphaeales y Austrobaileyales; la familia Amborellaceae tiene un género y una especie y se caracteriza por ser un arbusto leñoso, dioico y carente de vasos; el orden Nymphaeales comprende plantas acuáticas y herbáceas y el orden Austrobaileyales son individuos leñosos y terrestres (Raven, *et al.*, 2005; Martínez y Fragoso, 2014; APG IV, 2016; Cole *et al.*, 2016).

Complejo Magnoliidae: En este se encuentran plantas herbáceas o leñosas con un perianto uniseriado, gineceo apocárpico, receptáculo alargado y ovario súpero (Martínez y Fragoso, 2014).

Monocotiledóneas: Se trata de hierbas con polen monosulcado con un solo cotiledón, presentan gran diversidad en su morfología floral e incluye flores con todas sus estructuras libres y algunas con adnaciones, hojas con nervaduras paralelas y atactostele (Raven *et al.*, 2005; Martínez y Fragoso, 2014).



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	112 / 192

Eudicotiledóneas: Es el más diverso, con dos cotiledones y granos de polen triaperturado, con eustela y hojas con nervadura reticulada; las plantas presentan gran diversidad de formas, hábitos de vida variados, distribución geográfica y metabolitos secundarios (Raven *et al.*, 2005; Martínez y Fragoso, 2014).

MATERIALES Y REACIVOS

Agujas de disección.
Cajas de Petri.
Claves taxonómicas de angiospermas.
Navaja de un solo filo.
Pinzas de disección.
Regla graduada en centímetros.

Material biológico

Muestras biológicas de angiospermas.
Ejemplares de docencia.

EQUIPO

Microscopio de campo claro.
Microscopio estereoscópico.

SERVICIOS

Tomas de corriente.
Tarja con agua.
Luz.

PROCEDIMIENTO

Se observará el ejemplar completo utilizando un microscopio estereoscópico y se reconocerán los diferentes órganos y su disposición con la ayuda de un microscopio de campo claro; si el material de estudio se encuentra prensado, se realizará una rehidratación, para rehidratar el ejemplar se sumergirá en agua y se calentará a fuego lento hasta que éste blando, lo que podrá llevar de 20 a 30 segundos, según el organismo vegetal a rehidratar. También se puede utilizar solución jabonosa. Después de obtener las características morfológicas de cada



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	113 / 192

ejemplar, se determinará la familia taxonómica a la que pertenece cada organismo al utilizar claves taxonómicas de angiospermas (anexo).

RESULTADOS

Se indicará la familia taxonómica a la que pertenece cada uno de los organismos analizados. Además, se elaborará un cuadro comparativo con las características morfológicas observadas en los diferentes ejemplares.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué son las angiospermas?
2. ¿Cuáles son las características taxonómicas útiles para la determinación taxonómica de las angiospermas?
3. Describa la evolución de las plantas con flores.
4. Explique porque las angiospermas son un grupo monofilético.
5. ¿Cuáles son los caracteres taxonómicos que permiten diferenciar los cuatro grupos de angiospermas?
6. Mencione las diferencias entre flores apétalas, polipétalas y simpétalas.

REFERENCIAS

APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.

Cole, T.C.H., Hilger, H.H. y Medan, D. (2016). Filogenia de las Angiospermas-Sistemática de las plantas con flores (Póster), (Spanish version of the Angiosperm Phylogeny Poster-Flowering Plant Systematics).

Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogs, E.A., Stevens P.F. y Donoghue, M.J. (2002). *Plant Systematics: A Phylogenetics Approach*. (2ª ed.). Sunderland, M.A., Sinauer Associates, Inc., Publishers.

Martínez, G.M. y Fragoso, M. (2014). Magnoliophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 311-369). México, D.F., México. Publicaciones Fomento Editorial, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	114 / 192

Gómez, P.V. (2012). Angiospermas. En El árbol de la vida: sistemática y evolución de los seres vivos. Pablo Vargas y Rafael Zardoya (Eds.) Madrid. Madrid. International Union of Biological Sciences.

Raven, P.H., Evert, R.F y Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. (7ª ed.). USA. W.H. Freeman and Company Publishers.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	115 / 192

UNIDAD DE APRENDIZAJE V: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	116 / 192

INTRODUCCIÓN

En el Laboratorio de Investigación Formativa IV se desarrollará un proyecto de docencia-investigación con la asesoría de un profesor, cuyo núcleo temático sea la investigación en sistemas biológicos. El alumno aplicará los conocimientos adquiridos en las prácticas realizadas previamente en las cuatro unidades del laboratorio: Biología Celular, Sistemática, Morfofisiología Animal y Plantas con Semilla.

El proyecto de docencia-investigación tiene como objetivo fundamental integrar los conocimientos adquiridos en las prácticas y experimentos de laboratorio.

El alumno ampliará su destreza en la recolecta e identificación de grupos de plantas y animales específicos revisados en las prácticas, desarrollará habilidades en el manejo de técnicas y métodos que le permitan obtener información pertinente sobre una cuestión biológica particular.

Los integrantes de cada equipo instrumentarán una bitácora del proyecto donde se anoten las observaciones cuantitativas y cualitativas generadas durante el desarrollo de la investigación, congruente con la planeación de actividades.

En el anteproyecto se desarrollarán lo siguientes rubros:

Título: debe ser sintético y preciso el cual responda dos preguntas: ¿qué? y ¿dónde?

Introducción: se presenta un bosquejo general del proyecto de docencia-investigación que se planea realizar. Se menciona el punto de partida, la perspectiva desde la cual se aborda y lo que se pretende con la investigación.

Marco Teórico: es el marco de referencia del estudio, en este deben considerarse los antecedentes que dan origen al proyecto; se debe incluir la revisión de la literatura científica relevante, actualizada, crítica y selectiva. Si hay resultados preliminares que apoyen o refuten el planteamiento del problema deben describirse en esta sección. Se debe hacer una síntesis del grado de avance del conocimiento actual en el área de estudio.

Justificación científica: se sitúa la importancia de llevar a cabo la investigación, así como la pertinencia y viabilidad de su realización, en los contextos teóricos y prácticos que así lo ameriten.

Problemática: se debe presentar basándose en el análisis del conocimiento científico actual e implica plantear claramente qué se va a estudiar. Es importante explicar las escalas de organización en las que se sitúa la problemática, así como el nivel de generalidad o de especialidad con el que se aborda.

Hipótesis: es una proposición, conjetura, suposición, argumento o idea susceptible de verificación que da una respuesta tentativa a los problemas planteados. Para que esta sea contrastable, las variables deben ser medibles o potencialmente medibles y las condiciones de



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	117 / 192

contrastación deben conseguirse con los medios disponibles. Es la guía del trabajo de investigación. Su planteamiento puede ser general y/o mediante un conjunto de hipótesis específicas (cuantitativas o cualitativas). Algunos trabajos descriptivos o exploratorios pueden desarrollarse sin hipótesis.

Objetivos: son la finalidad hacia la cual se orientan los esfuerzos del trabajo. Se debe plantear de una manera clara y concisa los logros que se esperan disponibles.

Materiales y métodos: incluye el plan de trabajo, así como las técnicas a emplear en la investigación, menciona el enfoque teórico de la metodología y especifica si la investigación es un estudio de caso o si pretende tener un nivel de generalidad basado en el planteamiento del trabajo y en el tamaño de la muestra estudiada.

Diseño estadístico: se mencionan las herramientas estadísticas a emplear en la depuración analítica de los datos obtenidos y sirve para fundamentar la validez de los datos que se generen, aunque no siempre es posible obtener datos suficientes para realizar este diseño.

Cronograma de actividades: especifica las actividades más relevantes que se desarrollarán en las diferentes fases del proyecto de investigación con base en el tiempo disponible para su ejecución.

Referencias: se enlistarán con el formato APA, en su edición más reciente. Se recomienda que el porcentaje de referencias menores de 5 años a la fecha sea no menor al 30%.

Al término del proyecto, se entregará un informe con los siguientes rubros: título, resumen, introducción, marco teórico, justificación científica, hipótesis, objetivos, materiales y métodos (procedimiento realizado), diseño estadístico, resultados, análisis de resultados, conclusiones y referencias.

Resumen: indicar el objetivo del estudio, cómo se realizó, los organismos que se utilizaron sin ahondar en detalles metodológicos, los resultados más importantes y su significancia, no incluir citas ni abreviaturas. La extensión no deberá exceder 300 palabras.

Resultados: se añaden por medio de tablas, gráficas, los datos y valores obtenidos en la investigación, a estos resultados se les realiza un análisis estadístico para verificar su validez.

Análisis de los resultados: se realiza un contraste entre los resultados obtenidos y otros trabajos consultados. En esta etapa del proceso de investigación se procede a racionalizar los datos colectados a fin de explicar e interpretar las posibles relaciones que expresan las variables estudiadas. El análisis debe expresarse de manera clara y simple utilizando lógica tanto inductiva como deductiva. El tipo de análisis de los datos depende al menos de los siguientes factores: a) el nivel de medición de las variables y b) el tipo de hipótesis formulada.

Conclusiones: deben ser consistentes y basarse en los objetivos e hipótesis que se plantearon.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	118 / 192

Al término del semestre, los resultados del proyecto de docencia-investigación se expondrán ante el grupo.

EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura está conformada por cinco unidades de aprendizaje. En las primeras cuatro, el porcentaje será del 12.5 para cada una de ellas al sumar un total de 50, evaluándose los siguientes rubros:

- a) Trabajo de laboratorio 50%
- b) Informes de las prácticas 25%
- c) Examen 25%

La unidad V corresponde al 50% restante, en ella se desarrollará un proyecto de investigación que comprenda al menos un área de conocimiento del LIF IV.

La evaluación del trabajo de laboratorio incluye:

Los procedimientos a evaluar, así como los porcentajes para este rubro dependerán de los profesores.

Anteproyecto de cada práctica y experimento (solo cuando sea requerido por el docente).

Cuestionario resuelto, previo a cada práctica/experimento.

Tareas

Desarrollo del procedimiento experimental

Limpieza del área de trabajo al final de cada sesión

Correcta disposición de residuos en el área designada

Entrega de resultados al término de cada sesión de trabajo

NOTA: En cada unidad se podrán considerar modificaciones a estos lineamientos generales de evaluación de trabajo de laboratorio.

El uso de bata, manual de prácticas del LIF IV, material biológico, bibliográfico y bitácora de laboratorio y de campo son obligatorios.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	119 / 192

Cada informe deberá tener una extensión máxima de 8-10 cuartillas. Incluir en su primera página una carátula con el nombre, logotipo de la institución y dependencia; nombre de la práctica, integrantes del equipo y fecha de entrega. Incluir: resumen, introducción, **no deberá ser idéntica a la presentada en este manual**; objetivos, material y métodos, resultados (que incluya esquemas, figuras, cuadros, con sus respectivos nombres de estructuras), análisis de resultados, conclusiones, citas y referencias.

Los informes deberán entregarse en hojas tamaño carta escritos en computadora con letra arial de 12 puntos e interlineado de 1.5, con un margen en los cuatro lados de 2.5 cm. La entrega se realizará 3 días naturales después de concluida la práctica.

Cada profesor junto con los alumnos correspondientes, deberán diseñar un proyecto de investigación afín a la unidad, cuyos criterios de evaluación serán propuestos por el profesor.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Análisis de los genes: péptidos no ribosomales (NRPs) y policétidos (PKs), asociados con la biosíntesis de metabolitos secundarios de plantas y animales

Utilizando el cribado basado en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR).

REGLAMENTO DE LABORATORIO

El objetivo de este reglamento es ayudar a que los recursos que existen en el interlaboratorio tengan un mejor aprovechamiento y para evitar algún incidente que ponga en riesgo la seguridad de todos los que trabajan en el laboratorio y que ayude en una mejor formación académica. Las actividades académicas que se realicen en el laboratorio siempre deben realizarse bajo la asesoría del profesor y es responsabilidad de quién manipula el material, reactivos y equipo cumplir con este reglamento que es obligatorio.

REGLAMENTO GENERAL DE LABORATORIO

- a. Uso obligatorio de bata de algodón abotonada.
- b. Uso obligatorio de zapato cerrado y cabello recogido.
- c. Lectura obligatoria de las propiedades físicas, químicas y toxicológicas de los reactivos y hoja de seguridad
- d. Prohibido trabajar sin la asesoría del profesor y fuera del horario asignado.
- e. Trabajar con asesoría continua.
- f. Tener disponible el carnet del seguro social.
- g. Prohibido fumar.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	120 / 192

- h. Prohibido usar audífonos.
- i. Prohibido consumir bebidas y alimentos.
- j. Prohibido correr y jugar dentro de laboratorio.
- k. Si usa lentes de contacto, deberá usar gafas de seguridad.
- l. No colocar mochilas sobre la mesa de trabajo, deberán estar en el lugar destinado para este fin.
- m. No trabajar bajo el influjo de estupefaciente, alcohol o medicamentos que no permitan la manipulación adecuada de los materiales y equipo.
- n. No recibir visitas y personas ajenas al grupo.
- o. obligatorio cumplir con el reglamento interno de cada laboratorio y conocer las normas para el préstamo de material.

REGLAMENTO INTERNO DEL LABORATORIO

1. **El uso de batas** durante las sesiones de laboratorio y estancias **es obligatorio**. 2. Queda estrictamente prohibido fumar, introducir o consumir alimentos o cualquier tipo de bebida.
3. Las muestras o material biológico que se coloquen en anaqueles, mesas, refrigeradores y estufas, deberán ser etiquetados correctamente, de acuerdo con el Sistema de Gestión de Calidad de Laboratorios (**SGC**).
4. Las soluciones preparadas, colorantes, reactivos, etc. deben ser etiquetados con todas sus especificaciones (nombre de la sustancia, concentración, fecha de preparación, caducidad, práctica o técnica, nombre del asesor y del alumno que lo preparó).
5. Durante la primera semana de cada mes se hará una revisión de mesas, anaqueles, refrigeradores y estufas, las muestras que no tengan identificación serán desechadas.
6. Los reactivos sobrantes de las prácticas se colocarán en la mesa lateral debidamente etiquetados para ser llevados al Centro de Acopio.
7. El sitio de trabajo debe estar limpio antes, durante y después de la actividad experimental. En caso de encontrar sucio el lugar reportarlo en el formato del Sistema de Gestión de la Calidad correspondiente.
8. La disposición de Residuos Peligrosos Biológico-Infeciosos, deberá realizarse bajo las normas de seguridad de acuerdo al Sistema de Gestión de la Calidad



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	121 / 192

9. Antes de salir del laboratorio, asegurarse de que no estén abiertas las llaves de agua o gas de tarjas, mesas y campanas. Asimismo, revisar que ningún equipo quede funcionando, a menos que ello sea necesario.
10. Cuando se manejen ácidos o sustancias tóxicas volátiles se usará la campana de extracción, misma que deberá de quedar limpia después de usarla.
11. No verter en la tarja los residuos de las prácticas y experimentos, se deberán recolectar en el frasco adecuado y etiquetarlo.
12. No realizar mezclas en frascos que no estén etiquetados adecuadamente.
13. Evitar el uso de detergentes fosfatados y utilizar la menor cantidad de agua posible para el lavado del material.
14. **No** deberá guardar los reactivos que se proporcionen para el desarrollo de la práctica ya que el uso es para todos. De acuerdo al reglamento del CERFyS los reactivos deben solicitarse con 24 horas de anticipación.
15. No obstaculizar las áreas comunes con objetos que eviten el libre tránsito en los pasillos.
16. El material devuelto al interlaboratorio, deberá estar limpio y seco.
17. El material deteriorado por los alumnos deberá reponerse en una semana, de lo contrario, el comodato será remitido a la Secretaría Técnica, para la sanción correspondiente.
18. El alumno deberá contar con un recipiente para transportar el material de forma segura
19. El horario de servicio de los interlaboratorios se encontrará expuesto en las ventanillas de cada laboratorio, en caso de que el servicio se encuentre suspendido se deberá informar a la Secretaría Técnica, quien procederá a reanudar el servicio.
20. En caso de que el equipo de laboratorio no funcione, deberá reportarse de inmediato al asesor y al Secretario Técnico para su revisión.
21. El equipo de laboratorio y campo podrá usarse hasta que esté seguro de su manejo o con ayuda del asesor.
22. Cada grupo (equipo) de trabajo deberá contar con el material básico que se enlista al final, éste no será proporcionado por el interlaboratorio.
23. Para el material y equipo de campo, deberá hacer la solicitud por lo menos con 24 horas de anticipación en un horario de 10:00 a 14:00 y de 16:00 a 18:00 h. En la Secretaría Técnica de la Carrera de Biología.
24. Al término del semestre se tendrá acceso a los laboratorios solamente las dos semanas siguientes (periodo de ordinario A y B) al término del mismo, después de esa fecha el laboratorio se mantendrá cerrado hasta el inicio de clases del siguiente semestre.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	122 / 192

25. Al inicio del semestre, se asignará gavetas a los equipos de alumnos de cada grupo, los cuales serán responsables de ellas hasta el final del semestre.
26. Cada equipo de trabajo mantendrá únicamente la gaveta que le fue asignada y no podrá tomar ninguna otra aunque esté desocupada.
27. Desocupar y dejar limpias las gavetas a más tardar al finalizar el examen ordinario B del semestre respectivo, en caso contrario se abrirán y el material que se encuentre, pasará a formar parte de la Carrera.
28. Los profesores y los laboratoristas están autorizados a reprender a los alumnos que cometan desmanes o hagan mal uso de las instalaciones o del equipo.
29. No se prestará material ni equipo a los alumnos en ausencia del profesor correspondiente.
30. Se deberá trabajar únicamente en el horario asignado al grupo. Cuando la práctica requiera de más tiempo, el profesor informará a la Secretaría Técnica.
31. Se podrá proporcionar material adicional sólo en 3 ocasiones durante la práctica.
32. Anotar en la bitácora correspondiente el uso de cada uno de los equipos. Si el equipo no funciona correctamente, deberá avisar al profesor y llenar el formato SGC-FESZ- FP00402.

