



**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 22 de julio de 2019



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	22/07/2019	0	2 / 199

**MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV**

Código de identificación

**AUTORES**

M. en C. Guadalupe Bribiesca Escutia

M. en C. Sonia Rojas Chávez

Dra. Yolanda Córdova Galaviz

Dra. Dolores Alicia Escorza Carranza

Dr. Manuel Feria Ortiz

Dra. Esther Matiana García Amador

M. en C. Uri Omar García Vázquez

Dr. Edgar Ledesma Martínez

M. en C. Catalina Machuca Rodríguez

M. en C. Genaro Montaña Arias

Dra. Verónica Mitsui Saito Quezada

Biol. María del Carmen Salgado Merediz

Dr. Luis Sánchez Sánchez

M. en C. Marisela Valdés Ruiz

Fecha de elaboración del manual de laboratorio 22 de julio de 2019



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	3 / 199

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN GENERAL</b>	5
<b>OBJETIVO</b>	6
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE I BIOLOGÍA CELULAR</b>	7
<b>Introducción</b>	8
PRÁCTICA 1. ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE MACRÓFAGOS	9
EXPERIMENTO 2. BIOSÍNTESIS DE METABOLITOS SECUNDARIOS EN RESPUESTA A ESTRÉS AMBIENTAL	17
PRÁCTICA 3. FOTOSÍNTESIS	19
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE II SISTEMÁTICA</b>	27
<b>INTRODUCCIÓN</b>	28
PRÁCTICA 4. INTERPRETACIÓN DE CLADOGRAMAS	29
PRÁCTICA 5. CRITERIO DE PARSIMONIA PARA INFERIR HISTORIAS EVOLUTIVAS DE CARACTERES EN CLADOGRAMAS ESPECÍFICOS	35
PRÁCTICA 6. RECONOCIMIENTO DE CARACTERES Y GRUPOS DE TAXONES DENTRO DE CLADOGRAMAS PARTICULARES	40
PRÁCTICA 7. ALGORITMO DE WAGNER PARA ENCONTRAR ÁRBOLES PARSIMONIOSOS	47
PRÁCTICA 8. TÉCNICAS DE CONSENSO	57
PRÁCTICA 9. EVALUACIÓN DE CLADOGRAMAS MEDIANTE EL USO DE ÍNDICES ESTADÍSTICOS	61
EXPERIMENTO 10. RELACIONES FILOGENÉTICAS DE UN GRUPO DE ORGANISMOS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CLADISTA	64
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE III MORFOFISIOLOGÍA ANIMAL</b>	67
<b>INTRODUCCIÓN</b>	68



# 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	22/07/2019	0	4 / 199

NORMATIVIDAD	68
PRÁCTICA 11. COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE ACORDADOS	70
PRÁCTICA 12. TAXONOMÍA DE ARTRÓPODOS	79
PRÁCTICA 13. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE CORDADOS	84
PRÁCTICA 14. CORTES HISTOLÓGICOS DE CORDADOS	97
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE IV PLANTAS CON SEMILLA</b>	106
<b>Introducción</b>	109
PRÁCTICA 15. CONSTRUCCIÓN DE CLAVES TAXONÓMICAS	110
PRÁCTICA 16. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE GIMNOSPERMAS	114
PRÁCTICA 17. MORFOLOGÍA DE FLOR, INFLORESCENCIA, FRUTO Y SEMILLA	119
PRÁCTICA 18. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE ANGIOSPERMAS	126
<b>UNIDAD DE APRENDIZAJE V PROYECTO DE INVESTIGACIÓN</b>	130
<b>INTRODUCCIÓN</b>	131
EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA	134
REGLAMENTO DE LABORATORIO	135
REGLAMENTO GENERAL DE LABORATORIO	135
REGLAMENTO INTERNO DE LABORATORIO	136
NORMAS PARA EL PRÉSTAMO DE MATERIAL	138
MATERIAL QUE NO SE PROPORCIONA EN EL INTERLABORATORIO	139
SANCIONES	139
MANEJO DE RESIDUOS	140
RESIDUOS PELIGROSOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS	141
<b>ANEXO 1. PLANTAS CON SEMILLA</b>	144



# 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	22/07/2019	0	5 / 199

### 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 que son: Biología Celular, Sistemática, Morfofisiología Animal, Plantas con Semilla y el Proyecto de Investigación. La primera unidad comprende las 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 pretende acercar 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 acordados, 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.

En la quinta unidad se desarrolla un proyecto de investigación relacionado con la temática de las unidades antes mencionadas. Bajo este esquema, los alumnos plantean propuestas cuya viabilidad de desarrollo es evaluada por los asesores de cada área.



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>6 / 199</b>

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.

### **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



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>7 / 199</b>

**UNIDAD I: BIOLOGÍA CELULAR**



# 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	22/07/2019	0	8 / 199

### 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	22/07/2019	0	9 / 199

## 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).

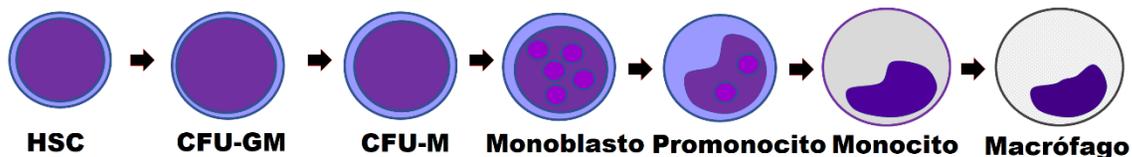


Figura 1.1. Monocitopoyesis.

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 pulmonares, 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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	10 / 199

PMN, pero 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 la 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.*, 1995). De manera complementaria, las tinciones citoquímicas específicas determinan con mayor precisión los linajes celulares, así, una tinción citoquímica con alfa-naftilacetato esterasa (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	22/07/2019	0	11 / 199

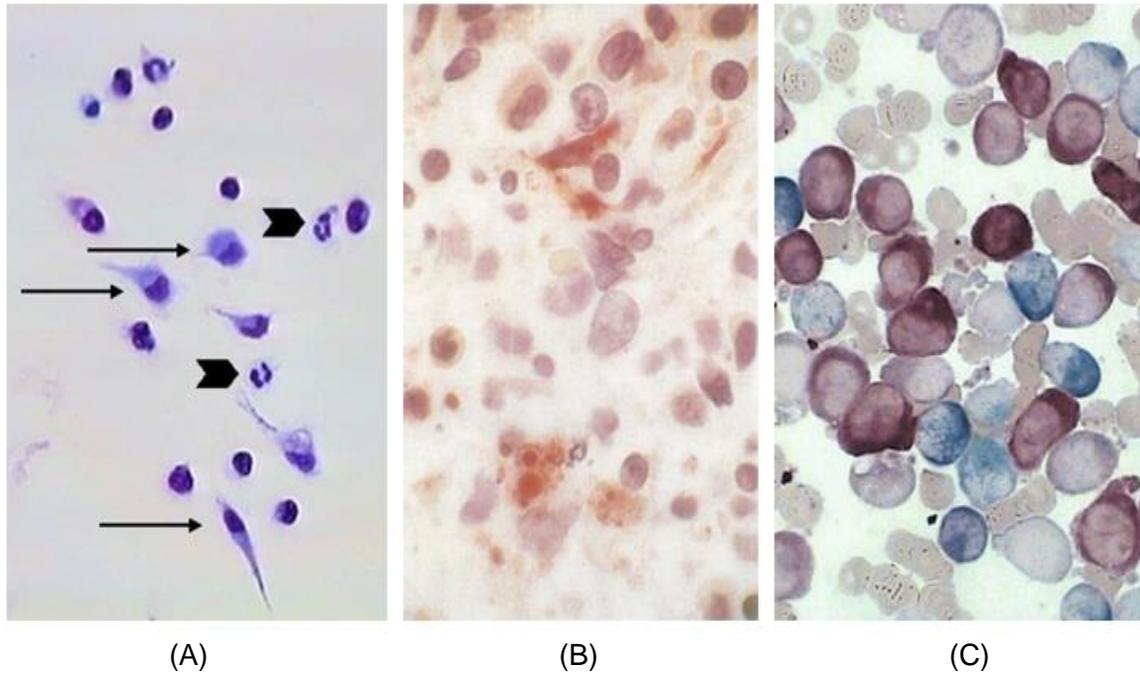


Figura 1.2 (A) Células del lavado peritoneal adheridas a cubreobjetos, la imagen muestra el predominio de macrófagos (flecha) y PMN (cabeza de flecha), tinción con Giemsa. (B) Biopsia de médula ósea con células positivas (marrón) para ANAE. (C) Sangre periférica de paciente con leucemia mielomonocítica 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

Portaobjetos y cubreobjetos

8 Vasos de precipitados de 500 mL

6 Matraces Erlenmeyer de 250 mL

## Material biológico



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	12 / 199

Macrófagos de cavidad peritoneal de ratón CD-1

### Reactivos

Aceite de inmersión

Acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) 60 mg

Acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) 100 mL

Ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) 10 mL

Pararosanilina ( $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClN}_3$ ) 0.5 g

Ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) 25 mL

Nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ) 0.5 g

Fosfato de sodio monobásico. Monohidratado ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 11.9 g

Fosfato de sodio dibásico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) 18 g

Alfa-naftil acetato ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_{10}\text{H}_7$ ) 10 mg

Cloruro de sodio ( $\text{NaCl}$ ) 1g

Hematoxilina de Mayer ( $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_6 \cdot \text{xH}_2\text{O}$ ) 20 mL

### EQUIPO

Parrilla de agitación

Microscopio con objetivos 10, 40 y 100x

Baño maría

Micropipetas de varios volúmenes

Puntas de micropipetas.

### SERVICIOS

Energía eléctrica

Agua corriente

Extractores de aire



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	13 / 199

## PROCEDIMIENTO

### TINCIÓN ALFA-NAFTIL ACETATO ESTERASA (ANAE)

#### Preparación de soluciones:

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

Disolver 60 mg de acetato de sodio ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ) en 60 mL de acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ), adicionar 40 mL de agua destilada y 70  $\mu\text{L}$  de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).

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

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

##### **Solución de nitrito de sodio:**

Disolver 0.08 g de nitrito de sodio ( $\text{NaNO}_2$ ) 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 11.9 g de fosfato de sodio monobásico monohidratado ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) en 500 mL de agua destilada

Solución B: Disolver 14.196 g de fosfato de sodio dibásico ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) en 500 mL de agua destilada.

Mezclar 250 mL de solución B con 130 mL de solución A.

##### **Solución alfa-naftilacetato:**

**NOTA 2:** Para mejores resultados de tinción, prepare la solución alfa-naftilacetato inmediatamente antes de usar.

Solución 1



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	14 / 199

Mezclar 50  $\mu$ L de solución de nitrito de sodio y 50  $\mu$ L de solución 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 alfa-naftilacetato ( $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_{10}\text{H}_7$ ) en 0.2-0.3 mL de acetona ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3$ ) después agregar agitando, 20 mL de solución de fosfatos 0.2 M.

Mezclar solución 1 con solución 2 y filtrar.

### Preparación de muestra

Obtener macrófagos de cavidad peritoneal de ratón CD-1.

Resuspender la muestra de células en solución fisiológica a 4°C.

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 suero fisiológico.

### Procedimiento de tinción alfa-naftilacetato esterasa ANAE

Adicionar solución alfa-naftilacetato 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.



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>15 / 199</b>



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	16 / 199

## CUESTIONARIO

1. ¿Qué es, cómo se prepara y qué función tiene el suero fisiológico?
2. Sugiera un procedimiento para la obtención de macrófagos de cavidad peritoneal de ratón CD-1.
3. ¿Qué función tiene la Hematoxilina de Meyer?
4. Mencione que enzima y cuál es el sustrato en la Tinción alfa-naftil acetato esterasa.
5. Mencione 5 características morfológicas distintivas de los monocitos.
6. ¿Cuál es el fundamento de la tinción citoquímica específica?
7. ¿Cuál es la utilidad de la tinción citoquímica específica en el laboratorio?
8. Proponga un control biológico negativo y positivo para la tinción alfa-naftil acetato esterasa.

## 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.
- 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*. 5(12), 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. (1995). 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 E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Segal, A. W. (2005). How neutrophils kill microbes. *Annu Rev Immunol*, 23: 197-223.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	17 / 199

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

### OBJETIVO A RESOLVER POR EL ESTUDIANTE

Analizar los mecanismos fisiológicos de las células 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. Así mismo, 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



## MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	18 / 199

### 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	19 / 199

### 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 (Leningher, 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 encuentra una molécula 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	22/07/2019	0	20 / 199

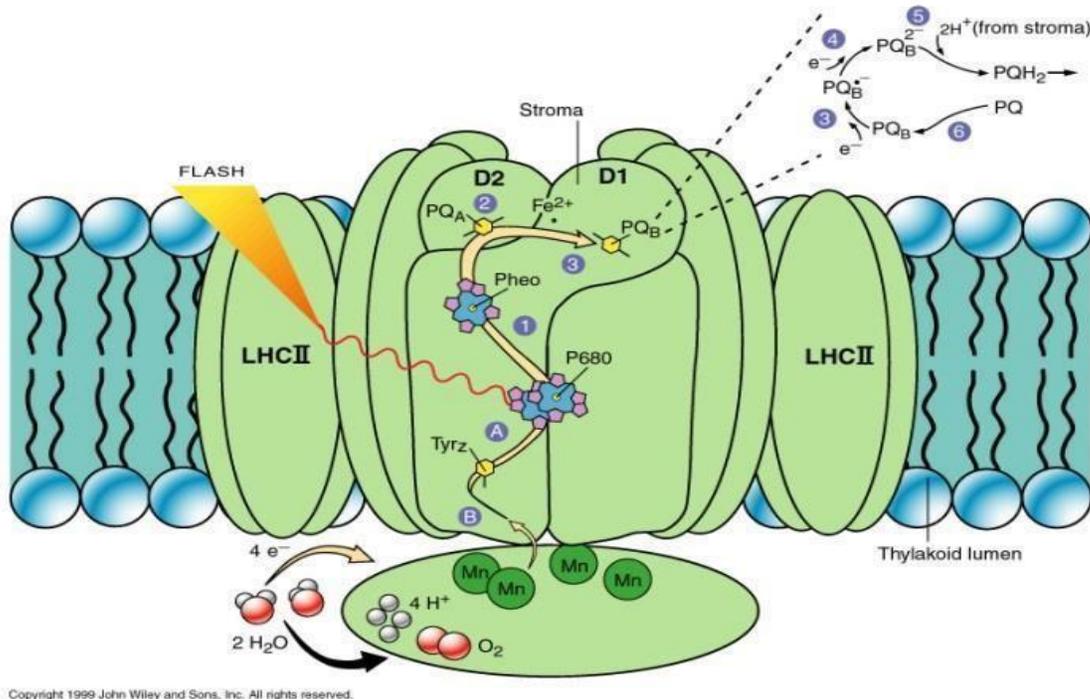


Figura 3.1 FOTOSISTEMA II P680 (Tomada de Alberts *et al.*, 2010).