NORMAS PARA EL PRÉSTAMO DE MATERIAL

1. Se tramitará la credencial de laboratorio al inicio del semestre, la convocatoria se publicará con 15 días de anticipación. No habrá prórroga.
2. El préstamo será personal, no se podrá solicitar material con credencial de otra persona.
3. El préstamo de material, equipo y reactivos para los alumnos será **EXCLUSIVAMENTE CON LA CREDENCIAL DE LABORATORIO** y con el comodato debidamente autorizado.
4. La solicitud de préstamo de reactivos, material y de reactivos **ESPECIALES**, deberán contener todos los requisitos que indica el comodato. La solicitud que no presente datos completos no será atendida (Nota: en la sección de reactivos, favor de colocar la cantidad real de consumo).
5. Al recibir el material solicitado, verificar que se encuentre en buenas condiciones y en caso contrario, hacer las aclaraciones.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	123 / 192

6. La autorización del material, equipo y reactivos será de la siguiente forma:
- Autorización por un plazo no mayor a 12 horas con firma del profesor responsable del grupo o la práctica.
 - Autorización por un plazo mayor a 24 horas con firma del profesor responsable del grupo o la práctica y del Secretario Técnico e indicar la fecha de entrega.

MATERIAL QUE NO SE PROPORCIONA EN EL INTERLABORATORIO

Espátula.
Manguera de hule.
Estuche de disección.
Papel seda p/lentes de microscopio.
Varilla de vidrio. Diferentes tamaños (agitadores).
Portaobjetos.
Cubreobjetos.
Brocha pequeña
Etiquetas.
Botellas de plástico de 1000 y 500 mL.
Rejilla con tela de asbesto.
Contenedor para transporte de material

SANCIONES

- El comodato se remitirá a la Secretaría Técnica y se suspenderá el Servicio por una semana cuando:
 - Sobrepasen la fecha de entrega de material y no hayan solicitado la renovación de autorización.
 - Cuando no realicen el trámite de credencial y no la recojan en las fechas establecidas.
 - Cuando el alumno no ha devuelto los reactivos y equipo, el mismo día que los solicitó.
- Se suspenderá el servicio totalmente cuando el alumno sea reincidente.
- El alumno que no realice la disposición correcta de PPBI, será reportado a la Jefatura de Carrera, para determinar la sanción correspondiente



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	124 / 192

MANEJO DE RESIDUOS

En algunas de las prácticas de las diferentes unidades se generan residuos peligrosos, el generador (alumno) deberá clasificarlo de acuerdo con su naturaleza y grado de peligrosidad (CRETIB) según la NORMA Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

Los residuos sólidos, ya sea un reactivo único o una mezcla, se colocarán en bolsa de plástico (Tipo Ziploc) limpia, de un tamaño adecuado al contenido, se cerrará y etiquetará de acuerdo con la figura A.

Si el residuo es líquido, ya sea un reactivo único o una mezcla, se colocará en un envase de material no reactivo con el contenido, de vidrio (**NUNCA SE DEBE EMPLEAR UN ENVASE DE PET**) que esté limpio, seco y nunca haya contenido alimentos, la tapa debe ajustarse para que no permita fugas (**NUNCA USAR PLÁSTICO O PARAFILM PARA SELLAR EL ENVASE**), se cerrará y etiquetará de acuerdo con la figura A. Los envases no deben estar llenos completamente, sólo al 80% de su capacidad.

En caso de residuos de ácidos, estos deberán neutralizarse con una base como bicarbonato de sodio comercial (**el alumno deberá tenerlo disponible en todo momento**). Los residuos generados ya etiquetados, se destinarán al área amarilla que existe en la mesa lateral del laboratorio.

El refrigerador deberá utilizarse solo para conservar reactivos y bajo supervisión del asesor.

El docente debe asegurarse que el alumno al final de la actividad experimental haya clasificado, envasado, identificado y colocado en el área correspondiente los residuos químicos, orgánicos y biológico-infecciosos.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	125 / 192



Figura A. Etiquetado de residuos peligrosos.

RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS (RPBI)

En esta categoría se encuentra a la sangre, saliva o alguna otra muestra biológica de origen humano o de ratón, así como guantes, lanceta frascos de recolección de muestra, algodón o cualquier otro que hubiera estado en contacto con ellos. De acuerdo a la figura B, se deben separar en las siguientes categorías: 1) sangre, 2) cultivos y cepas de agentes biológicos infecciosos, 3) patológicos, 4) residuos no anatómicos y 5) objetos punzocortantes. Los desechos de origen humano como sangre, saliva y semen, primero se inactivarán con solución comercial de hipoclorito de sodio (cloro), serán colocados en un recipiente de vidrio o de plástico rígido debidamente etiquetado y deben ubicarse en el área asignada de desechos para ser recogidos por el personal adecuado.

Los recipientes a emplearse, para punzocortantes serán rígidos, de polipropileno color rojo, resistentes a fracturas y pérdidas de contenido al caerse, tener separador de agujas y abertura para depósito, con tapa(s); las bolsas de polietileno de color rojo translúcido de calibre mínimo

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	126 / 192

200 y de color amarillo translúcido de calibre mínimo 300, impermeables y libres de cloro; los contenedores deberán estar marcadas con el símbolo universal de riesgo biológico (Fig. B) y la leyenda **“RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS”**. Todos los recipientes deberán etiquetarse con la fecha, grupo, laboratorio de generación y la descripción del residuo. Los contenedores, bolsas o recipiente de punzocortantes se deberán colocar en la zona roja del área dedicada a los residuos peligrosos del laboratorio para ser recogidos por el personal adecuado.

Las bolsas rojas y amarillas deben solicitarse al interlaboratorio y en su defecto a la coordinación del ciclo correspondiente



Figura B. Manejo de residuos biológico-infecciosos.

RESTOS ORGÁNICOS

En la unidad de Biología Celular se generan restos de animales (ratones), los cuales son transportados en cajas al Bioterio, siempre y cuando ahí se hayan producido; donde deben colocarse en el recipiente correspondiente agregándoles directamente cal viva, de acuerdo con



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	127 / 192

el procedimiento SGC-PO06. Los restos animales de consumo humano se pueden reusar para consumo de mascotas carnívoras. En ningún caso deben desecharse en los botes, o tarjas.

RESIDUOS ORGÁNICOS

En algunas prácticas de la unidad de plantas con semilla, se generan residuos orgánicos (plantas), los cuales al final de la sesión las profesoras se aseguran de que los alumnos los coloquen en una bolsa de plástico negro para llevarlos a la zona de composteo.



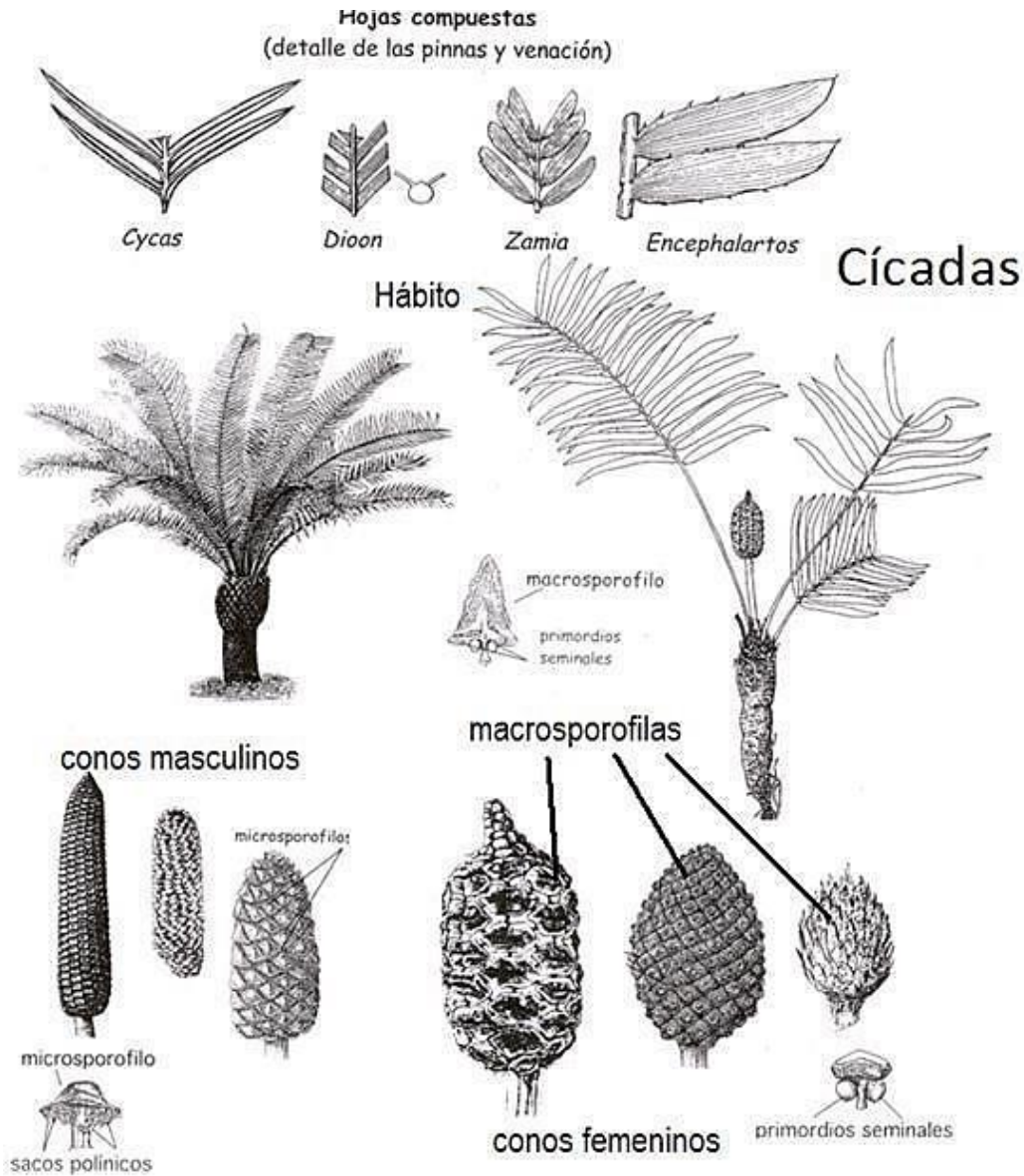
SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	128 / 192

ANEXO 1. PLANTAS CON SEMILLA

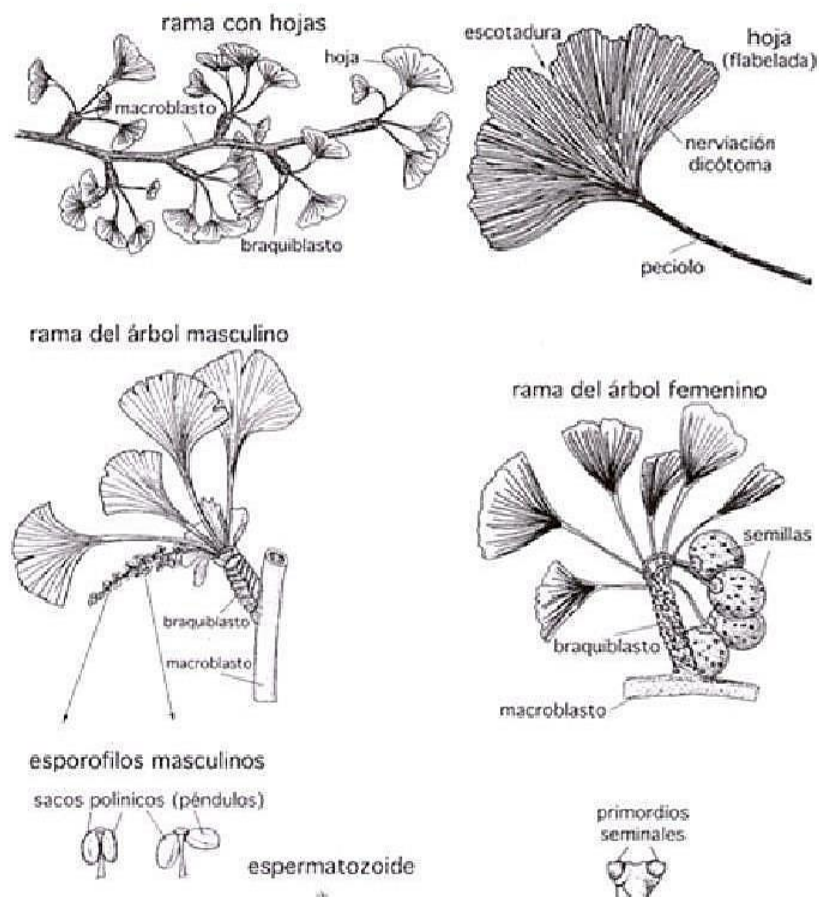
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	129 / 192



Tomado y modificado de Kubitzki, 1990 y Strasburger *et al.*, 1994

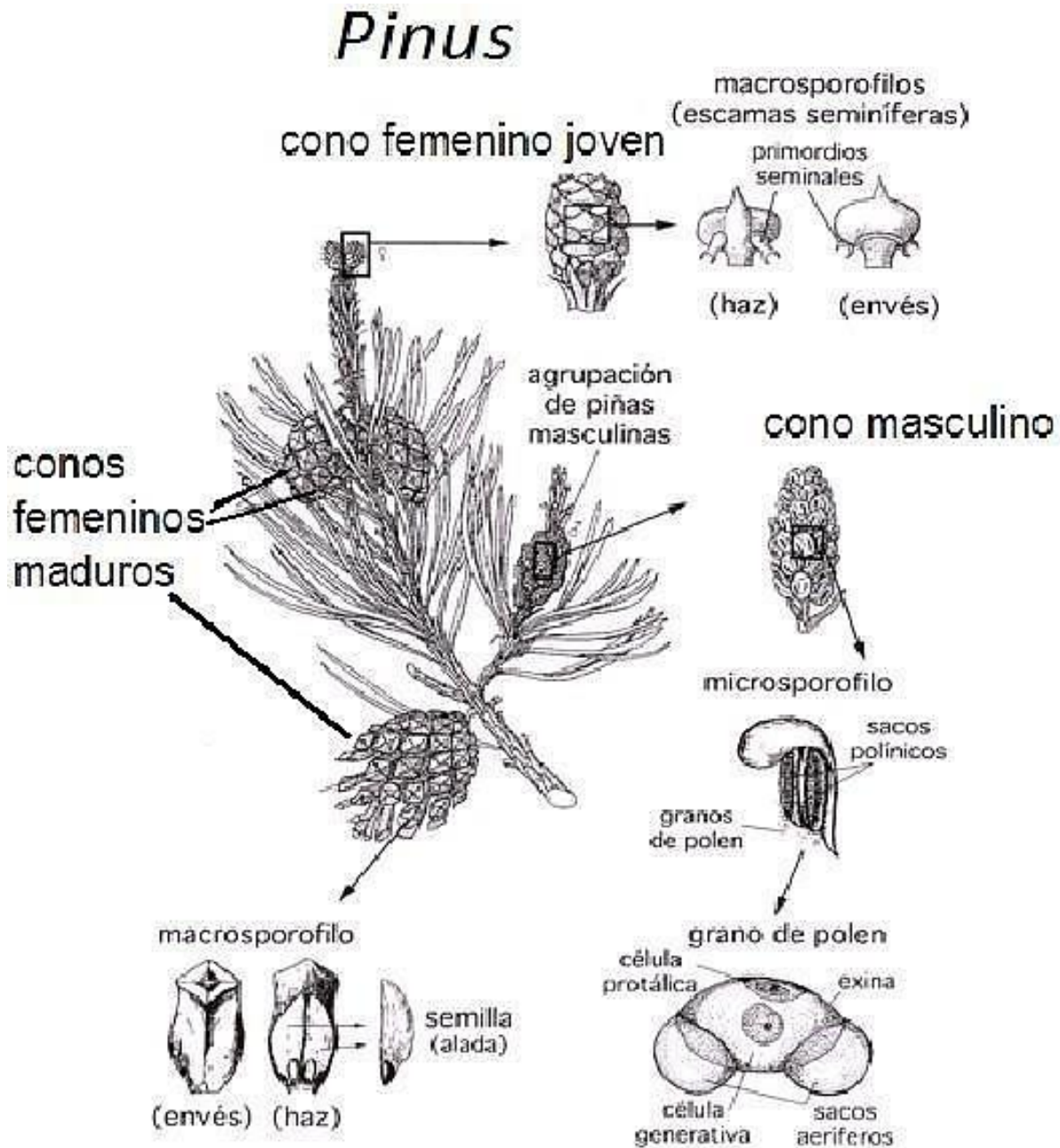
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	130 / 192

Ginkgo biloba



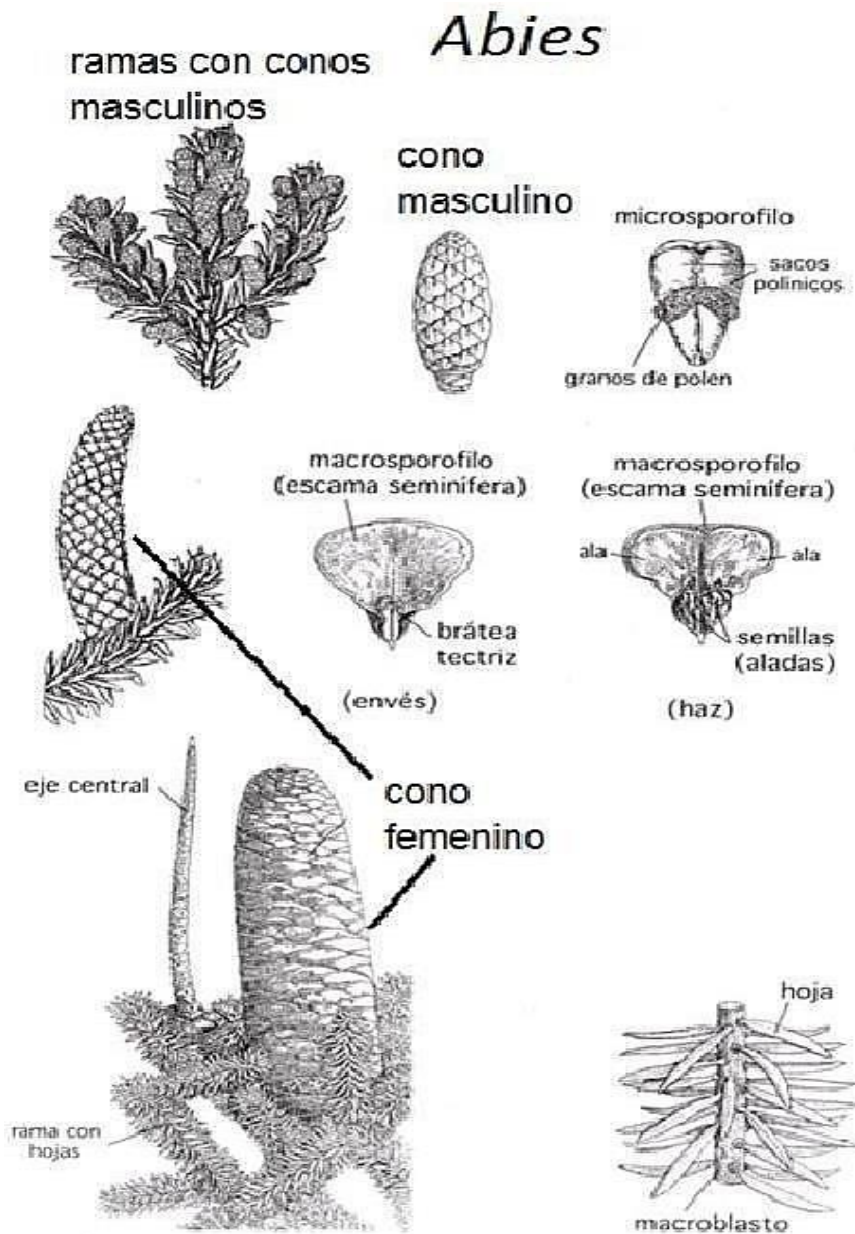
Tomado y modificado de Strasburger *et al.*, 1994 y Scagel *et al.*, 1987.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	131 / 192



Tomado y modificado de Ceballos, 1971 y Strasburger *et al.*, 1994

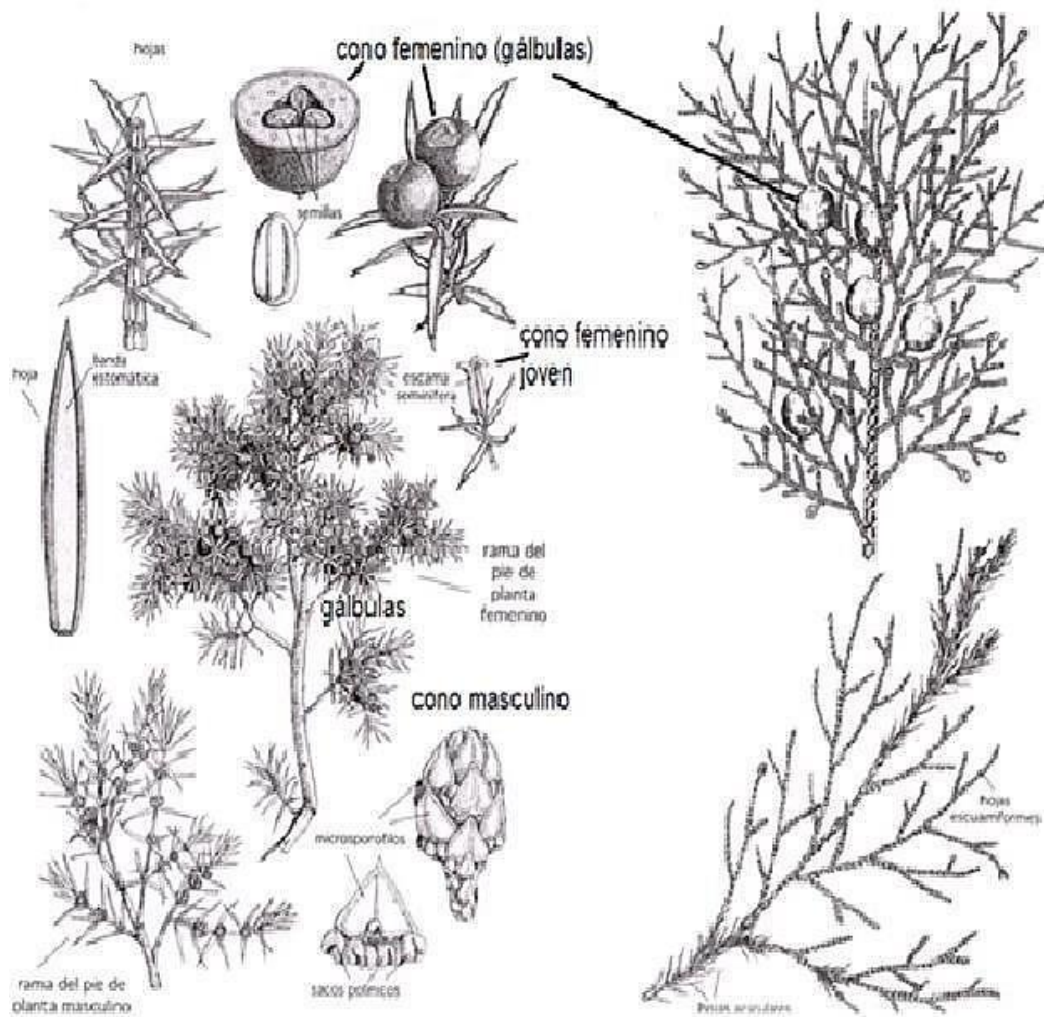
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	132 / 192



Tomado y modificado de Ceballos, 1971 y Castroviejo *et al.*, 1986.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	133 / 192