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 rellorando 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 cuantos de luz, la enzima libera O<sub>2</sub>. 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 b<sub>6</sub>-f, que es una bomba de protones que envía H<sup>+</sup> al espacio tilacoidal a través de la membrana del tilacoide y el gradiente electroquímico resultante impulsa la síntesis de ATP por la ATPsintasa (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<sup>+</sup> hasta NADPH, este último paso también

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	21 / 199

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

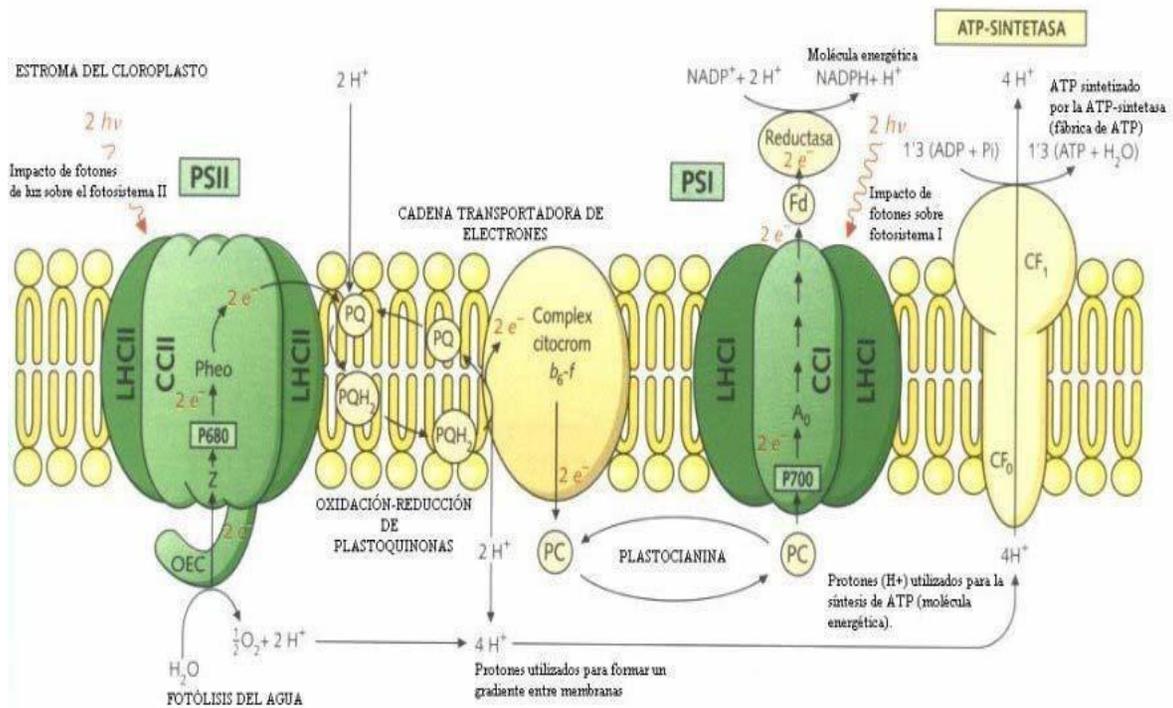


Figura 3.2. Flujo de electrones durante la fotosíntesis (Tomada de Alberts *et al.* 2010).

## MATERIAL Y REACTIVOS

Embudo talle corto

Gradilla

Mortero

4 Pipeta Pasteur

3 Tubo de centrífuga cónico 15 mL

## Material Biológico

Espinacas frescas



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	22 / 199

## Reactivos

Buffer de fosfato pH 7.3 (1.5 L).

Fosfato de potasio dibásico ( $K_2HPO_4$ ) 21 g

Fosfato de potasio monobásico ( $KH_2PO_4$ ) 4.05 g

Cloruro de amonio ( $NH_4Cl$ ) 250 mg

Atrazina ( $C_8H_{14}ClN_5$ ) 100 mg

2,6-diclorofenolindofenol (DCPIP) ( $C_{12}H_7NCl_2O_2$ ) 50 mg

## EQUIPO

Balanza granataria

Centrífuga

Espectrofotómetro y celdas

Micropipetas de 1000, 200, y 20 uL

Sistema de iluminación (foco)

## SERVICIOS

Energía eléctrica

Agua corriente

Extractores de aire

## PROCEDIMIENTO

### Aislamiento de cloroplastos

1. Lavar las hojas de las espinacas (*Spinacia oleracea*).
2. Descartar nervaduras utilizando una hoja de bisturí.
3. Secar las hojas con sanitas.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	23 / 199

4. Pesar 6 g de hojas sin dañarlas.
5. Cortar las hojas en pequeños pedazos de 1 cm<sup>2</sup>
6. Triturar las hojas en un mortero con 15 mL de buffer de fosfato frío.
7. Filtrar la suspensión con gasa a un tubo de centrifuga de 15 mL a 4 °C.
8. Determinar la velocidad de centrifugación para el aislamiento de cloroplastos de acuerdo con los datos proporcionados por el profesor.

\*\*Calcular las revoluciones por minuto (rpm) requeridas para centrifugar a 200 gravedades y 1300 gravedades para obtener una fracción conteniendo cloroplastos, usando la fórmula:

$$RCF = (1.119 \times 10^{-5}) (rpm)^2 (r) \text{ donde:}$$

r = radio, expresado en cm

FCR= fuerza centrífuga relativa. Este índice se expresa como gravedades (**g**)

9. Centrifugar 1' a 200 **g**.
10. Decantar el sobrenadante a un tubo a 4 °C.
11. Centrifugar 5' a 1300 **g**.
12. Descartar el sobrenadante.
13. Adicionar 10 mL de buffer de fosfato a 4°C al botón celular.
14. Resuspender el botón celular con una pipeta Pasteur.
15. Tapar el tubo de centrifuga, e invertir para mezclar su contenido.
16. Colocar la muestra en hielo (4 °C), protegida de la luz.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	24 / 199

### Determinar el transporte de electrones en cloroplastos aislados

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

	Tubo				
	1	2	3	4	5
Buffer	4.9	4.4	4.4	2.2	4.3
Atrazina 6 mM	-	-	-	-	0.1
NH <sub>4</sub> 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 al método científico. Así mismo, deberá entregar el cuestionario resuelto correspondiente.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	25 / 199

## 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?, proponga un sustituto que se encuentre disponible en el CERFyS.
6. Explique el funcionamiento de un espectrofotómetro.
7. ¿Cuál es la pertinencia de utilizar espinacas como modelo de fotosíntesis?
8. Proponga un experimento con base en el modelo de "Determinación del transporte de electrones en cloroplastos aislados".