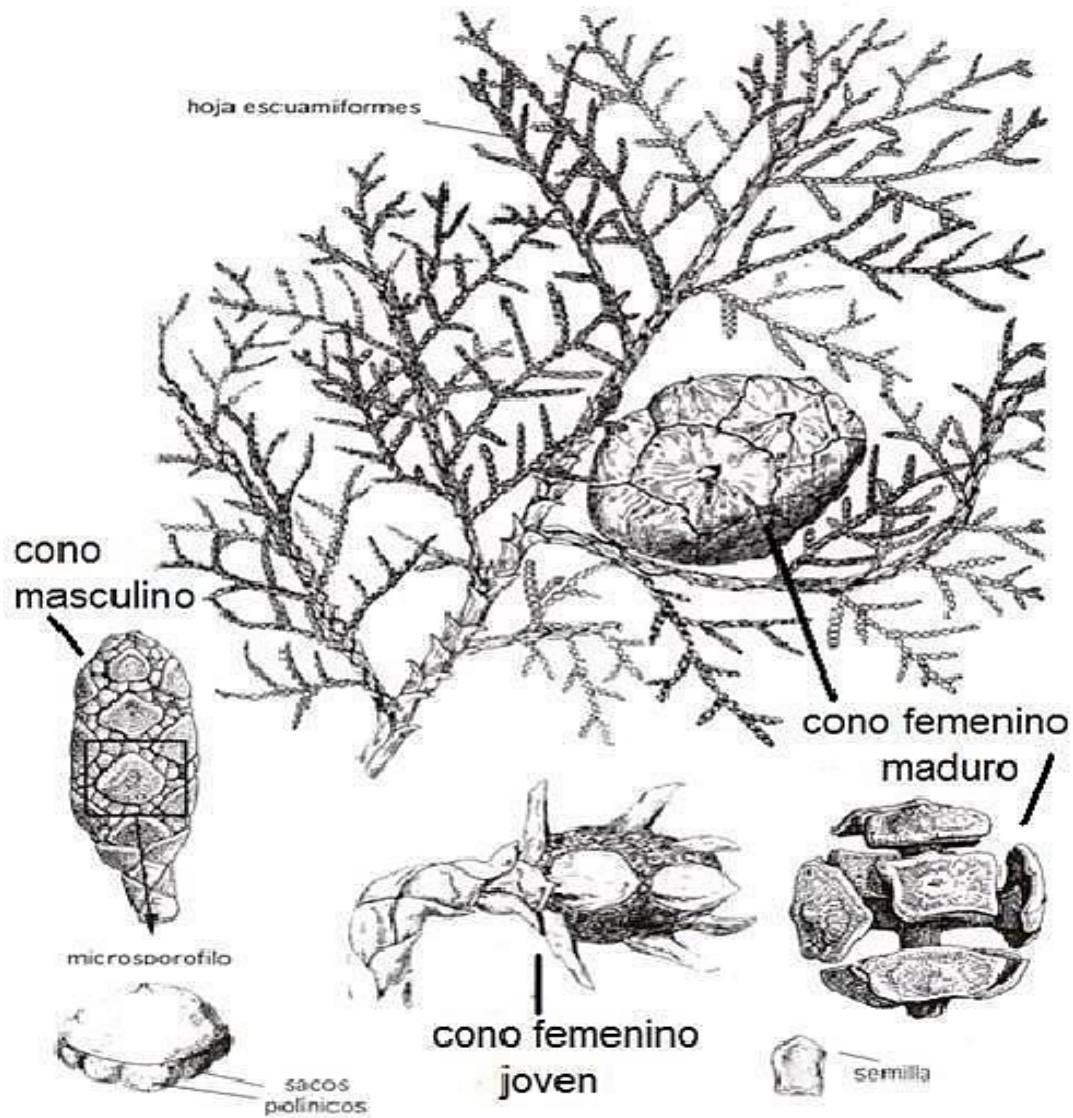
Juniperus



Tomado y modificado de Castroviejo *et al.*, 1986

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	134 / 192

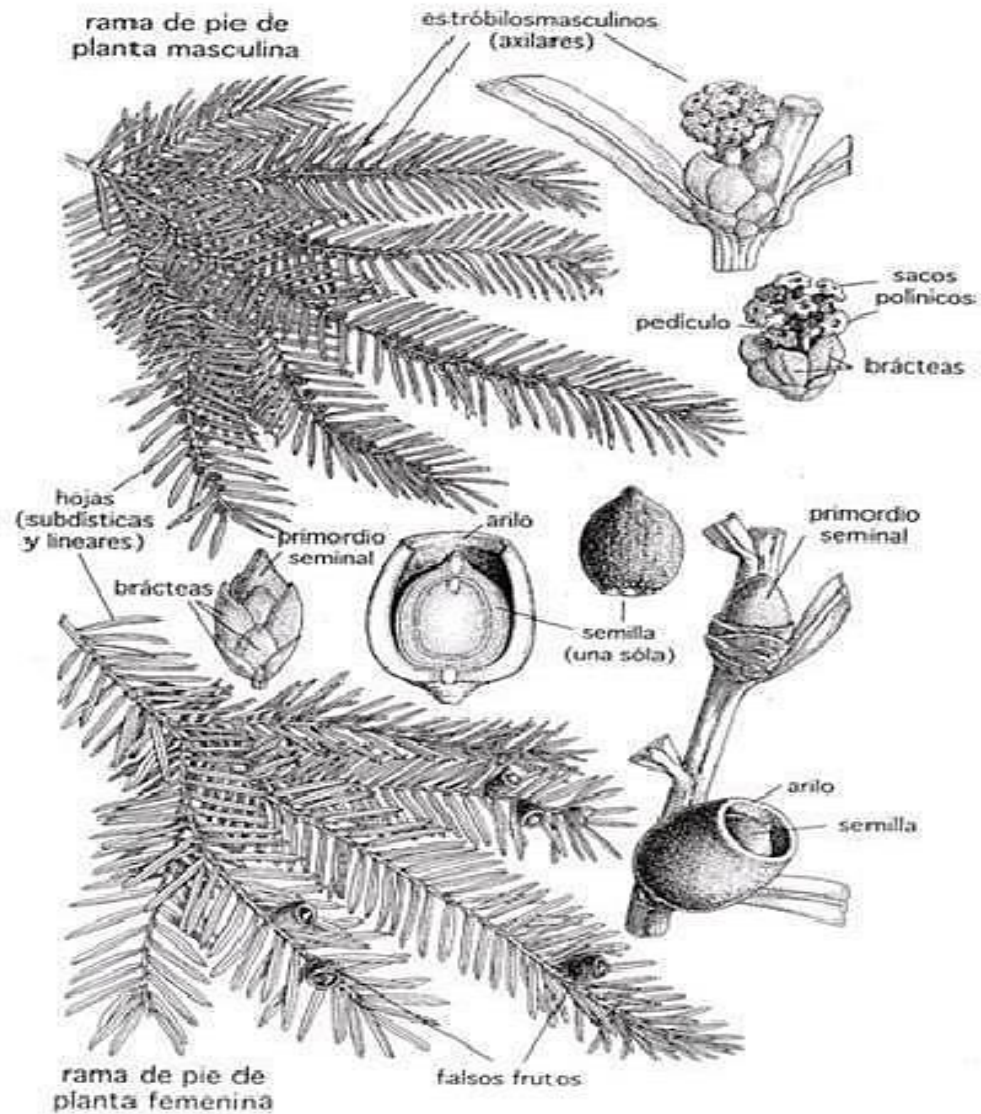
Cupressus



Tomado y modificado de Ceballos, 1971 y Castroviejo *et al.*, 1986

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	135 / 192

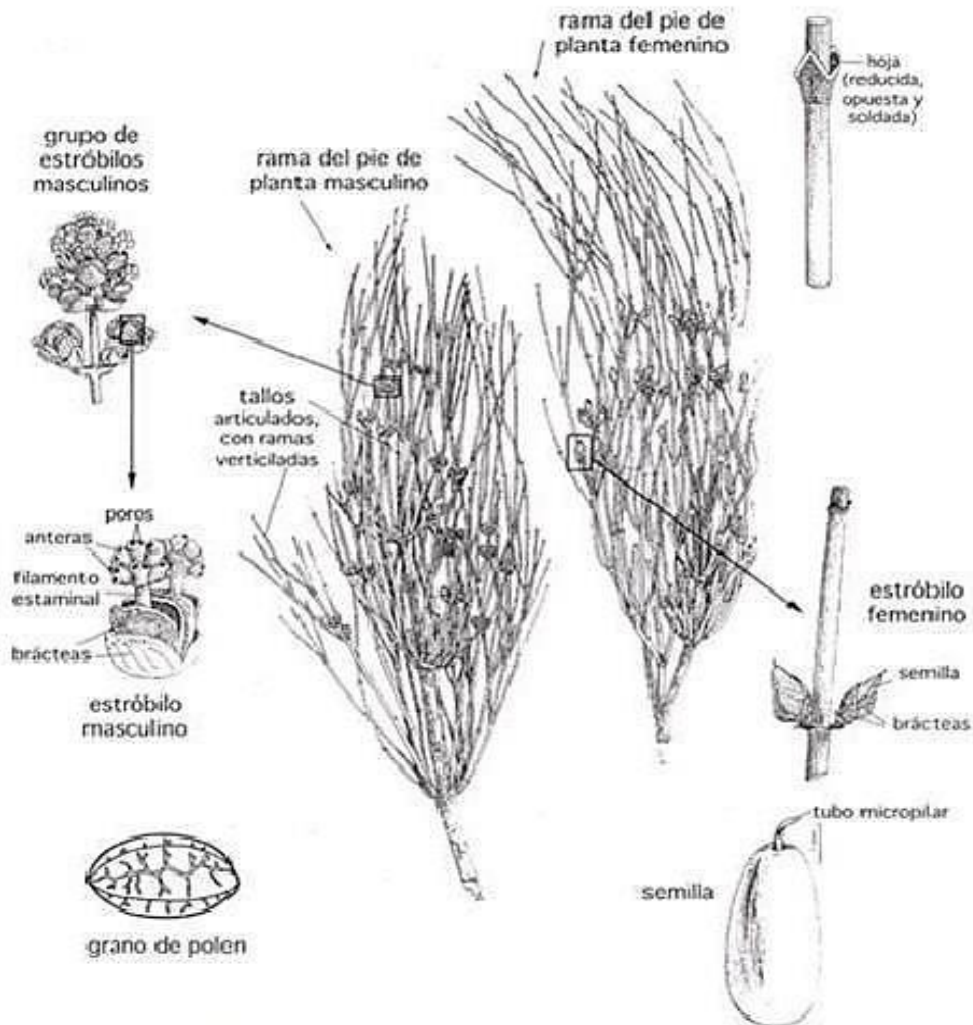
Taxus



Tomado y modificado de Castroviejo et al., 1986

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	136 / 192

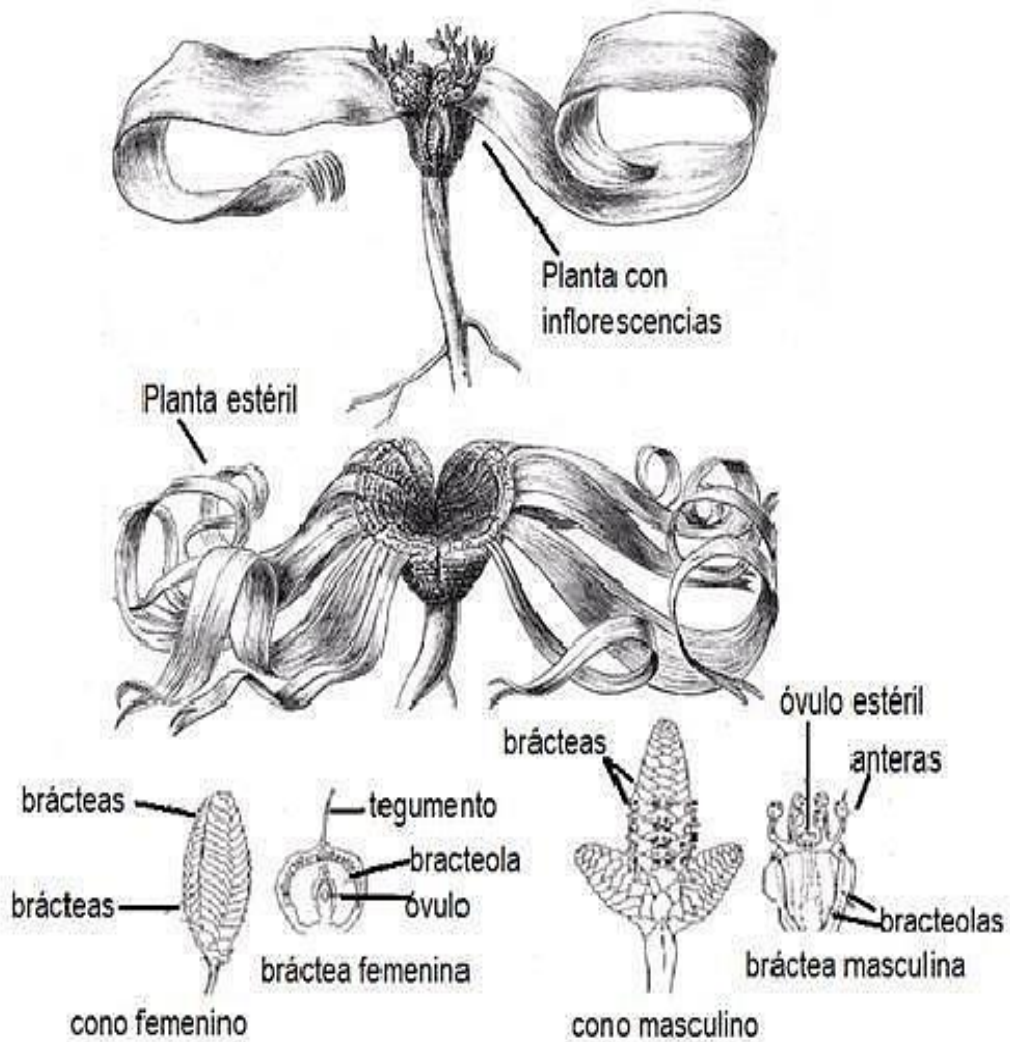
Ephedra



Tomado y modificado de Castroviejo *et al.*, 1986 y Scagel *et al.*, 1987

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	137 / 192

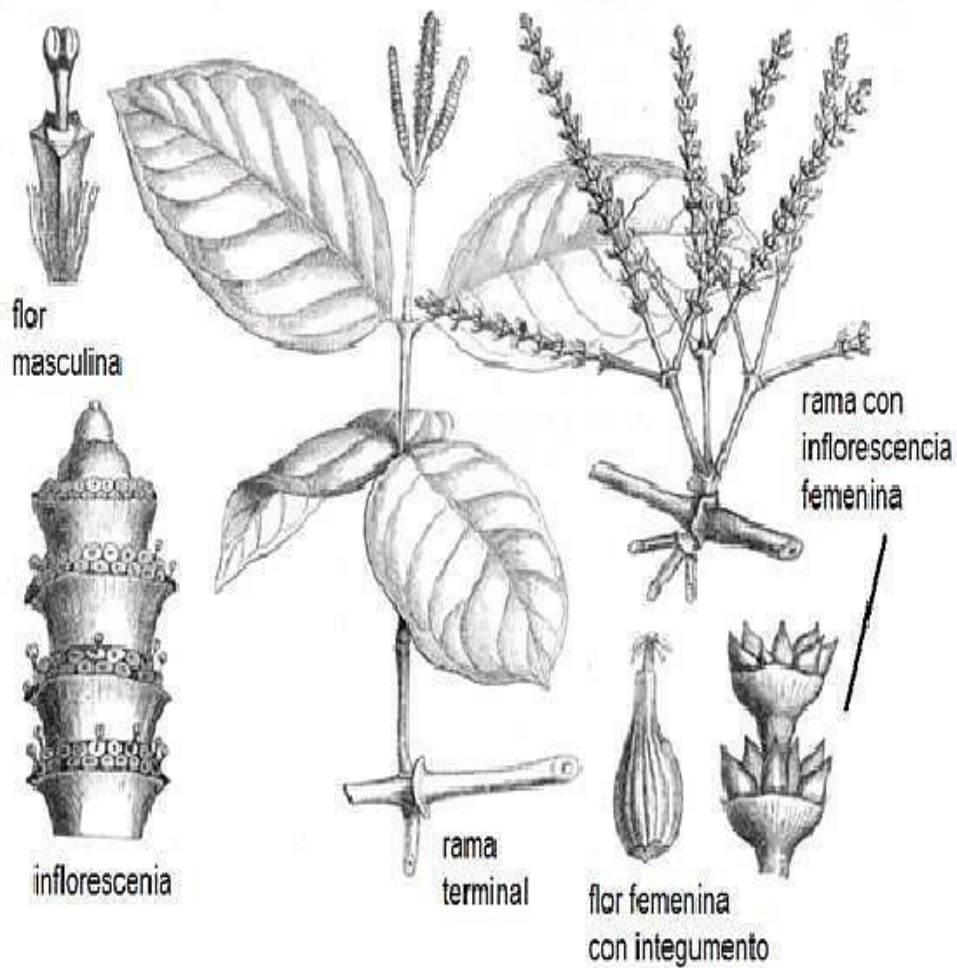
Welwitschia



Tomado y modificado de Strasburger *et al.*, 1994 y Scagel *et al.*, 1987

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	138 / 192

Gnetum



Tomado y modificado de Strasburger *et al.*, 1994



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	139 / 192

Clave taxonómica para determinar familias de gimnospermas (Tomada y modificada de Eckenwalder y Thieret, 1993).

1. Plantas dioicas; hojas pinnadas, folíolos lineares; tallos poco desarrollados o subterráneos con el ápice foliar expuesto.....**Zamiaceae**

1. Plantas monoicas (excepto en Gnetophyta); hojas simples, con forma de abanico; aciculares, lineares o escumiformes.

2. Hojas deciduas, con forma de abanico, venación dicotómica; óvulos dos (de los cuales solo uno madura) en pedúnculos largos y fistulosos.....**Gynkgoaceae**

2. Hojas perennes (deciduas en *Larix* usualmente en *Taxodium*, efímeras y no fotosintéticas en *Ephedra*), lineares, aciculares, lanceoladas o escumiformes sin venación dicotómica; óvulos (y semillas) 1-20 dentro de conos o solo una en un tallo corto.

3. Entrenudos largos o cortos, los más largos de 2 a 10 cm (algunas veces cortos en la base de las ramas); estróbilos masculinos compuestos de esporofilas subtendidas por un par de bractéolas; semillas sujetas al eje del cono femenino, compuesto por bractéas verticiladas papiráceas, foliosas o carnosas; arbustos nunca resinosos o fragantes.....**Ephedraceae**

3. Entrenudos cortos de 0 a 1 cm; conos masculinos simples nunca subtendidos por bractéas; semillas insertas debajo de escamas de los conos, las bractéas leñosas (carnosas y coalescentes en *Juniperus*), o semillas solitarias y no cubiertas por bractéas o escamas (en *Taxaceae* y *Podocarpaceae*); arbustos o árboles resinosos y fragantes.

4. Semillas varias dentro de conos leñosos o carnosos; hojas aciculares, lineares o escumiformes, extendidas en un solo plano o no, con canales resiníferos.

4. Hojas aciculares o lineares, alternas o fasciculadas, algunas veces individualizadas por una vaina (excepto las de *Pinus* donde los fascículos son una unidad) escamas del cono femenino imbricadas, semillas dos en cada escama.....**Pinaceae**

5. Hojas escumiformes o algunas veces aciculadas, alternas, opuestas o verticiladas, bractéolas persistentes (pero muchas de ellas se caen con la edad); las escamas del cono valvadas o imbricadas, semillas de 1-20 por escama.....**Cupressaceae**

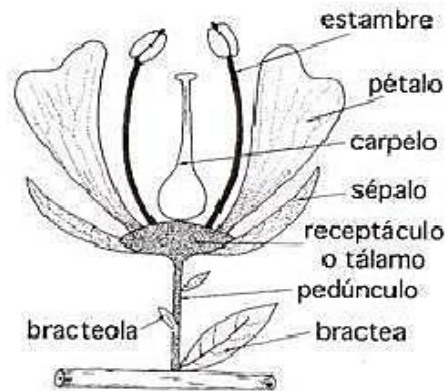
5. Semillas una con un arilo carnoso o jugoso; hojas aciculares o lanceoladas extendidas en un solo plano, sin canales resiníferos.

6. Hojas aciculares.....**Taxaceae**

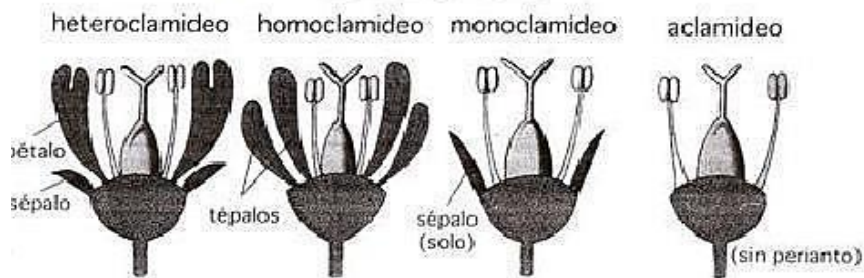
6. Hoja lanceoladas.....**Podocarpaceae**

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	140 / 192

PARTES DE UNA FLOR



Tipos de perianto



CÁLIZ

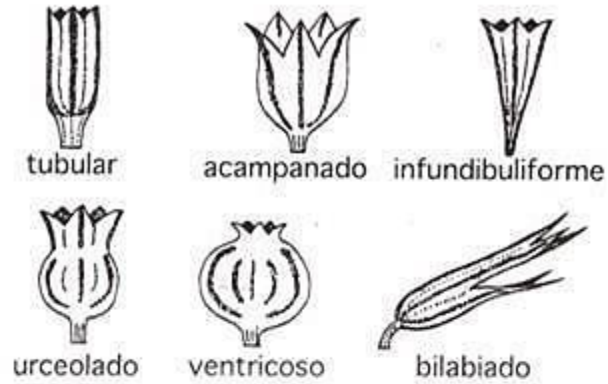
Tipos de cáliz según la concrecencia:



Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Masalles *et al.*, 1985; Díaz González *et al.*, 2004; Conesa *et al.*, 1997.

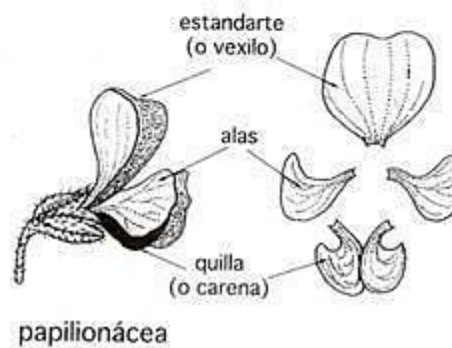
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	141 / 192

Formas-tipos de cáliz gamosépalo:



COROLA

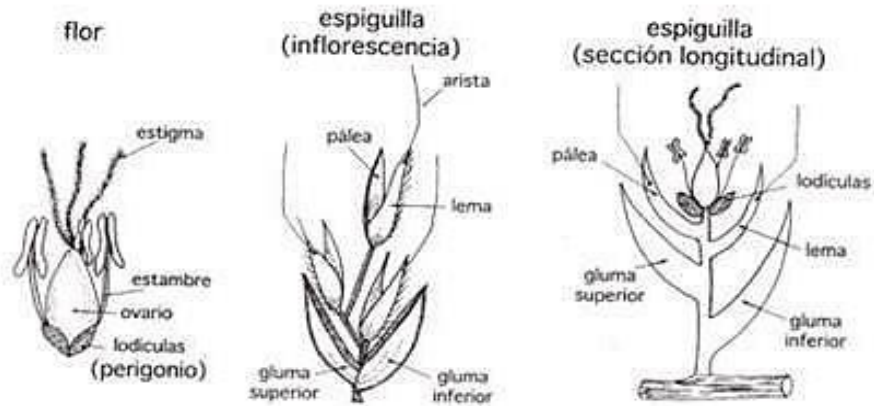
Formas-tipos de corolas dialipétalas (pétalos libres):



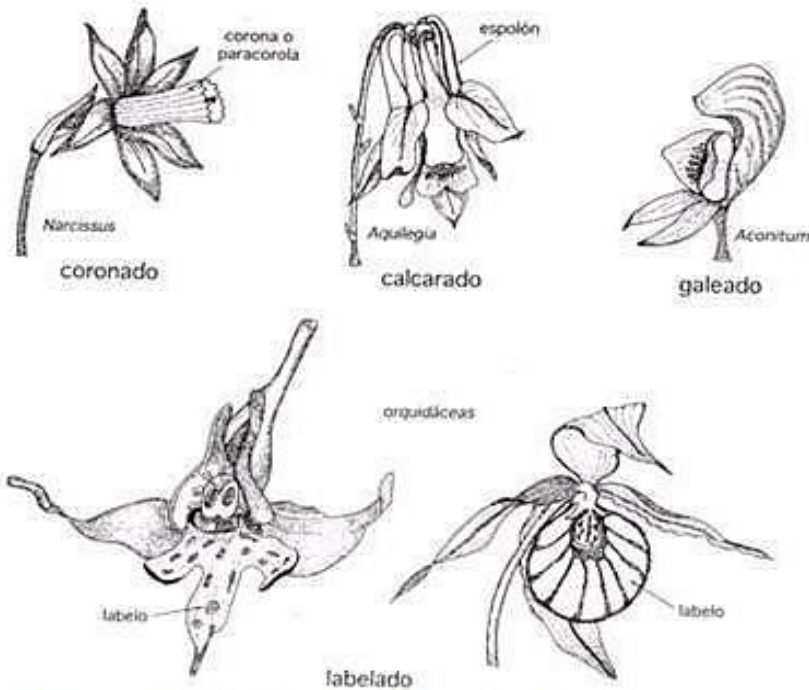
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Conesa *et al.*, 1997.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	142 / 192

Tipos de perigonio Dialitépalo (tépalos libres)



Gamotépalo (tépalos soldados)



Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	143 / 192

PREFLORACIÓN



abierta



valvar



contorta o retorcida



en espiral
(unas después de
otras, >5 piezas)



imbricada

Tomado y modificado de Pérez morales, 1999

ANDROCEO

Morfología del estambre



basifija



versátil



flor monandra



flor diandra



flor triandra

Flores unisexuales masculinas de acuerdo al número de estambres

dialistémono (estambres libres)



Androceo monadelfo (sold. por los filamentos) (1 sólo haz)



Androceo diadelfo (sold. por los filamentos) (2 haces)



Androceo singenésico (soldado por las anteras)



Androceo petalostémono (estambres epipétalos)



Androceo ginostemial (flor ginandra)



Tipos de dehiscencia de la antera

longitudinal



poricida



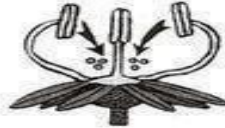
valvar



transversal



dehiscencia introrsa



dehiscencia extrorsa



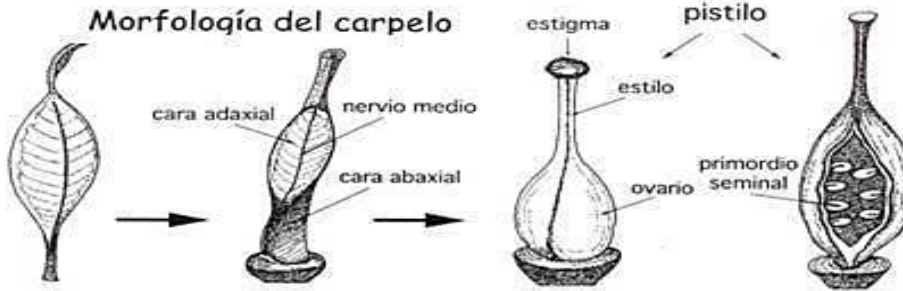
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Díaz González et al., 2004; Hickey & King, 1997



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	145 / 192

GINECEO

Morfología del carpelo



Tipos-formas de estilos



Tipos-formas de estigmas



Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	146 / 192

Fórmulas florales

- * flor actinomorfa
- ↓ flor zigomorfa
- () soldadura entre piezas del mismo verticilo
- [] soldadura entre piezas de diferentes verticilos
- ∞ número de piezas > 20
- + este símbolo situado entre dos números indica que las piezas están repartidas en dos verticilos, también que piezas del mismo verticilo son diferentes

♀ **femenina**

♂ **masculina**

♀♂ **hermafrodita**

K = cáliz

C = corola

A = androceo

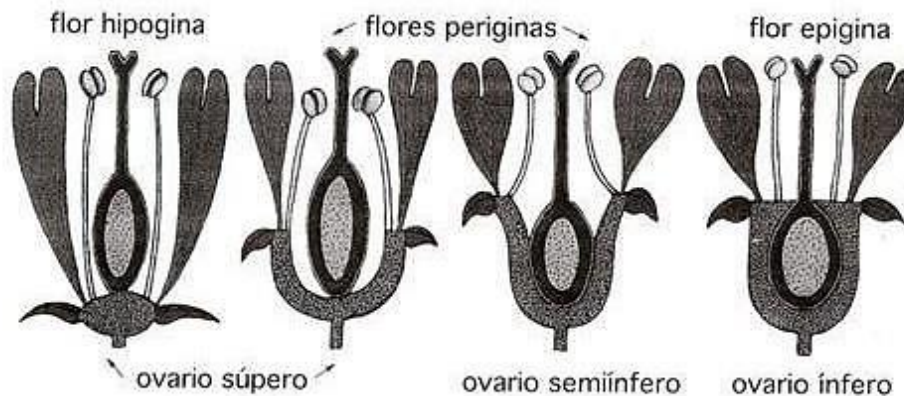
G = gineceo

P = perigonio

G = ovario súpero \overline{G} = ovario ínfero

Tomado y modificado de Carrión *et al.*, 1997.