## 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



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>26 / 199</b>

## UNIDAD II: SISTEMÁTICA



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	27 / 199

## 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	28 / 199

## PRÁCTICA 4. 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; además, hay un taxón que es el grupo externo y sirve para enraizar el árbol (Castillo-Cerón y Goyenechea, 2007). Un mismo cladograma puede dibujarse de distintas maneras, lo importante es que refleje la misma filogenia (Morrone, 2000), estos pueden ser enraizados o no enraizados, un cladograma enraizado tiene un nodo raíz el cual representa al ancestro de todos los taxones. A partir de este ancestro, 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. Los nodos representan eventos de especiación y ancestros hipotéticos, además muestran la ubicación temporal relativa de un evento de especiación (Morrone, 2000, 2013). El nodo raíz representa al ancestro de todos los taxones y se encuentra ubicado en la base del mismo. Los nodos internos representan antecesores hipotéticos de subgrupos de taxones particulares. 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	22/07/2019	0	29 / 199

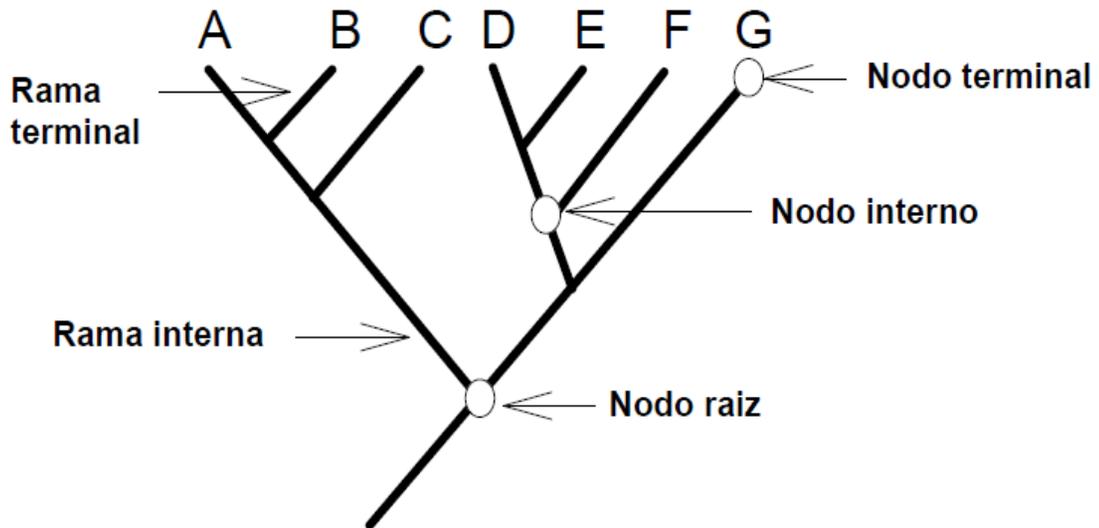


Figura 4.1 Cladograma hipotético donde se muestran sus diferentes componentes.

## MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta  
Lápiz y goma  
Regla

## EQUIPO

Computadora

## SERVICIOS

Agua  
Luz



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	30 / 199

**PROCEDIMIENTO**

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

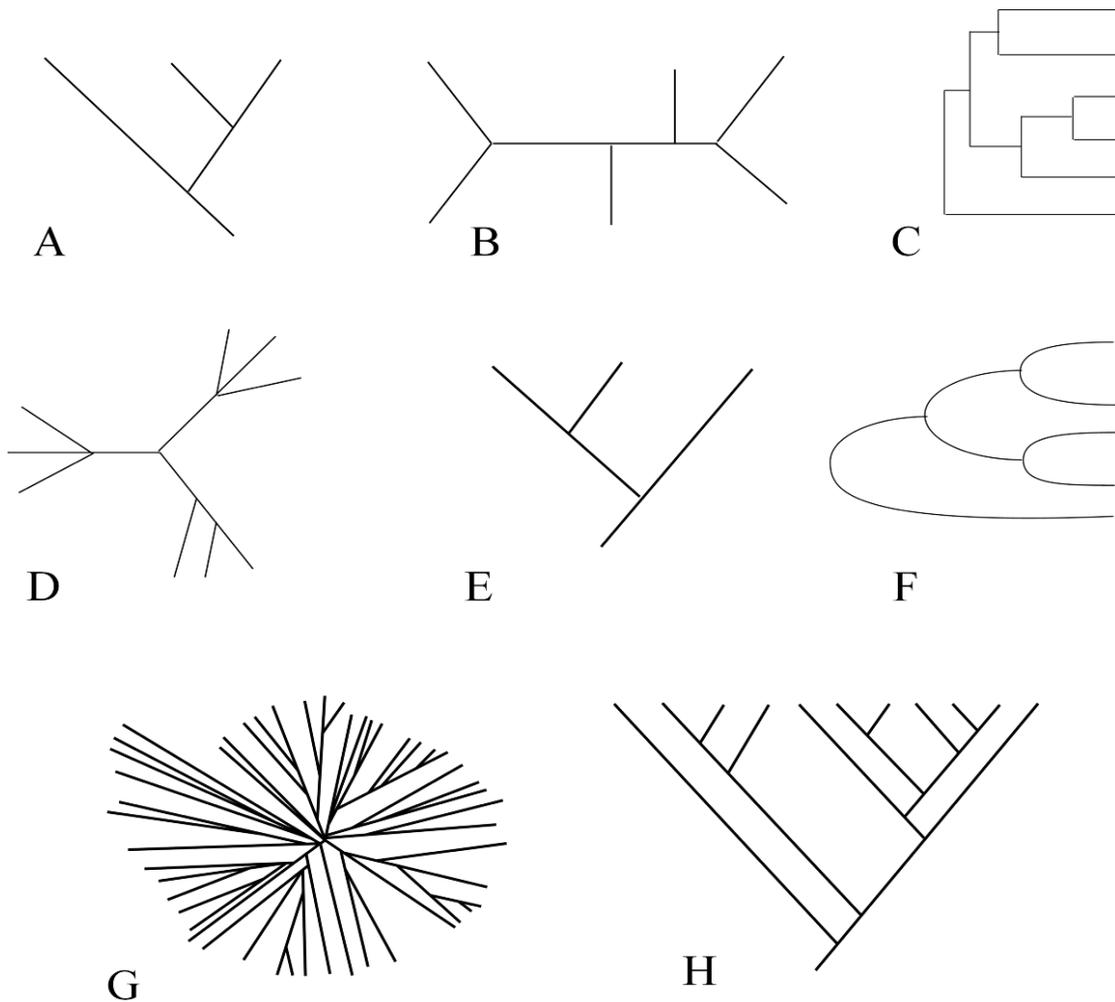


Figura 4.2 Cladogramas hipotéticos.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	31 / 199

2.- Con base en el siguiente cladograma no enraizado (Fig. 4.3), generar dos cladogramas donde la raíz sea el taxón A y el taxón F respectivamente.

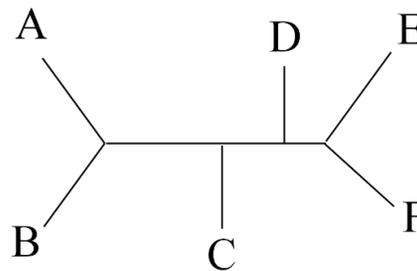


Figura 4.3. Cladograma hipotético no enraizado

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 le solicita en la sección de resultados.