Tipos de flores según la posición del gineceo



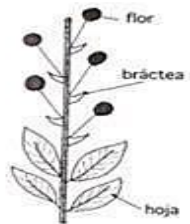
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Díaz González *et al.*, 2004



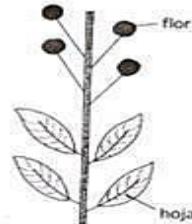
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	147 / 192

INFLORESCENCIAS

Inflorescencia bracteada

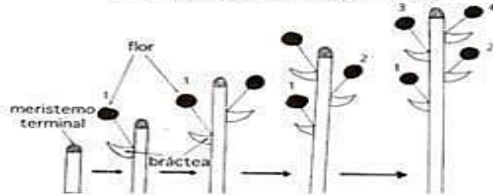


Inflorescencia no bracteada

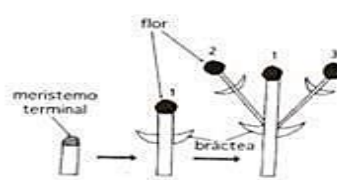


Tipos básicos de inflorescencia

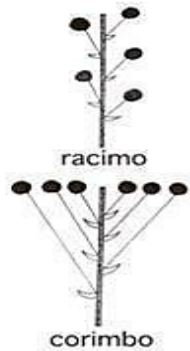
racemosas o indefinidas



cimosas o definidas



Tipos de inflorescencias simples racemosas



Tipos de inflorescencias simples cimosas

monocasios (cimas unípara)



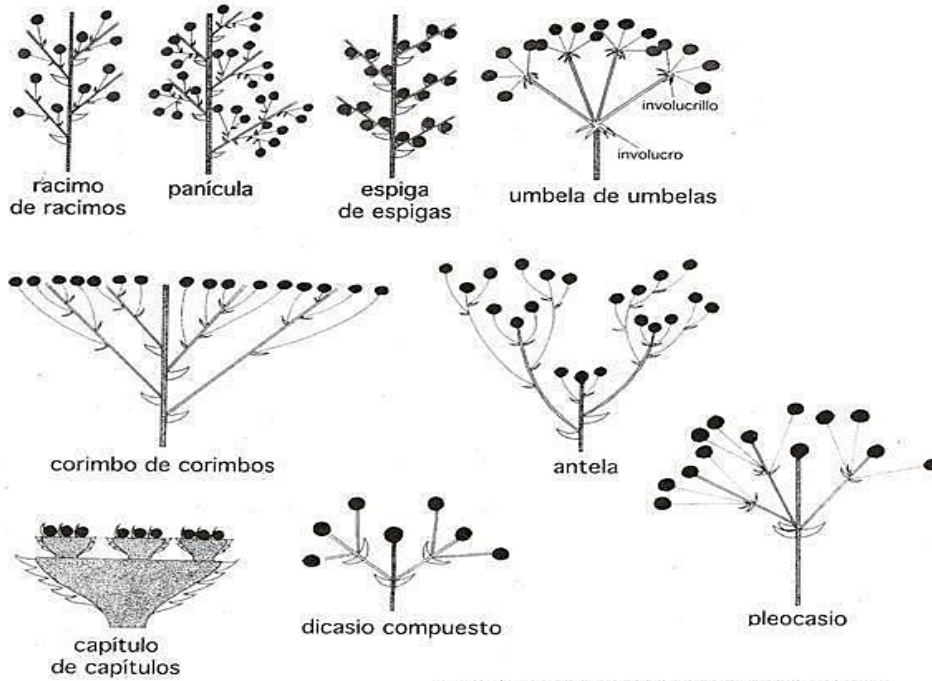
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

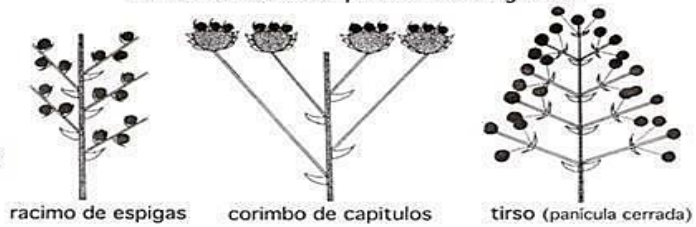
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	148 / 192

Inflorescencias compuestas homogéneas

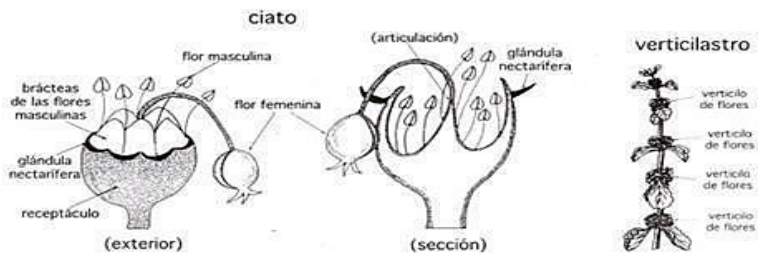


Inflorescencias compuestas heterogéneas

Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



Inflorescencias complejas

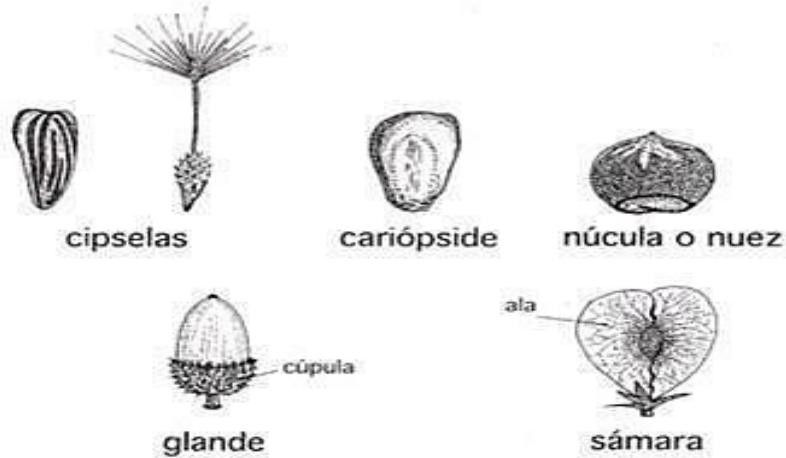




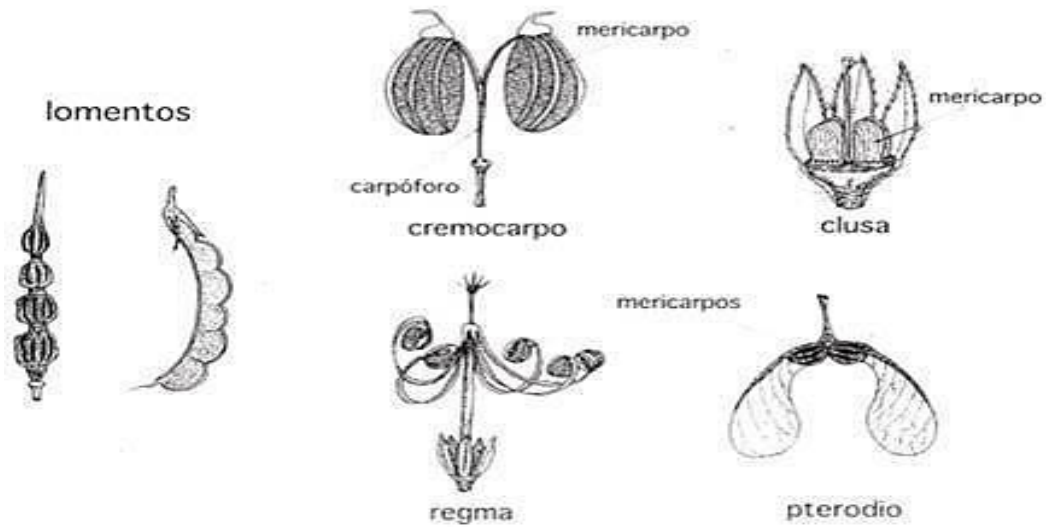
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	149 / 192

FRUTO

Frutos secos indehiscentes monospermos: Aquenios



Frutos secos indehiscentes plurispermos y fragmentables esquizocarpos

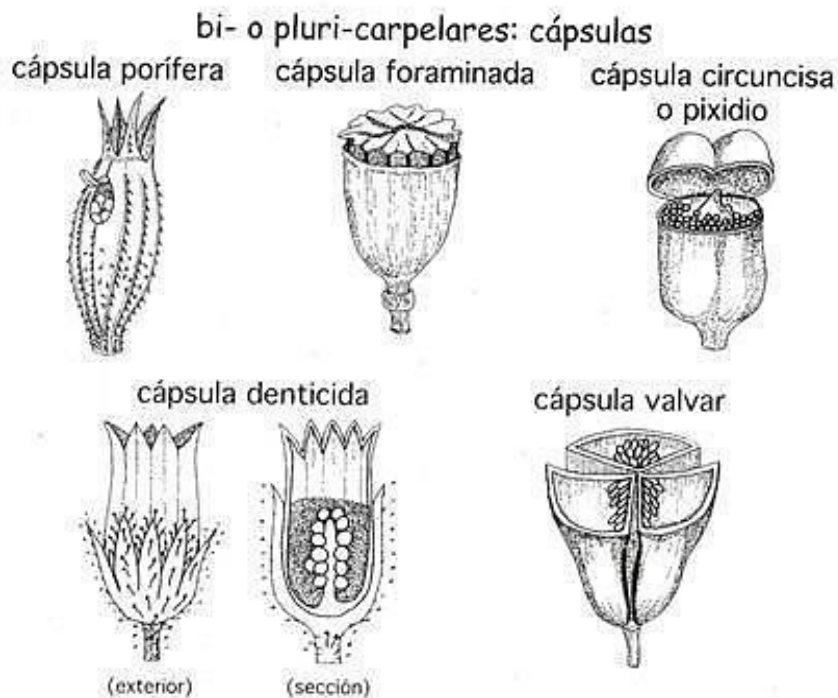
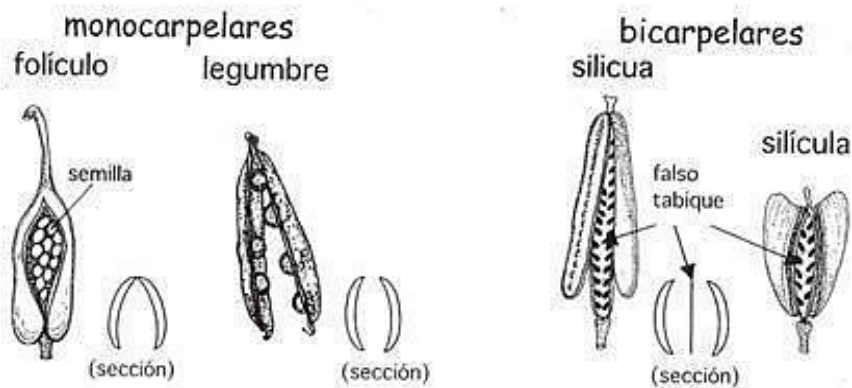


Tomado de Pérez Morales, 1999



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	150 / 192

Frutos secos dehiscentes



Tomado de Pérez Morales, 1999; Conesa et al., 1997

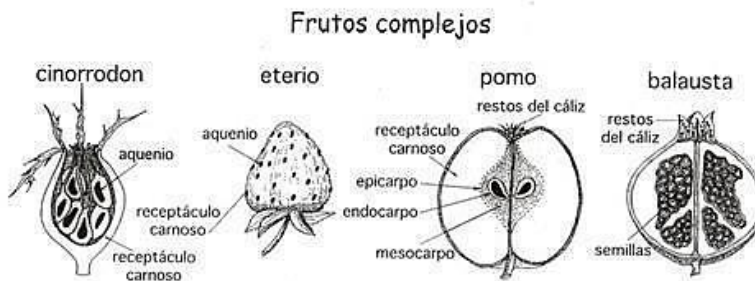
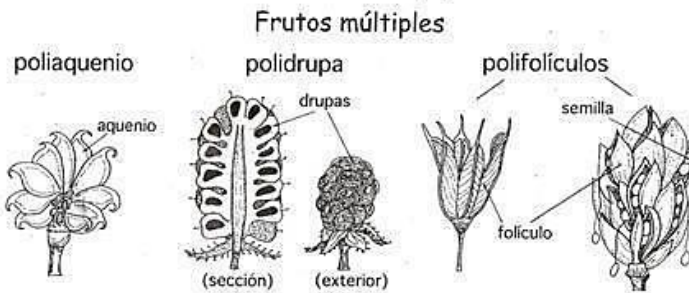


SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	151 / 192



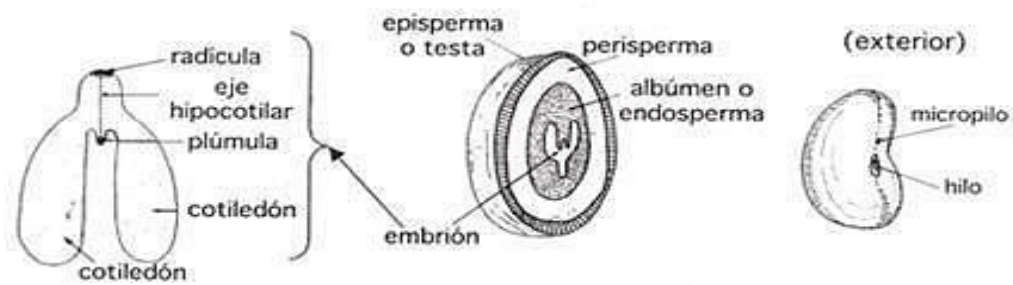
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Hickey *et al.*, 1997



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	152 / 192

SEMILLA

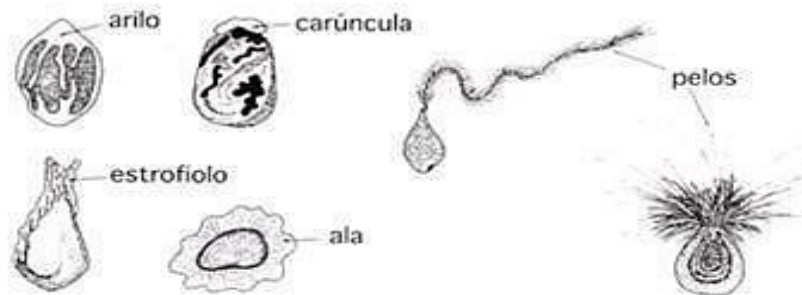
Estructura



Superficie de la semilla. Tipos de ornamentación



Excrecencias de la semilla



Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	153 / 192

Clave taxonómica para determinar familias de angiospermas (Tomada de Calderón y Rzedowski, 2001).