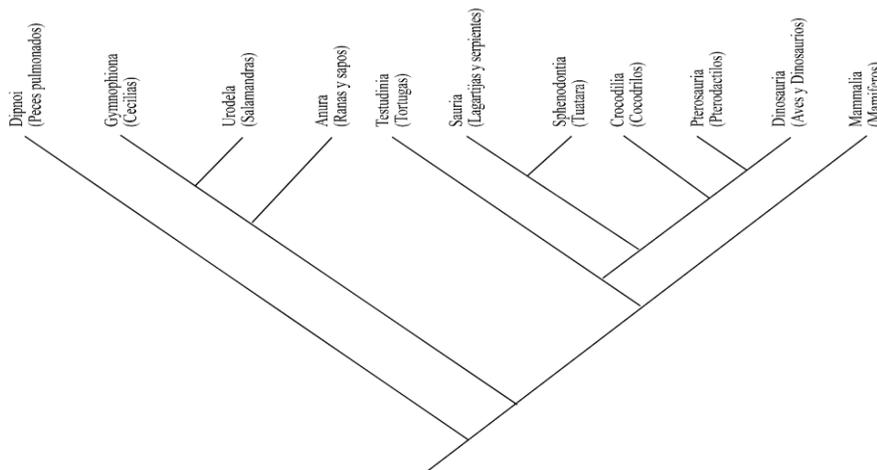


Figura 4.4. Cladograma de las relaciones filogenéticas de los vertebrados terrestres Modificado de Pough *et al.* (2013).



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	32 / 199

**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.

2.- Señale las principales diferencias entre los cladogramas obtenidos.

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

- a) Identifique cuántos y cuáles son los taxones terminales.
- b) Los eventos de especiación que ocurrieron después de que surgieron los vertebrados.
- c) Los eventos de especiación que ocurrieron que no dieron origen inmediato a ningún taxón terminal.
- d) Señala el grupo hermano de los siguientes grupos:

Gymnophiona + Urodela

\_\_\_\_\_

Dinosauria + Pterosauria + Crocodilia

\_\_\_\_\_

Sauria + Sphenodontia

\_\_\_\_\_

Mammalia

\_\_\_\_\_

Anura + Urodela + Gymnophiona

\_\_\_\_\_

Pterosauria + Dinosauria

\_\_\_\_\_

Testudinia



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	33 / 199

---

Sauria + Sphenodontia

---

## 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, base del 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	34 / 199

## 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 a 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 requieren para explicar la distribución de un grupo de caracteres entre los taxones (terminales) bajo análisis (Kitching *et al.*, 1998). 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. Enseguida 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 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).

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	35 / 199

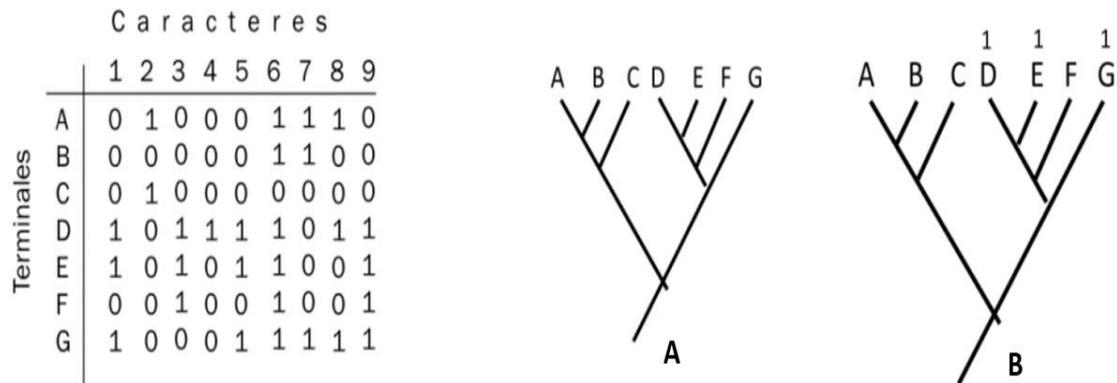


Figura 5.1. Izquierda, matriz de caracteres. Los ceros representan caracteres plesiomórficos y los unos apomórficos. A) árbol evolutivo para los terminales representados en la matriz de caracteres. B) árbol que muestra que taxones poseen el carácter apomórfico del carácter 1.

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 5.3 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 F comparten una similitud no homóloga. Esto es, el estado de carácter 1 resultó ser homoplásico (carácter a partir de ancestros diferentes). En el tercer escenario los terminales comparten una plesiomorfía. De acuerdo al criterio de parsimonia debemos de 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.

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	36 / 199

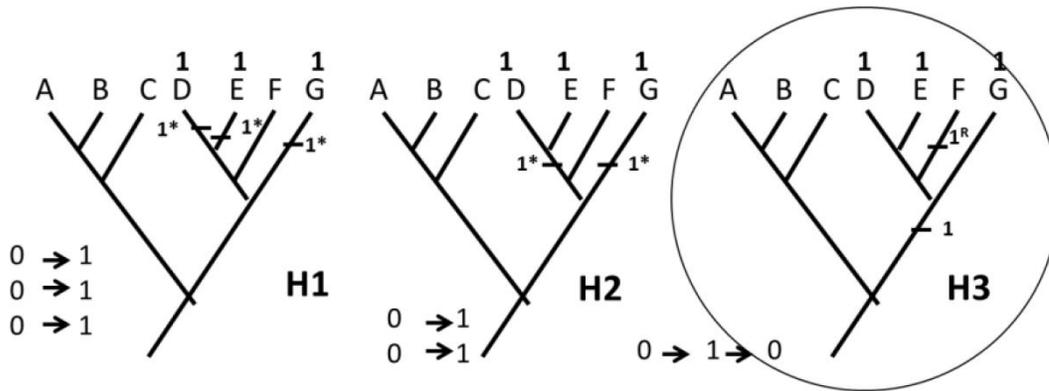


Figura 5.2. Tres escenarios diferentes de historias de cambio de carácter (H1, H2 y H3) para el carácter 1 de la matriz de la Fig. 5.1). H1. Se asume que los terminales D, E y G adquirieron el estado de carácter 1 de manera independiente (ocurrieron tres cambios paralelos). H2. Se considera que el ancestro 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 E 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 F 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).

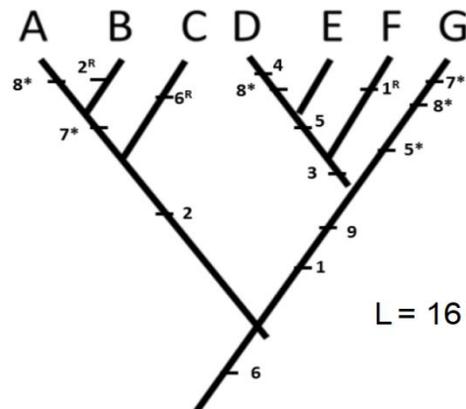


Figura 5.3 Número total de cambios de carácter (L) estimado mediante el principio de parsimonia.

**MATERIAL Y REACTIVOS**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	37 / 199

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 un 1 uno apomórfico.

1. Para cada carácter proceda como sigue:

1.1 Identifique y mapee en el árbol que terminales poseen la condición apomórfica.

1.2 Plantee al menos tres escenarios posibles de cambio de carácter, considerando que cada escenario debe de explicar de qué marea los terminales que posee el estado apomórfico adquirieron este carácter. Es necesario asegurarse de se ha planteado el o los escenarios más sencillos posibles (con menos cambios).