1. Embrión con 2 cotiledones; hojas casi siempre recorridas por nervaduras pinnadas o palmadas; flores frecuentemente pentámeras o tetrámeras. Incluye plantas parásitas de plantas aéreas de otros vegetales..... **Dicotyledoneae**

1. Embrión con 1 cotiledón; hojas casi siempre recorridas por paralelas, derechas o arqueadas; flores frecuentemente trímeras. Incluye un grupo de plantas acuáticas flotantes y diminutas sin diferenciación en tallos y hojas (Lemnaceae); nunca parásitas de partes aéreas de otros vegetales..... **Monocotyledoneae**

Dicotyledoneae

1. Flores desnudas (sin ninguna envoltura floral) o con un solo perianto (1 sola envoltura o 2 envolturas de igual tamaño, forma y consistencia, sea verde o de otro color)..... **Apétales**

1. Flores por lo general marcadamente constituidas por un cáliz verde y de una corola de otro color.

2. Corola de varios pétalos separados..... **Polipétales**

2. Corola de una sola pieza; los pétalos están unidos por lo menos en su base..... **Simpétales**

Apétales

1. Plantas acuáticas.

2. Flores dispuestas en umbelas o capítulos; ovario ínfero.

3. Flores en umbelas; ovario bilocular que se separa en 2 mericarpios en la madurez..... **Umbelliferae**

3. Flores en capítulos; ovario unilocular; fruto sin dividirse en la madurez..... **Compositae**

2. Flores dispuestas en otros tipos de inflorescencias.

4. Hojas finamente partidas, verticiladas.

5. Hojas pectinado-multífidas; ovario ínfero..... **Haloragaceae**

5. Hojas divididas dicotómicamente; ovario súpero..... **Ceratophyllaceae**

4. Hojas enteras o casi enteras.

6. Hojas alternas, con ócreas en la base de los peciolos; flores dispuestas en inflorescencias conspicuas; aquenio triquetro..... **Polygonaceae**

6. Hojas opuestas, sin ócreas; flores solitarias axilares, inconspicuas.

7. Flores hermafroditas, estambres 3 a 6; ovario ínfero; cápsula dehiscente, con numerosas semillas..... **Onagraceae (Ludwigia)**

7. Flores unisexuales, desnudas; fruto separándose en 4 mericarpios monospermos; estambre 1..... **Callitricaceae**

1. Plantas no acuáticas.

8. Plantas parásitas de árboles y arbustos.

9. Plantas arbustivas verdes o amarillentas, conspicuas, de más de 5 cm de largo..... **Loranthaceae**

9. Plantas herbáceas inconspicuas, de menos de 1 cm de largo, simulando verrugas sobre el tallo del huésped..... **Rafflesiaceae**

8. Plantas no parásitas.

10. Plantas con flores pequeñas dispuestas en amentos, al menos las masculinas.

11. Fruto carnoso; hojas opuestas, o bien, alternas y trinervadas.

12. Hojas opuestas, enteras, pinnatinervadas; plantas dioicas..... **Garryaceae**

12. Hojas alternas, aserradas, trinervadas desde la base; plantas con jugo lechoso..... **Moraceae**

11. Fruto seco; hojas alternas.

13. Ovario trilocular; fruto en forma de cápsula trilocular, o bien, de una bellota (nuez envuelta parcialmente por una cúpula).

14. Fruto en forma de cápsula trilocular y con tres semillas; amentos más o menos rígidos, generalmente rojos; plantas herbáceas o arbustivas..... **Euphorbiaceae (Acalypha)**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	154 / 192

14. Fruto con una sola semilla y envuelto en parte por una cúpula (bellota); amentos flácidos, generalmente amarillentos; plantas arborescentes o arbustivas..... **Fagaceae**
13. Ovario unilocular; frutos agrupados en pequeños conos secos, o bien, libres y en forma de cápsula bivalvada; plantas leñosas.
15. Frutos agrupados en pequeños conos secos; semillas sin pelos; árboles monoicos; hojas anchamente lanceoladas a ovadas..... **Betulaceae**
15. Frutos libres; semillas provistas de pelos largos; árboles o arbustos dioicos; hojas frecuentemente linear-lanceoladas..... **Salicaceae**
10. Plantas con flores de ambos sexos no en amentos.
16. Flores desnudas.
17. Flores dispuestas en ciatios (inflorescencias que semejan flores, envueltas por un involucre en forma de copa)..... **Euphorbiaceae (Euphorbia)**
17. Flores no dispuestas en ciatios, sino axilares, solitarias o por pares, o bien, agrupadas en espigas.
18. Flores axilares, solitarias o por pares; hojas opuestas; plantas de lugares pantanosos..... **Callitrichaceae**
18. Flores dispuestas en espigas.
19. Inflorescencia de más de 3 mm de diámetro, rodeada en su base por un involucre de brácteas blancas en flor, volviéndose café en fruto..... **Saururaceae**
19. Inflorescencia de menos de 3 mm de diámetro, sin brácteas en la base, aunque cada flor está acompañada de una bráctea..... **Piperaceae**
16. Flores dotadas de un perianto sencillo o doble.
20. En la flor varios ovarios separados.
21. Estambres numerosos..... **Ranunculaceae**
21. Estambres 1 a 4..... **Rosaceae (Alchemilla)**
20. En la flor un solo ovario, de 1 o de varios carpelos.
22. Ovario ínfero o semiínfero.
23. Ovario encerrado en el eje floral (aunque no solado con él), de tal manera que muchas veces aparenta ser ínfero..... **véase el núm. 36**
23. Ovario encerrado y soldado con el eje floral; el perianto y el androceo se insertan por encima de él; ovario evidentemente ínfero o semiínfero.
24. Plantas rastreras o trepadoras, provistas de zarcillos, limbo del cáliz representado por pequeños dientes entre los lóbulos de la corola; corola simpétala..... **Cucurbitaceae**
24. Plantas desprovistas de zarcillos.
25. Ovario unilocular.
26. Ovario semiínfero; estambres 5, libres; flores con el perianto calicino, dispuestas en glómérulos..... **Chenopodiaceae (Beta)**
26. Ovario ínfero; estambres 3, libres, o bien 5 (4) y con las anteras generalmente unidas; cáliz con frecuencia representado por un vilano; perianto de una sola pieza.
27. Flores dispuestas en cimas paniculadas; estambres 3, libres, estigma trifido..... **Valerianaceae**
27. Flores agrupadas en capítulos; estambres 5 (4) con las anteras generalmente soldadas; estigma por lo común bifido..... **Compositae**
25. Ovario con dos o más lóculos.
28. Perianto largo, cilíndrico, unilabiado, con la base inflada; estambres unidos al estilo..... **Aristolochiaceae**
28. Perianto actinomorfo, no unilabiado; estambres separados del estilo.
29. Ovario bilocular.
30. Plantas leñosas, perianto de segmentos separados..... **Cornaceae**
30. Plantas herbáceas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	155 / 192

31. Flores dispuestas en umbelas o cabezuelas; hojas generalmente alternas o radicales, a veces algunas opuestas..... **Umbelliferae**
31. Flores no dispuestas en umbelas o cabezuelas; hojas todas opuestas o pseudoverticiladas..... **Rubiaceae**
29. Ovario tri a multilocular.
32. El dorso de los carpelos estirado en alas; flores de color rosa..... **Begoniaceae**
32. El dorso de los carpelos no estirado en alas.
33. Plantas leñosas..... **Rhamnaceae**
33. Plantas herbáceas.
34. Plantas subacuáticas inodoras; flores solitarias y axilares; cápsula dehiscente..... **Onagraceae (Ludwigia)**
34. Plantas terrestre, frecuentemente fétidas; flores dispuestas en panículas cimosas; el fruto es un aquenio provisto de vilano..... **Valerianaceae**
22. Ovario súpero.
35. Ovario encerrado en el eje floral (pero no soldado con él), de tal manera que muchas veces aparenta ser ínfero, especialmente en la madurez.
36. Hojas alternas, con estípulas..... **Rosaceae**
36. Hojas opuestas, sin estípulas o con estípulas escariosas.
37. Fruto circuncísil, con muchas semillas; hojas camosas; hierbas rastreras de suelos salitrosos; perianto coralino..... **Aizoaceae**
37. Fruto indehisciente con una semilla; hojas no camosas.
38. El fruto es un utrículo; hierbas rastreras, diminutas o pequeñas; perianto verde..... **Caryophyllaceae (Scleranthus)**
38. El fruto es un antocarpio; hierbas o arbustos erectos o volubles, o a veces hierbas rastreras; perianto corolino..... **Nyctaginaceae**
35. Ovario situado sobre el eje floral, evidentemente súpero.
39. Ovario de dos o más lóculos.
40. Ovario bilocular.
41. Plantas arbóreas con las hojas compuestas, opuestas.
42. Estambres 2; fruto con 1 ala..... **Oleaceae (Fraxinus)**
42. Estambres 4 a 8; fruto con 2 alas..... **Aceraceae**
41. Plantas herbáceas.
43. Perianto rojizo, pentámero; estambres 5 a 10; flores axilares solitarias o por pocas; fruto circuncísil..... **Aizoaceae (Trianthema)**
43. Perianto blanquecino o verdoso, tetrámero; estambres 2, 4 ó 6, en este último caso son tetradinamos; inflorescencia corimbosas o racimosas; el fruto es una silicua dehiscente en dos valvas, o bien, es indehisciente..... **Cruciferae**
40. Ovario tri a multilocular.
44. Fruto camoso.
45. Estambres 8 a 10; fruto en forma de baya polisperma; flores dispuestas en racimos, sobre pedicelos cortos..... **Phytolaccaceae**
45. Estambres 4 a 5; fruto en forma de drupita; flores dispuestas en cimmas axilares o terminales..... **Rhamnaceae**
44. Fruto capsular.
46. Fruto trialado..... **Sapindaceae (Dodonaea)**
46. Fruto sin alas.
47. Planta arbustiva, espinuda, con hojas pequeñas, tempranamente caedizas..... **Rhamnaceae (Adolphia)**
47. Plantas herbáceas o arbustivas, no espinudas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	156 / 192

48. Cápsula circuncísil; hierba oenicienta, tendida, con las hojas carnosas; perianto rojizo; flores hermafroditas.....Aizoaceae (*Sesuvium*)

48. Cápsula tricoca, dehiscente por medio de tres valvas; plantas herbáceas o arbustivas, a veces con látex o pelos urticantes; flores unisexuales con o sin perianto, frecuentemente dispuestas en ciatios.....Euphorbiaceae

39. Ovario unilocular.

49. Las anteras se abren por valvas; arbustos o arbolitos.

50. Hojas simples, enteras, aromáticas al estrujarse; flores verdosas.....Lauraceae

50. Hojas compuestas, trifoliadas o pinnadas, con los bordes espinudo-dentados; flores amarillas.....Berberidaceae

49. Las anteras se abren longitudinalmente.

51. Hojas compuestas, bipinnadas; estambres numerosos, muy largos y salientes.....Leguminosae (*Mimosoideae*)

51. Hojas simples o palmaticompuestas; estambres inclusos o poco salientes.

52. Fruto de pocas a muchas semillas; cápsula dehiscente por medio de valvas.....Caryophyllaceae

52. Fruto con 1 semilla.

53. Hojas con estípulas.

54. Estípulas foliáceas.

55. Hojas palmaticompuestas; ovario bicarpelar (estilos 2); plantas desprovistas de pelos urticantes.....Cannabaceae

55. Hojas simples, dentadas a partidas; ovario unicarpelar (estilo 1 o a veces ausente); plantas urticantes.....Urticaceae (*Urtica*)

54. Estípulas escariosas; plantas no urticantes.

56. Estípulas bien desarrolladas, que envuelven al tallo (ócreas); perianto corolino o calicino.....Polygonaceae

56. Estípulas pequeñas, no envolventes; perianto calicino.....Caryophyllaceae

53. Hojas sin estípulas.

57. Inflorescencias en especie de cabezuelas terminales o axilares, rojizas a blancas.

58. Inflorescencias con involucre cilíndrico en la base; el fruto es una nuez triquetra.....Polygonaceae (*Eriogonum*)

58. Inflorescencias con un involucre de brácteas escariosas en la base, el fruto es un utrículo redondeado.....Amaranthaceae (*Gomphrena*)

57. Inflorescencia de diferentes tipos, verdosas o blanquecinas, no en especie de cabezuelas.

59. Brácteas y perigonios escariosos.....Amaranthaceae

59. Brácteas foliáceas en la base de la inflorescencia o ausentes; perianto foliáceo.

60. Ovario con un óvulo erguido; brácteas foliáceas presentes.....Urticaceae

60. Ovario con un óvulo arqueado, sostenido por un funículo más o menos largo.....Chenopodiaceae

Polipétalas

1. Ovario ínfero o semiínfero.

2. Estambres más de 12.

3. Plantas sin hojas, espinosas y suculentas.....Cactaceae

3. Plantas con hojas.

4. Flores unisexuales; fruto trialado.....Begoniaceae

4. Flores hermafroditas; frutos sin alas.

5. Plantas con pelos ganchudos; corolas grandes, amarillas o anaranjadas.....Loasaceae

5. Plantas sin pelos ganchudos.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	157 / 192

6. Hojas opuestas; plantas arbustivas, sarmentosas; flores tetrámeras, blancas conspicuas; cápsula dehiscente por valvas.....**Hydrangeaceae**
6. Hojas alternas.
7. Plantas carnosas, herbáceas, rastreras; fruto circuncisil.....**Potulacaceae (Portulaca)**
7. Plantas no carnosas; fruto no circuncisil.....**Rosaceae**
2. Estambres 1 a12.
8. Ovario unilocular.
9. Hojas enteras, carnosas; fruto circuncisil.....**Potulacaceae (Portulaca)**
9. Hojas lobuladas, no carnosas; fruto no circuncisil.
10. Plantas arbustivas; hojas principalmente alternas, a veces aparentando ser fasciculadas en el ápice de las ramas; fruto indehiscente en forma de baya.....**Grossulariaceae**
10. Plantas herbáceas; hojas principalmente basales; fruto en forma de cápsula dehiscente en el ápice.....**Saxifragaceae**
8. Ovario de 2 o más lóculos.
11. Plantas herbáceas.
12. Flores agrupadas en umbelas o cabezuelas; ovario de 2 lóculos con un óvulo en cada lóbulo; fruto en forma de mericarpios.....**Umbelliferae**
12. Flores solitarias o dispuestas en racimos; ovario de 4 ó 5 lóculos con muchos óvulos en cada lóbulo; fruto en forma de cápsula o baya.....**Onagraceae**
11. Plantas leñosas.
13. Hojas palmaticompuestas, alternas, largamente pecioladas, dispuestas en la parte superior del tallo; inflorescencias en forma de racimos de cabezuelas.....**Araliaceae**
13. Hojas simples, peciolas de menos de 5 cm de largo.
14. Estambres 8; flores rojas (cáliz corolino con los pétalos pequeños alternando con las divisiones del cáliz); ovario de 4 lóculos.....**Onagraceae (Fuchsia)**
14. Estambres 4 ó 5; flores azules, verdosas o blanquecinas; ovario de 2 a 4 lóculos.
15. Estambres opuestos a los pétalos; ovario de 3 ó 4 lóculos, o a veces 2, pero entonces las hojas alternas o ausentes.....**Rhamnaceae**
15. Estambres alternando con los pétalos; ovario de 2 lóculos; hojas opuestas.....**Cornaceae**
1. Ovario súpero.
16. Flores zigomorfas.
17. Estambres insertos en el borde superior del tubo calicinal (hipantio).....**Lythraceae (Cuphea)**
17. Estambres insertos debajo del ovario o unidos a la corola.
18. Estambres más de 10.
19. Flores azules, espolonadas; fruto de tres folículos.....**Ranunculaceae (Delphinium)**
19. Flores blanquecinas, rosadas o amarillas, no espolonadas.
20. Flores blanquecinas o rosadas, de más de 1 cm de largo; pétalos más bien enteros; ovario (y fruto) situado sobre un sustentáculo marcado; fruto alargado, dehiscente por medio de dos valvas; hojas compuestas.....**Capparaceae (Polanisia)**
20. Flores amarillentas, de menos de 1 cm de largo, pétalos laciniados; ovario (y fruto) sésil; fruto globoso, capsular, con varios cuernos que se encorvan en la madurez; hojas simples.....**Resedaceae**
18. Estambres 2 a 10.
21. Estambres con los filamentos libres, o bien, las anteras sésiles.
22. Estambres 2; fruto carnosos; plantas arbóreas.....**Sabiaceae**
22. Estambres 5 a 10; fruto seco; plantas herbáceas o arbustivas.
23. Estambres 5, cortos; anteras apendiculadas.....**Violaceae**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	158 / 192