1.3 Aplique el criterio de parsimonia para elegir un escenario de cambio de carácter.

2. Calcule la longitud del árbol.

3. 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.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	38 / 199

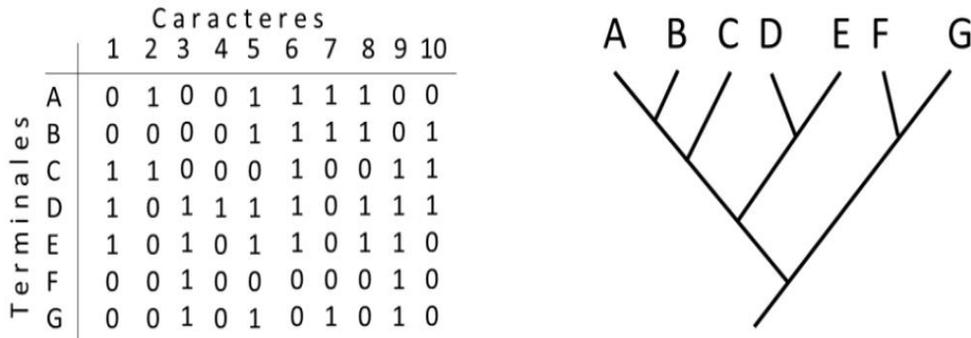


Figura 5.4 Matriz de datos polarizada y una de las filogenias posibles para los terminales involucrados.

## RESULTADOS

El alumno entregará las actividades y cuestionarios resueltos. Esto es, 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. (1998). *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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	39 / 199

## 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

Antes de realizar un análisis cladístico es necesario elegir a los caracteres que servirán para este propósito. Un carácter taxonómico se define como un atributo que varía entre diferentes organismos (Wiley, 1984). A su vez un carácter puede tener de dos o más expresiones o valores mutuamente excluyentes a los cuales se les ha llamado estados de carácter (Judd *et al.*, 2008).

Los caracteres cladísticamente informativos son aquellos que varían entre taxones y por lo tanto permiten formar grupos que contengan taxones emparentados. Hay diferentes tipos de caracteres que pueden contener información cladística, cariotípicos, conductuales, fisiológicos, etc. Sin embargo, los más frecuentemente usados son los morfológicos y los moleculares (secuencias de DNA) (Wiens, 2000).

La elección de los caracteres taxonómicos es un paso importante ya que no todos poseen información sobre la historia evolutiva del grupo bajo análisis. Por esta razón, deben elegirse caracteres potencialmente homólogos y de preferencia cladísticamente informativos. Debido a que por definición los caracteres homólogos derivan de un mismo carácter ancestral, o uno deriva del otro, no se puede asegurar al inicio de un estudio que un carácter particular es homólogo. Por esta razón, se dice que hay que elegir caracteres potencialmente homólogos. Sin embargo, es común que varios de los caracteres elegidos resulten no homólogos.

El conocimiento de la distribución de los cambios que ha experimentado un carácter permite detectar grupos particulares dentro de un árbol, así como casos de similitud entre taxones que no se deben a parentesco.

En la figura 6.1 se muestra un árbol para siete vertebrados. Los cambios de carácter están representados por líneas horizontales en los ancestros involucrados. El ancestro de los siete vertebrados no tuvo esqueleto óseo y éste se derivó a partir del primero. Es decir, se detecta



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	40 / 199

un cambio de carácter que originó el esqueleto óseo. A los caracteres primitivos, como ausencia de esqueleto óseo, se les denominan plesiomórficos y a los derivados apomórficos (esqueleto óseo). Dado que la apomorfía “esqueleto óseo” surgió en un ancestro hipotético, todos los descendientes del mismo deben de heredarlo, y todos deben tenerlo a no ser que el carácter cambie nuevamente dentro de la historia evolutiva representada por el árbol. En este caso, las seis especies (salmón-ave) heredaron la apomorfía que apareció en su ancestro común. Esto es, comparten una novedad evolutiva. Se les denomina sinapomorfías a las apomorfías compartidas. Las sinapomorfías son homologas en virtud de que los caracteres similares involucrados derivan de un ancestro común.

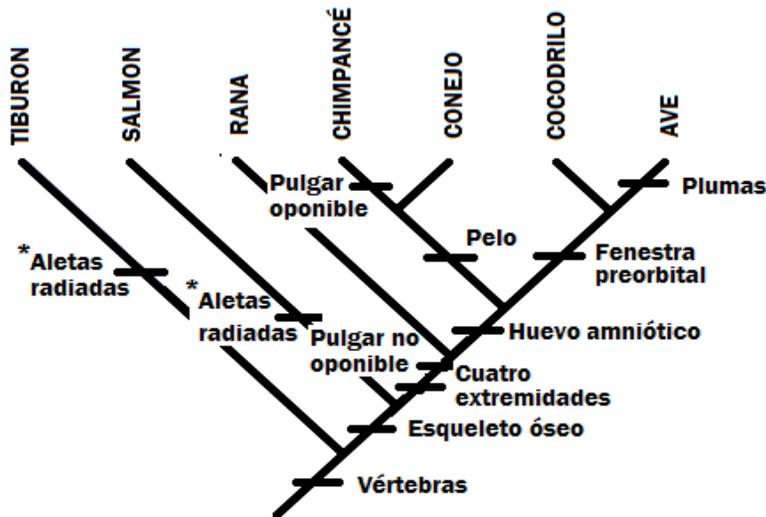


Figura 6.1. Cladograma con siete taxones terminales, tiburón, salmón, rana, chimpancé, conejo, cocodrilo y ave.

El dedo pulgar no oponible surgió en el ancestro del grupo (rana-ave). Sin embargo, este carácter experimentó un cambio en el chimpancé. En consecuencia, el carácter “pulgar no oponible” es una plesiomorfía en relación a pulgar oponible. En este caso, no todos los descendientes del ancestro que adquirió un pulgar no oponible poseen este carácter. Solo la rana, el conejo y el cocodrilo poseen pulgar no oponible (las aves perdieron algunos dedos de las extremidades anteriores). Por lo tanto, estos tres organismos comparten un carácter plesiomórfico. Se les denomina **simplesiomorfías** a las plesiomorfías compartidas.



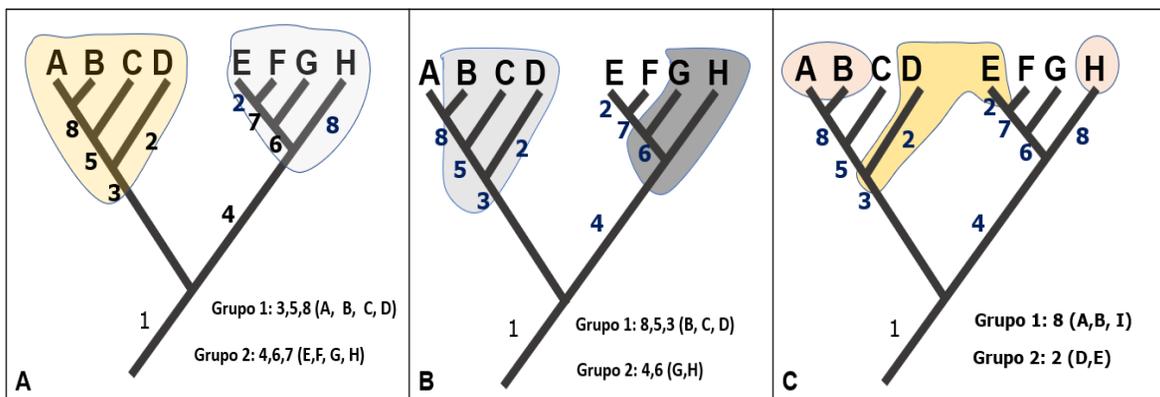
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	41 / 199

El carácter “pulgar oponible” y presencia de “plumas” surgen en taxones terminales (no ancestrales). Por lo tanto, son exclusivos del taxón en el que aparecen. A estos caracteres se les llama autapomorfias y sirven para diagnosticar especies o taxones particulares.

El carácter “aletas radiadas” surge en el tiburón. Sin embargo, este carácter también surge en el salmón. Esto es, tiene dos orígenes independientes. El tiburón y el salmón comparten este carácter, pero el mismo no se originó en un mismo ancestro. El desarrollo independiente del carácter a partir de ancestros diferentes se les denomina homoplasias (Morrone, 2000). Las cuales pueden ser convergencias (se encuentra en dos o más especies pero el ancestro común de estas dos especies no posee este carácter en cuestión) o paralelismos (mismo estado apomorfo adquirido en varios niveles de forma independiente a partir de un mismo carácter ancestral). Una forma diferente de encontrar una homoplasia se da cuando una de las sinapomorfias de un grupo se pierde en alguno de sus descendientes el cual posee el estado plesiomorfo, entonces decimos que se dio una reversión del carácter.

Los taxones se pueden agrupar con distintos criterios. Desde un punto de vista filogenético se reconocen tres tipos de grupos (Hennig, 1968; Morrone, 2014): monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos (Fig. 6.3). El grupo monofilético se compone de un ancestro y todos sus descendientes y se diagnostica por sinapomorfias (Fig. 6.3A). El grupo parafilético está representado por sólo algunos descendientes del ancestro que tuvo la condición primitiva: se excluyen del grupo a los descendientes que poseen la condición derivada y se determinan por simplesiomorfias (Fig. 6.3B), mientras que los grupos parafiléticos se forman con base en homoplasias (similitudes no homologas) no poseen un ancestro inmediato y se les denomina polifiléticos en virtud de que proceden de diferentes linajes ancestrales (Fig. 6.3C).





# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>42 / 199</b>

Figura 6.3. Representación de los tres tipos de grupos: (A) monofiléticos, (B) parafiléticos y (C) polifiléticos.

### **MATERIAL Y REACTIVOS**

Libreta

Lápiz, goma, regla

### **EQUIPO**

Proyector

Pantalla

Computadora

### **SERVICIOS**

Luz

Agua

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	43 / 199

## PROCEDIMIENTO

1. Considere que las “ranas” de la figura 6.4 representan especies distintas.

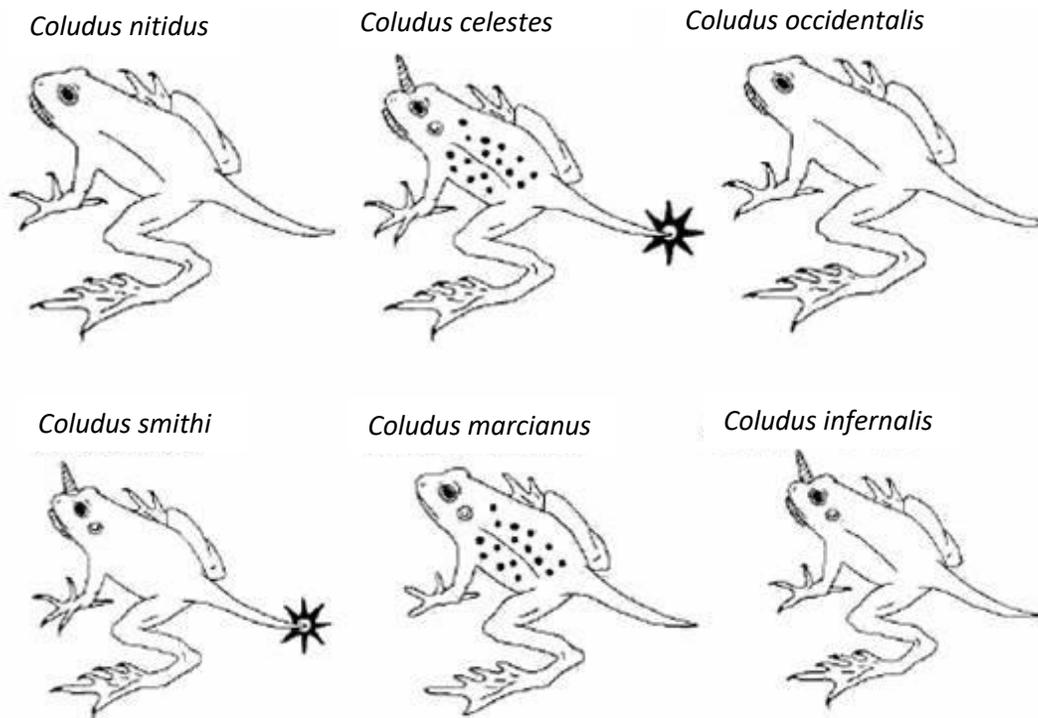


Figura 6.4 Especies de ranas hipotéticas.

- 2.- Observar características morfológicas para conocerlas y describirlas.
- 3.- Definir los criterios para establecer los caracteres de importancia taxonómica.
- 4.- Elegir 10 caracteres taxonómicos y delimitar apropiadamente sus respectivos estados de carácter para elaborar un listado.
- 5.- Elaborar una matriz de caracteres.
- 6.- Aplique el criterio de parsimonia para obtener el cladograma
- 7.- Señale los caracteres autapomórficos, sinapomórfico y simplesiomórficos
- 8.- Postule un grupo monofilético, otro parafilético y uno polifilético.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	44 / 199

## RESULTADOS

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

Un listado de 10 caracteres taxonómicos y sus estados de carácter

Una matriz básica de datos

Un cladograma en el cual marque si le es posible un grupo monofilético, otro parafilético y uno polifilético

Discuta con sus compañeros y responda lo siguiente

## CUESTIONARIO

1. En estudios sistemáticos ¿Un carácter es una propiedad de un individuo o de un taxón?
2. Si es propiedad de un taxón, entonces ¿Cómo podemos definir a un carácter?
3. Considere que para el carácter “forma de la escama genial” hay dos estados “más ancha que larga y más larga que ancha”, ¿Es correcta la delimitación de los estados de carácter? ¿Por qué?
4. ¿Cómo definimos a los caracteres cualitativos y cuantitativos?
5. ¿Debemos evitar a los caracteres cuantitativos (continuos) en un estudio sistemático?

## REFERENCIAS

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

Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F. y Donoghue, M. J. (2008). *Plant Systematics. A phylogenetic approach*. Sunderland MA, USA: Sinauer Associates, Inc.

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

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

Wiens, J. J. (2000). *Phylogenetic Analysis of Morphological Data*. Washington, Smithsonian Institution Press.



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>45 / 199</b>

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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	46 / 199

## 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 de 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, 1998). 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



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	47 / 199

### EQUIPO

Proyector

Pantalla

Computadora

### 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).



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	48 / 199

taxones	caracteres					Apomorfias
	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.

Encuentrar 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).

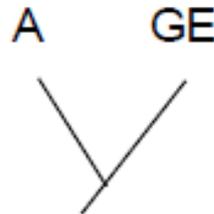


Figura 7.3. Primer grupo formado, el taxón A unido al grupo externo.

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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	49 / 199

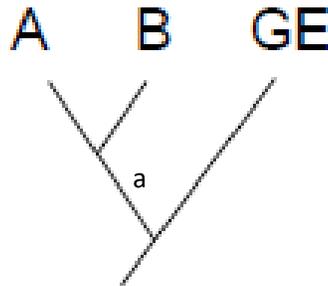


Figura 7.4 Grupo AB unido al grupo externo.