23. Estambres 8 ó 10; anteras sin apéndices.
24. Estambres 10 (a veces algunos infértiles); ovario unicarpelar y unilocular; fruto de tipo legumbre..... **Leguminosae**
24. Estambres 8; ovario tricarpelar y trilocular.
25. Hojas compuestas, insertas basalmente al peciolo; flores de menos de 1 cm de largo; fruto globoso, inflado..... **Sapindaceae (Cardiospermum)**
25. Hojas simples, enteras o lobuladas, peltadas; flores de más de 1 cm de largo; fruto tricoco, desintegrándose en 3 frutitos parciales..... **Tropaeolaceae**
21. Estambres (al menos algunos) con los filamentos unidos entre sí.
26. Estambres 8 ó 10.
27. Estambres 10; fruto seco unilocular (de tipo legumbre)..... **Leguminosae**
27. Estambres 8; filamentos unidos entre sí y con la corola; fruto carmoso, unilocular, o bien, seco, capsular y bilocular..... **Polygalaceae**
26. Estambres 3 a 6; fruto globoso, indehiscente, con una semilla.
28. Estambres 6, en 2 haces; sépalos 2, corola espolonada; fruto liso..... **Papaveraceae (Fumaria)**
28. Estambres 3 ó 4, con los filamentos unidos en la base entre sí y con la base de los pétalos superiores; sépalos 4 ó 5; pétalos 5, más cortos que los sépalos, los tres superiores unidos entre sí, los dos inferiores reducidos a escamas carnosas; fruto pubescente y espinoso..... **Krameriaceae**
16. Flores actinomorfas.
29. Gineceo de dos o más carpelos separados.
30. Cáliz con glándulas prominentes en la base..... **Malpighiaceae**
30. Cáliz sin glándulas prominentes en la base.
31. Hojas con estípulas..... **Rosaceae**
31. Hojas sin estípulas.
32. Plantas arbustivas con las hojas opuestas, simples y enteras; ramas y hojas dísticas, dando la apariencia de un helecho de hojas compuestas; flores pequeñas, numerosas dispuestas en racimos péndulos y angostos; sépalos carnosos, acrescentes en fruto, formando una pseudodrupa que encierra 5 cocos..... **Coriariaceae**
32. Plantas por lo general herbáceas, a veces arbustivas, pero entonces con las hojas alternas, o bien, compuestas (trifolioladas).
33. Estambres más de 10..... **Ranunculaceae**
33. Estambres 3 a 10.
34. Ovario de 3 a 5 carpelos; hojas enteras; plantas suculentas, o bien, hierbas diminutas con las hojas opuestas concrecentes y las flores en fascículos..... **Crossulaceae**
34. Ovario de 10 o más carpelos; plantas no suculentas..... **Ranunculaceae**
29. Gineceo de un solo ovario, formado por uno o varios carpelos.
35. Estambres 2 a 4.
36. Estambres 3.
37. Sépalos 2..... **Portulacaceae**
37. Sépalos 5..... **Caryophyllaceae**
36. Estambres 2 ó 4.
38. Corola formada de 3 pétalos grandes exteriores y 2 pequeños en la base de las anteras; drupa esférica, con una sola semilla dura; árboles; estambres 2..... **Sabiaceae**
38. Corola tetra o pentámera, con los pétalos iguales o subyúgales.
39. Plantas herbáceas; fruto seco.
40. Hojas opuestas; fruto capsular, elipsoide, con numerosas semillas..... **Guttiferae**
40. Hojas alternas; fruto en forma de silicua elíptica a orbicular, con una semilla en cada lóculo..... **Cruciferae**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	159 / 192

39. Plantas leñosas, fruto caroso con 1 a 8 semillas; hojas alternas. **Vitaceae**
41. Plantas tendidas o trepadoras con zarcillos; hojas palmatinervadas..... **Vitaceae**
41. Plantas arbóreas; hojas pinnatinervadas..... **Aquifoliaceae**
35. Estambres 5 o más (incluyendo estaminodios).
42. Plantas micotróficas, carosas desprovistas de clorofila (hojas y tallos no de color verde)..... **Ericaceae (Monotropa)**
42. Plantas no micotróficas, verdes.
43. Estambres numerosos (más de 10).
44. Plantas acuáticas; hojas flotantes; flores muy grandes..... **Nymphaeaceae**
44. Plantas terrestres o paludícolas.
45. Estambres insertos en el tubo calicinal (hipantio).
46. Estambres insertos en el borde superior del tubo; óvulos 2; hojas alternas, por lo general aserradas y con glándulas en el ápice de los dientes; fruto más o menos caroso, monospermo (drupa)..... **Rosaceae (Prunus)**
46. Estambres insertos en la parte media o inferior del tubo; óvulos numerosos; hojas principalmente opuestas, enteras; fruto seco, plurispermo..... **Lythraceae (Heimia)**
45. Estambres insertos por debajo del ovario.
47. Ovario unilocular.
48. Los óvulos insertos en la placenta basilar; sépalos 2..... **Portulacaceae**
48. Los óvulos insertos en varias placentas parietales.
49. Hierbas espinosas; cápsulas espinosas..... **Papaveraceae**
49. Hierbas o arbustitos no espinosos; cápsulas lisas.
50. Hojas alternas o agrupadas en fascículos; ovario con un estilo y un estigma..... **Cistaceae**
50. Hojas opuestas; ovario con 3 (a 5) estilos y estigmas..... **Guttiferae**
47. Ovario bi a multilocular.
51. Estambres con los filamentos más o menos unidos entre sí.
52. Todos los filamentos unidos en un solo cuerpo..... **Malvaceae**
52. Los filamentos unidos en varios grupos..... **Guttiferae**
51. Estambres libres.
53. Hierbas espinosas con látex amarillo-anaranjado o incoloro..... **Papaveraceae**
53. Hierbas o arbustos no espinosos.
54. Plantas herbáceas o leñosas, con epidermis cubierta de escamas o de pubescencia estrellada; fruto globoso que de abre en 3 valvas..... **Euphorbiaceae**
54. Plantas leñosas glabras, con las hojas coriáceas; fruto piriforme indehiscente, que conserva el estilo..... **Theaceae**
43. Estambres 5 a 10.
55. Plantas trepadoras, con o sin zarcillos.
56. Plantas con zarcillos.
57. Hojas compuestas..... **Sapindaceae (Cardiospermum)**
57. Hojas simples.
58. Flores de menos de 1 cm de diámetro, verdosas; plantas leñosas..... **Vitaceae**
58. Flores de más de 1 cm de diámetro, blancas o blanquecinas, con paracorola; plantas herbáceas..... **Passifloraceae**
56. Plantas sin zarcillos.
59. Flores amarillas de más de 5 mm de diámetro, frecuentemente con glándulas en la base del cáliz; hojas simples, opuestas..... **Malpighiaceae**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	160 / 192

59. Flores blanquecinas, de menos de 5 mm de diámetro, frecuentemente con glándulas en la base del cáliz; hojas alternas.
60. Hojas simples; flores dispuestas en racimos; fruto en forma de cápsula trivalvada..... **Celastraceae**
60. Hojas trifolioladas; flores dispuestas en panículas; fruto en forma de drupa; plantas alergénicas..... **Anacardiaceae (Toxicodendron)**
55. Plantas no trepadoras.
61. Plantas leñosas.
62. Ovario unilocular.
63. Hojas compuestas con los folíolos coriáceos, brillantes, espinoso-dentados..... **Berberidaceae**
63. Hojas compuestas o simples, con los bordes lisos o dentados, pero no espinosos.
64. Estambres muy salientes; fruto en forma de legumbre..... **Leguminosae (Mimosoideae)**
64. Estambres no salientes; fruto carnoso o seco, pero no en forma de legumbre..... **Anacardiaceae**
62. Ovario 2 a 10-locular, en Burseraceae con una sola división fértil.
65. Hojas compuestas.
66. Hojas digitadas, marcadas con puntos transparentes..... **Rutaceae**
66. Hojas pinnadas, sin puntos transparentes..... **Burseraceae**
65. Hojas simples.
67. Plantas provistas de pubescencia estrellada o malpigiácea.
68. Flores hermafroditas; estambres monadelfos, tubo estaminal a manera de bolsa encerrando el gineceo formado por 3 a 40 carpelos; fruto separándose en frutos parciales..... **Malvaceae**
68. Flores unisexuales, dispuestas en racimos o espigas bracteadas, las masculinas en la parte superior y las femeninas en la inferior; cápsula tricoca..... **Euphorbiaceae**
67. Plantas glabras o con pubescencia de pelos simples, no malpigiáceos.
69. Pétalos de 2 mm o menos de largo; estambres 5, opuestos a los pétalos..... **Rhamnaceae**
69. Pétalos de 4 mm o más de largos; estambres 10.
70. Árboles hasta de 20 m de alto; hojas de más de 3 cm de ancho; flores dispuestas en racimos..... **Clethraceae**
70. Arbustitos enanos; hojas hasta de 3 cm de ancho; flores dispuestas en subumbelas o corimbos..... **Ericaceae (Chimaphila)**
61. plantas herbáceas.
71. Ovario unicarpelar; fruto en forma de legumbre; hojas bipinnadas..... **Leguminosae (Desmanthus)**
71. Ovario de 2 o más carpelos.
72. Ovario bicarpelar (con 2 estilos y 2 estigmas o a veces el estigma bilocado).
73. Ovario unilocular.
74. Ovario situado sobre un sustentáculo marcado; hojas alternas, compuestas, aunque a veces las hojas superiores son simples..... **Capparaceae**
74. Ovario sésil; hojas opuestas, todas simples y subsésiles..... **Caryophyllaceae (Saponaria)**
73. Ovario bilocular; estambres generalmente 6.
75. Flores con 4 sépalos y 4 pétalos libres; estambres insertos debajo del ovario; fruto con un tabique membranoso que persiste después de la dehiscencia, o bien fruto indehiscente fragmentándose transversalmente, hojas alternas..... **Cruciferae**
75. Flores con un largo tubo donde se insertan por dentro los estambres y los sépalos; así como los 6 pétalos en el borde superior; fruto envuelto por dicho tubo; hojas opuestas verticiladas, a veces las superiores alternas..... **Lythraceae (Lythrum)**
72. Ovario de 3 a 12 carpelos.
78. Ovario unilocular.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	161 / 192

77. Placentación parietal.
78. Hojas alternas; plantas dioicas con jugo lechoso..... **Caricaceae**
78. Hojas opuestas; flores generalmente hermafroditas; plantas sin jugo lechoso..... **Guttiferae**
77. Placentación no parietal.
79. Placentación basilar; cáliz de 2 sépalos libres o unidos..... **Portulacaceae**
79. Placentación central; cáliz de 5 sépalos libres o unidos..... **Caryophyllaceae**
76. Ovario de 3 a 12 lóculos.
80. Ovario trilocular; plantas con pubescencia estrellada..... **Euphorbiaceae (Croton)**
80. Ovario de 4 a 5 lóculos.
81. Ovario de 4 a 12 lóculos.
82. Hojas simples, sin estípulas..... **Linaceae**
82. Hojas compuestas, pinnadas, con estípulas..... **Zygophyllaceae**
81. Ovario de 4 ó 5 lóculos.
83. Estambres 5, unidos en la base, alternando con 5 dientes..... **Linaceae**
83. Estambres 8 ó 10.
84. Frutos parciales con un apéndice terminal enroscado; hojas profundamente partidas..... **Geraniaceae**
84. Frutos con apéndice terminal; hojas simples y enteras o dentadas, o bien, compuestas.
85. Flores solitarias o dispuestas en racimos o corimbos; hojas simples..... **Ericaceae**
85. Flores umbeladas; hojas compuestas..... **Oxalidaceae**

Simpétalas

1. Plantas dioicas, con jugo lechoso o acuoso; estambres 10.
2. Estambres libres; plantas herbáceas; corola de la flor masculina simpétala (la corola de la flor femenina es polipétala); ovario unilocular, placentación parietal con óvulos numerosos..... **Caricaceae**
2. Estambres unidos en la base; corolas de las flores masculinas y femeninas simpétalas; ovario de 1 a 3 lóculos, con un óvulo en cada lóculo..... **Euphorbiaceae (Jatropha)**
1. Plantas generalmente hermafroditas o monoicas, o de ser dioicas, los estambres no en número de 10.
3. Ovario ínfero.
4. Plantas trepadoras o rastreras, provistas de zarcillos..... **Cucurbitaceae**
4. Plantas sin zarcillos.
5. Ovario unilocular; el fruto es un aquenio; cáliz de una sola pieza, o bien, representado por un vilano.
6. Flores cimospaniculadas; estigma trilobulado; estambres generalmente 3, libres..... **Valerianaceae**
6. Flores agrupadas en cabezuelas; estigmas 1 ó 2; estambres 4 ó 5.
7. Estambres 4, libres, exsertos; estigma 1, lateral; cáliz de una sola pieza; corolas de todas las flores blancas; familia representada por una especie introducida, escasa en el Valle..... **Dipsacaceae**
7. Plantas sin reunir el conjunto de tales características; estambres generalmente 5, por lo común con las anteras unidas; estigmas 2; cáliz en forma de vilano (a veces de una sola pieza); familia muy bien representada en el Valle tanto en número de especies como de individuos..... **Compositae**
5. Ovario de 2 o más lóculos.
8. Hojas alternas.
9. Ovario con 5 a 10 lóculos; corola urceolada; arbustitos, a veces enanos..... **Ericaceae (Vaccinium)**
9. Ovario de 2 ó 3 lóculos, corola bilabiada o campanulada (no urceolada).



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	162 / 192

10. Plantas arbóreas; estambres numerosos..... *Symplocaceae*
10. Plantas herbáceas; estambres 5..... *Campanulaceae*
8. Hojas opuestas o verticiladas.
11. Ovario trilobular, pero con una división fértil, carpelos y estambres generalmente 3; fruto seco..... *Valerianaceae*
11. Ovario con 2 a 5 lóculos, de tener 3, presenta fruto carnoso; estambres 4 o más.
12. Estípulas formando una protuberancia interpeciolar; fruto frecuentemente seco, a veces carnoso, pero entonces didimo y las plantas herbáceas..... *Rubiaceae*
12. Estípulas por lo general ausentes, o de estar presentes son axilares y no interpeciolares; fruto carnoso; plantas leñosas..... *Caprifoliaceae*
3. Ovario supero.
13. Ovario uno solo en la flor, unilocular.
14. Flores zigomorfas.
15. Plantas no verdes, parásitas de raíces..... *Orobanchaceae*
15. Plantas verdes.
16. Plantas leñosas; flores azules; frutos carnosos..... *Polygonaceae (Monnina)*
16. Plantas herbáceas; flores moradas o amarillas, blancas o rosadas; frutos secos.
17. Plantas ruderales o arvenses; el fruto maduro es leñoso, en forma de 2 cuernos..... *Martyniaceae*
17. Plantas acuáticas (o semiacuáticas) o viviendo sobre rocas; fruto en forma de cápsula.
18. Hojas finamente disectas, o de ser enteras, son alternas o dispuestas en roseta basal corola espolonada, de 4 mm o más de largo..... *Lentibulariaceae*
18. Hojas enteras, opuestas; corola de menos de 4 mm de largo, abierta por un lado, formada por 5 lóbulos desiguales, sin espolón..... *Portulacaceae (Montia fontana)*
14. Flores actinomorfas.
19. Estambres 10 o más.
20. Hojas compuestas; fruto en forma de legumbre..... *Leguminosae (Mimosoideae)*
20. Hojas simples; fruto en forma de cápsula.
21. Plantas espinosas; corola roja con el tubo largo; estambres exsertos; cápsula dehiscente, trivalvada..... *Fouquieriaceae*
21. Plantas inermes; corola blanca con el tubo cortísimo; estambres indusos; cápsula indehiscente..... *Theaceae*
19. Estambres 1 a 8.
22. Estilos 2, divididos a su vez en 2 ramas largas, filiformes; ovario maduro unilocular con 1 a 4 óvulos, el ovario joven con frecuencia bilocular con dos óvulos en cada lóculo; estambres 5..... *Convolvulaceae (Evolvulus)*
22. Estilo único o a veces 2, pero entonces éstos sin dividirse en 2 ramas filiformes.
23. Ovario con un solo óvulo.
24. Flores azules; cáliz provisto de glándulas pedunculadas, oscuras y conspicuas; estigmas 5..... *Plumbaginaceae*
24. Flores no azules; falso cáliz, formado por brácteas, a veces con glándulas sólo apreciables con lente de aumento; un solo estigma..... *Nyctaginaceae*
23. Ovario con más de un óvulo.
25. Placentación central; cápsula circuncisil..... *Primulaceae*
25. Placentación basal o parietal, en este último caso a veces las placentas tan prominentes, que el ovario parece bilocular; cápsula dehiscente por valvas.
26. Plantas pubescentes..... *Hydrophyllaceae*
26. Plantas glabra.
27. Placentación basal, óvulos 1 a 3..... *Portulacaceae (Montia)*
27. Placentación parietal, óvulos numerosos.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	163 / 192

28. Plantas acuáticas arraigadas; hojas alternas, flotantes, amplias, de base cortada.....**Menyanthaceae**
28. Plantas terrestres (a veces de terrenos fangosos); hojas opuestas, de base no cortada.....**Gentianaceae**
13. Ovario de dos o más lóculos o bien los carpelos más o menos separados.
29. Ovario de 5 o más lóculos.
30. Ovario con más de 10 lóculos; plantas parasitas blanquecinas con las flores violáceas aglomeradas, semejando a un trozo de coliflor.....**Lennoaceae**
30. Ovario de 5 a 10 lóculos; estambres 8 o 10.
31. El ovario se separa en cinco carpelos por lo menos en el ápice; plantas carnosas.....**Crassulaceae**
31. El ovario se mantiene con los carpelos unidos.
32. Plantas caféas o rojizas, micotróficas, con las hojas reducidas a escamas.....**Ericaceae (Pterospora)**
32. Plantas verdes con las hojas bien desarrolladas, autótrofas.
33. Plantas leñosas: árboles, arbustos o a veces arbustitos pequeños; hojas simples, coriáceas anteras apendiculadas.....**Ericaceae**
33. Plantas herbáceas; anteras sin apéndices.
34. Hojas simples; flores axilares y solitarias o dispuestas por pocas en cimas; estambres 5.....**Convolvulaceae**
34. Hojas palmaticompuestas; flores dispuestas en inflorescencias umbeliformes; estambres 10 en 2 series algo desiguales.....**Oxalidaceae**
29. Ovario de 2 a 4 lóculos.
35. Flores zigomorfas.
36. Ovario tri o tetralocular.
37. Ovario trilocular; estigma trifido; estambres 5.....**Polemoniaceae**
37. Ovario tetralocular; estigma entero o bifido; estambres 2 ó 4.
38. El estilo sale de entre los lóbulos del ovario; inflorescencias en forma de verticilastros o espigas apretadas; el fruto se deshace espontáneamente en 4 frutitos parciales.....**Labiatae**
38. El estilo es apical; inflorescencias en forma de espigas flojas; el fruto puede ser desecho en frutitos parciales.....**Verbenaceae**
36. Ovario bilocular.
39. Hojas alternas o verticiladas.
40. Estambres 8, o bien 5, pero entonces con las anteras unidas.
41. Estambres 8, anteras libres; corolas papilionadas.....**Polygalaceae (Polygala)**
41. Estambres 5, sus anteras unidas; corolas bilabiadas.....**Campanulaceae (Diastatea)**
40. Estambres 5 o menos, sus anteras libres.
42. Corola actinomorfa; androceo zigomorfo, plantas espinosas.....**Solanaceae (Solanum)**
42. Corola zigomorfa; plantas sin espinas.....**Scrophulariaceae**
39. Hojas opuestas, al menos las inferiores.
43. Fruto más de 5 veces más largo que ancho; semillas aladas; arbusto con las hojas pinnadas; flores grandes, amarillas.....**Bignoniaceae**
43. Fruto menos de 5 veces más largo que ancho; semillas sin alas; hojas simples, a veces profundamente partidas.
44. Fruto carnososo, o bien, seco, pero entonces separándose en la madurez en frutos parciales.
45. Flores dispuestas en verticilastros; tubo del cáliz recurvado por nervios que se estiran en espinas duras, ganchudas en el ápice.....**Labiatae (Marrubium)**
45. Flores dispuestas en espigas o cabezuelas terminales.....**Verbenaceae**
44. Fruto seco, capsular, sin separarse en frutos parciales.
46. Fruto (generalmente de pocas semillas) abriéndose elásticamente; semillas sujetas sobre un retináculo.....**Acanthaceae**
46. Fruto (generalmente de muchas semillas) abriéndose por valvas apicales; semillas sin retináculo.....**Scrophulariaceae**
35. Flores actinomorfas.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	164 / 192

47. Los carpelos separados o más o menos unidos en la floración, individualizándose en frutos parciales (a veces uno solo por aborción) en la madurez.

48. Ovario tetralocular; el fruto se deshace en 4 (o menos) frutos parciales, generalmente con una semilla cada uno.

49. Estambres y lóbulos de la corola 5; tallos no cuadrangulares; inflorescencia con frecuencia en forma de cincino..... *Boraginaceae*

49. Estambres 4; tallos cuadrangulares; inflorescencia no en forma de cincino; flores ligeramente zigomorfas.

50. Estambres didinamos; flores dispuestas en espigas flojas..... *Verbenaceae*

50. Estambres iguales; flores dispuestas en verticilastros o en espigas apretadas terminales..... *Labiatae (Mentha)*

48. Ovario bilocular.

51. Plantas con jugo lechoso; fruto de 2 folículos (o 1 por aborción), conteniendo numerosas semillas, comúnmente provistas de un mechón de pelos en el ápice; anteras aproximadas al estigma o unidas con él, formando un ginostegio.

52. Anteras y estigma unidos en un ginostegio; granos de polen reunidos en polinios; corona presente en la flor..... *Asclepiadaceae*

52. Anteras aproximadas al estigma, pero no unidas con él; granos de polen dentro de anteras; corona ausente..... *Apocynaceae*

51. Plantas sin jugo lechoso; fruto de 2 nuececitas, cada una con 1 (a veces 2) semillas lisas; anteras libres, no aproximadas al estigma.

53. Hojas amñonadas; plantas rastreras..... *Convolvulaceae (Dichondra)*

53. Hojas no amñonadas; plantas erectas..... *Verbenaceae*

47. Los carpelos unidos en un solo cuerpo (ovario, fruto), inclusive en su madurez.

54. Flores con la corola escariosa, dispuestas generalmente en espigas apretadas, rara vez las flores solitarias; hojas simples, enteras, agrupadas en roseta basal, a veces muy angostas, o de ser anchas, con nerviación paralela manifiesta; cápsula circuncisil..... *Plantaginaceae*

54. Flores con la corola no escariosa.

55. Flores de color rojo oscuro, pequeñas, solitarias, sobre pedúnculos largos; hojas amñonadas, largamente pecioladas; plantas rastreras; estambres 4, 5 u 8..... *Scrophulariaceae (Sibthorpia)*

55. Flores de otras características.

56. Estambres 2.

57. Plantas herbáceas con las flores pequeñas, azules o blanquecinas, ligeramente zigomorfas..... *Scrophulariaceae (Veronica)*

57. Plantas leñosas; arbutitos pequeños con las flores amarillas..... *Oleaceae (Menodora)*

56. Estambres 4 a muchos.

58. Estambres 4.

59. Plantas leñosas.

60. Plantas glabras; flores blancas, unisexuales, dispuestas en fascículos axilares; fruto carnoso..... *Aquifoliaceae*

60. Plantas estrellado-pubescentes; flores blanquecinas a anaranjadas, hermafroditas, dispuestas en panículas o cabezuelas..... *Loganiaceae*

59. Plantas herbáceas.

61. Hierbas hispidas, o bien, glabras, pero entonces las flores solitarias sobre escapes cortos que se originan en medio de una roseta de hojas..... *Scrophulariaceae*

61. Hierbas glabras; flores nunca solitarias sobre escapes cortos, que salen en medio de una roseta de hojas..... *Gentianaceae*

58. Estambres 5 o más.

62. Estambres (8) 10 o más; plantas leñosas.

63. Arbustos o árboles espinosos, glabros; flores rojas, tubulosas, de más de 1 cm de largo..... *Fouquieriaceae*

63. Árboles inermes, densamente tomentosos; flores blanquecinas, de menos de 1 cm de largo, con el tubo cortísimo..... *Clethraceae*

62. Estambres 5.

64. Estilos 2 ó 1 bifido (en ocasiones 2 veces bifido).

65. Prefloración imbricada; corola con lóbulos manifiestos; flores dispuestas frecuentemente en cincinos..... *Hydrophyllaceae*



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	165 / 192

65. Prefloración plegado-contorta; corola con lóbulos apenas manifestos; flores frecuentemente solitarias, a veces agrupadas en inflorescencias, pero no en cincinos.....Convolvulaceae
64. Estilo uno solo con el estigma entero o 2 a 5-fido.
66. Estigma 3 a 5-fido.
67. Hojas simples, anchas, acorazonadas o lobadas, sobre peciolo largo; estigma subgloboso con los lóbulos meramente esbozados; cápsula subsférica.....Convolvulaceae
67. Hojas compuestas, o bien, simples, pero entonces oblongas, de borde aserrado, subsésiles, o a veces finamente partidas en lóbulos lineares; estigma con 3 lóbulos digitiformes; cápsula más larga que ancha.....Polemoniaceae
66. Estigma entero o bifido.
68. Cada lóculo del ovario con 2 óvulos.....Convolvulaceae
68. Cada lóculo del ovario con 3 o más óvulos.
69. Hojas opuestas.
70. Ovario unilocular; hojas todas opuestas.....Gentianaceae
70. Ovario con dos o más lóculos; hojas mayormente alternas, algunas pseudopuestas en pares laterales.....Solanaceae
69. Hojas alternas.
71. Inflorescencias en forma de racimos o panículas espiciformes.....Scrophulariaceae (*Verbascum*)
71. Inflorescencias cimosas, o bien, las flores solitarias en las axilas de las hojas.....Solanaceae

Monocotyledoneae

1. Plantas diminutas (menos de 0.8 cm de largo), sin diferenciación en tallos y hojas; acuáticas flotantes.....Lemnaceae
1. Plantas de más de 0.8 cm de largo, con hojas diferenciadas.
2. Plantas acuáticas flotantes; hojas arrosetaadas, de color verde claro; flores agrupadas en espádices cortos rodeado por una pequeña espata; plantas escasísimas en el Valle de México en la actualidad.....Araceae
2. Plantas que no cumplen con la combinación de caracteres anteriores.
3. Flores pequeñas, desnudas, muy numerosas, dispuestas en espigas terminales densas, de 10 a 40 cm de largo por 1 cm o más de diámetro, las masculinas, de color claro, en la parte superior (caedizas en la madurez), las femeninas, de color café oscuro, en la parte inferior; plantas acuáticas arraigadas, robustas, de 2 a 3 m de alto.....Thyphaceae
3. Flores solitarias o dispuestas en diversas inflorescencias con características diferentes a la anterior.
4. Flores desnudas, inconspicuas, el perianto sustituido por brácteas; estilos por lo general 2 ó 3; plantas gramínoideas (de aspecto de "pasto").
5. Tallos por lo general huecos, cilíndricos, con nodos e internodos manifestos; hojas dísticas, vaina foliar por lo general abierta; fruto en forma de cariopsis.....Gramineae
5. Tallos por lo general macizos, sin nodos e internodos manifestos, por lo común triangulares en corte transversal; hojas trísticas, vaina foliar cerrada; fruto en forma de aquenio lenticular o triquetro.....Cyperaceae
4. Flores con o sin perianto, este último, de no existir, no queda sustituido por una bráctea.
6. Inflorescencia Terminal, en forma de cabezuela involucrada blanquecina, de menos de 1 cm de diámetro, sobre un largo escapo, muy densa, con numerosas flores pequeñas, unisexuales, anteras negras; plantas acuáticas o paludícolas.....Eriocaulaceae
6. Inflorescencias diversas, no en forma de cabezuelas involucrada terminal.
7. Perianto constituido por un verticilo de 0 a 4 piezas; plantas acuáticas arraigadas, sumergidas o flotantes, o bien, paludícolas; flores por lo general inconspicuas.
8. Hoja esencialmente basales; plantas acaules y a menudo escamosas.
9. Hojas claramente pecioladas, láminas orbiculares o suborbiculares, provistas de abundante parénquima esponjoso en el envés; plantas monoicas; flores pocas por planta, las femeninas de ovario infero y perianto de 3 piezas (las masculinas de 6 piezas).....Hydrocharitaceae (*Hydromystria*)
9. Hojas lineares, sin peciolo definido; flores abundantes, pequeñas, trimorfas: unas pocas femeninas, sésiles, colocadas en la base de la planta, con un estilo extremadamente fino y largo; otras numerosas, agrupadas en espiga corta y densa.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	166 / 192

largamente pedunculada, con flores hermafroditas en la parte inferior y masculinas en la superior; fruto alargado, único; perianto nulo.....**Lilaeaceae**

8. Hojas alternas, subopuestas o pseudoverticiladas; tallos definidos.

10. Hojas alternas, o a veces subopuestas en la parte superior; flores hermafroditas, agrupadas en espigas densas (en ocasiones volviéndose laxas en la fructificación, otras veces los frutos largamente estipitados, dispuestos en fascículos umbeliformes); perianto ausente o de 4 tépalos, carpelos 4.....**Potamogetonaceae**

10. Hojas pseudoverticiladas, o todas opuestas, lineares a filiformes; flores unisexuales, dispuestas en pocas en las axilas de las hojas; perianto acopado, en ocasiones trilobulado, o ausente, a veces las flores envueltas en una especie de espata hialina, carpelos 1 a 9.

11. Hojas lineares a filiformes, con el margen entero, por lo general de más de 2 cm de largo y de 0.5 mm o menos de ancho; flores postiladas de 2 a 9 carpelos separados; fruto alargado, asimétrico, algo estipitado, verrucoso longitudinalmente por uno de sus lados.....**Zannichelliaceae**

11. Hojas lineares, muy finamente serruladas, por lo general de menos de 2 cm de largo y de 0.5 mm o más de ancho; gineceo de 1 solo carpelo; fruto elipsoide, sésil, desprovisto de verrugas.....**Najadaceae**

7. Perianto de 6 piezas o segmentos, a veces diferenciado en 3 piezas externas (cáliz), que pueden ser de color verde y 3 piezas internas (corola) que pueden ser blancas o de colores llamativos.

12. Perianto diferenciado en cáliz y corola.

13. Plantas terrestres o epífitas; pétalos rara vez blancos, con más frecuencia de otros colores.

14. Plantas acaules o subacaules, cubiertas con escamas cenicientas, con frecuencia epífitas, otras veces terrestres o rupícolas.....**Bromeliaceae**

14. Plantas por lo general caulescentes, o de ser acaules, no están cubiertas por escamas cenicientas; hojas con vainas basales envolventes.....**Commelinaceae**

13. Plantas acuáticas; flores unisexuales; pétalos con frecuencia blancos (las flores femeninas de *Hydromystria* carecen de pétalos).

15. Plantas libremente flotadoras; hojas basales, largamente pecioladas, láminas orbiculares o suborbiculares, provistas de abundante parénquima esponjoso en el envés.....**Hydrocharitaceae (Hydromystria)**

15. Plantas enraizadas; hojas alargadas, a veces sagitada en la base.

16. Plantas más bien robustas; emergiendo considerablemente del agua; hojas basales, pecioladas, láminas triangulares a lanceoladas, por lo común sagitadas, de más de 5 cm de largo; escapos con numerosas flores dispuestas en verticilos a veces ramificados.....**Alismataceae**

16. Plantas delicadas, sumergidas (sobresaliendo sólo las flores); hojas opuestas o pseudoverticiladas, lineares a lanceoladas, de menos de 4 cm de largo; flores dispuestas en espatas axilares con 1 flor (las femeninas) o con 2 a 4 flores (las masculinas).....**Hydrocharitaceae (Egeria)**

12. Perianto no (o no claramente) diferenciado en cáliz y corola.

17. Ovario ínfero.

18. Estambres unidos al estigma en un ginostegio; flores zigomorfas con uno de los segmentos del perianto modificado.....**Orchidaceae**

18. Estambres libres del estigma; flores por lo general actinomorfas.

19. Estambres 3.

20. Plantas dioicas, trepadoras, de hojas acorazonadas; flores de color morado o café oscuro.....**Dioscoreaceae**

20. Plantas con flores hermafroditas, erectas; hojas filiformes a ensiformes o linear-lanceoladas.....**Iridaceae**

19. Estambres 6.

21. Hojas pecioladas; plantas trepadoras o reclinadas sobre otros vegetales; hojas alternas, uniformemente distribuidas sobre los tallos.....**Alstroemeriaceae**

21. Hojas sin peciolo; plantas erectas; hojas por lo general concentradas en la base de la planta.

22. Perianto de menos de 1 cm de largo, amarillo.....**Hypoxidaceae**

22. Perianto de más de 1 cm de largo, muy rara vez amarillo.

23. Inflorescencia en forma de umbela, o bien, la flor solitaria, en ambos casos llevando en la base una o varias brácteas espatáceas, el resto del escapo sin brácteas; plantas provistas de bulbos tunicados.....**Amarylidaceae**



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS
LABORATORIOS DE DOCENCIA

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN
FORMATIVA IV



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	10/08/2022	0	167 / 192

23. Inflorescencia en forma de racimo, espiga o panícula, con varias o muchas flores, sus escapos provistos de brácteas; plantas sin bulbos tunicados.....**Agavaceae**
17. Ovario súpero u ocasionalmente semisúpero.
24. Flores de color azul, morado o lila, al menos en la punta de los segmentos; plantas acuáticas o paludícolas.
25. Hojas subcilíndricas, lineares; flores dispuestas en racimos laxos más largos que las hojas; perianto de menos de 3 mm de largo, actinomorfo.....**Juncaginaceae**
25. Hojas diferenciándose en peciolo y lámina, ésta lanceolada a oblata; flores solitarias o dispuestas en espigas más o menos densas, provistas de espata; perianto de más de 5 mm de largo, por lo general zigomorfo en mayor o menor grado.....**Pontederiaceae**
24. Flores nunca de color azul, lila o morado, a veces purpúreas o purpúreo-café oscuras, actinomorfas; plantas terrestres o paludícolas.
26. Perianto calicino de tépalos rígidos, verdosos o café; plantas herbáceas, graminoides (de aspecto de "pasto"), erectas.....**Juncaceae**
26. Perianto por lo general corolino, a veces calicino, pero entonces las plantas son leñosas o trepadoras.
27. Plantas trepadoras con zarcillos; hojas pecioladas.....**Smilacaceae**
27. Plantas erectas, sin zarcillos.
28. Plantas con el tallo leñoso.
29. Flores de más de 3 cm de largo, blancas o blanquecinas, hermafroditas; márgenes de las hojas filíferos.....**Agavaceae (Yucca)**
29. Flores de manos de 1 cm de largo, unisexuales; márgenes de las hojas no filíferos.....**Nolinaceae**
28. Plantas con el tallo herbáceo.
30. Segmentos del perianto (al menos los de la serie interna) barbados en la base de la cara interna....**Calochortaceae**
30. Segmentos del perianto glabros en la cara interna.
31. Inflorescencia en forma de umbela, o bien, la flor solitaria, en ambos casos provistas de 2 brácteas involucrales; flores blancas a purpúreas.....**Alliaceae**
31. Inflorescencia en forma de racimo, espiga, o panícula.
32. Inflorescencia en forma de espiga; flores de 5 mm o menos de largo.....**Melanthiaceae (Schoenocaulon)**
32. Inflorescencia en forma de racimo o panícula; flores de más de 5 mm de largo.
33. Flores de color púrpura oscuro.....**Melanthiaceae (Stenanthium)**
33. Flores amarillas o blancas.
34. Hojas provistas de dientes espinosos en los márgenes, suculentas; flores tubulosas, con los segmentos del perianto unidos hasta la mitad de su largo.....**Asphodelaceae (Aloe)**
34. Hojas sin dientes espinosos en los márgenes, nada o poco suculentas; flores con los segmentos de perianto extendidos, libres o unidos solamente en la base.
35. Segmentos del perianto trinervados; hojas planas, no fistulosas; flores con frecuencia amarillas, a veces blancas.....**Anthericaceae**
35. Segmentos del perianto uninervados; hojas cilíndricas, fistulosas; flores blancas.....**Asphodelaceae (Asphodelus)**