La unión de los taxones A y B origina una nueva rama (a) 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 este fin 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 apomorfia, 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 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:



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	50 / 199

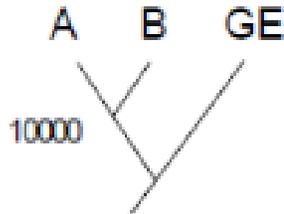


Figura 7.5 Grupo AB con su respectivo vector

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.

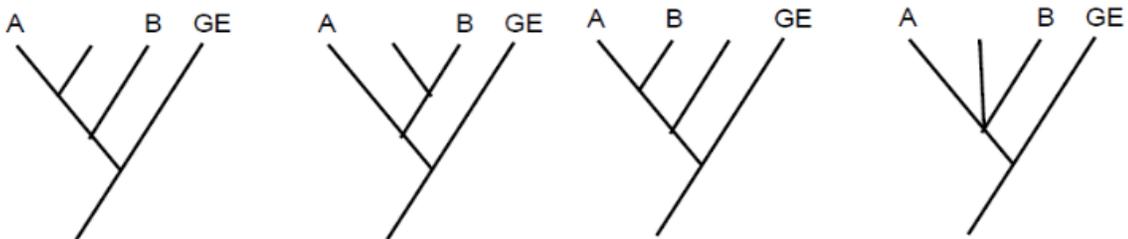


Figura 7.6. Distintas maneras de unir el taxón C al árbol obtenido en el paso 3 (ver texto para explicación). De izquierda a derecha: el taxón C (rama terminal no rotulada) se une al taxón A; el taxón C se une al taxón B; el taxón C se une al grupo AB; el taxón C forma una tritomía con los taxones A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

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).



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	51 / 199

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

D Distancia de C-GE = 3

D 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 (esto es, 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.

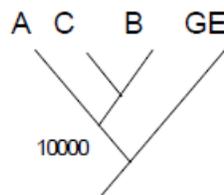


Figura 7.7. Grupo CB unido al antecesor A.

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.

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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	52 / 199

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 la 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.

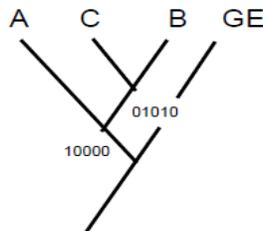


Figura 7.8 Árbol con vectores para el ancestro de GE y del ancestro AB.

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 apomorfías, 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.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	53 / 199

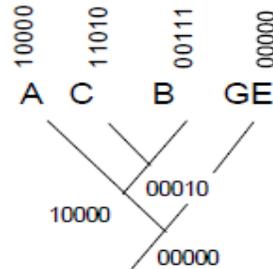


Figura 7.9 El árbol muestra el vector del ancestro de todos los taxones.

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.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	54 / 199

## 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:

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

## CUESTIONARIO

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

Taxón	Caracteres									
	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.

## REFERENCIAS

- Farris, J. S. (1970). Methods for Computing Wagner Trees. *Systematic Zoology*, 19(1), 83-92.
- Lipscomb, D. L. (1998). *Basic of cladistic analysis*. George Washington, Washington. D. C. Disponible en [www.gwe.edu/clade/faculty/Lipscomb/cladistics.pdf](http://www.gwe.edu/clade/faculty/Lipscomb/cladistics.pdf).



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>55 / 199</b>

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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	56 / 199

## 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). Sin embargo, es claro que solo hay un cladograma correcto (el que refleje la verdadera historia filogenético del grupo de taxones bajo análisis). 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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	57 / 199

Computadora

## 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:

Determina los clados que están presentes en todos los cladogramas

Determina las incongruencias presentes en al menos dos cladogramas

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).



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	58 / 199

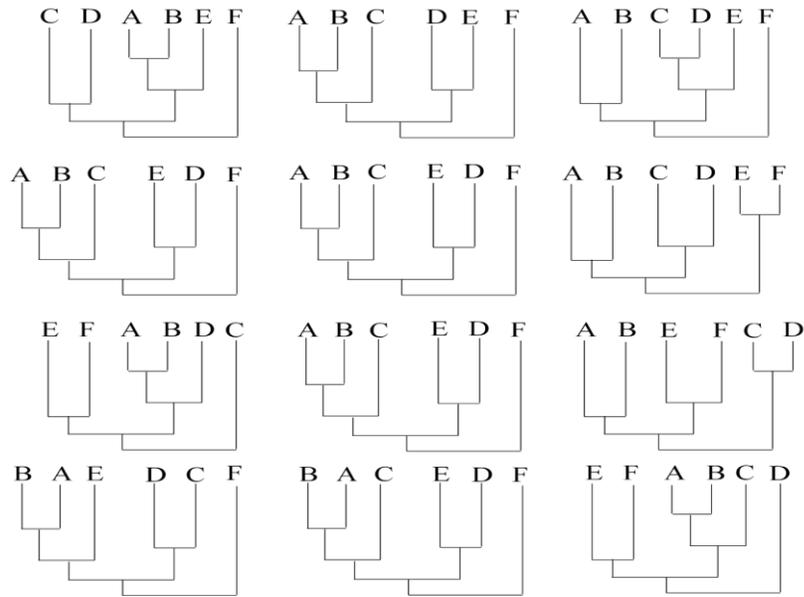


Figura 8.1 Cladogramas originales obtenidos a partir de un análisis cladista.

## 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 como fue la historia evolutiva de los taxones con base en el consenso de mayoría
- Responda el siguiente

## 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



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>59 / 199</b>

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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	60 / 199

## 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, 1998).

### MATERIAL Y REACTIVOS

Libreta

Lápiz y goma

Regla



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	61 / 199

## EQUIPO

Proyector

Pantalla

Computadora

## SERVICIOS

Luz

Agua

## PROCEDIMIENTO

Elabore tres cladogramas hipotéticos utilizando la matriz de datos de la figura 9.1

Para cada uno de los cladogramas calcule la longitud.

Calcule el índice de consistencia (CI)

Para este fin, utilice la siguiente fórmula:

$$IC = M/S$$

Donde M = número mínimo posible de cambios

S = longitud del árbol (L).

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

Calcule el índice de retención (IR).

Para este fin, utilice la siguiente fórmula:

$$R = \frac{G - L}{G - M}$$

Donde M = número mínimo posible de cambios

S = longitud del árbol (L).

G puede calcularse como sigue:



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	62 / 199

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.

## RESULTADOS

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

a) La longitud del árbol, el CI y el R para la matriz de datos.

b) 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. (1998). *Cladistics: the theory and practice of parsimony analysis*. (2a ed.). New York, Oxford University Press.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	63 / 199

## 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 considerar el material, servicios, procedimiento a desarrollar y el equipo a emplear.

### MATERIAL Y REACTIVOS

Estereoscopio

Libreta

Lápiz y goma

Regla

Programas para computadora: WinClada 1.0008, Nona

Material biológico

Diez especies de un grupo de organismos (coleópteros, lepidópteros, arácnidos, plantas, etc.) o alguna estructura de diez especies (hojas, flores, frutos, etc.).

### EQUIPO

Proyector

Pantalla

Computadora



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	64 / 199

## SERVICIOS

Luz

Agua

## PROCEDIMIENTO

De las especies elegidas se observarán características morfológicas para conocer y describir su morfología (El alumno debe consultar literatura especializada (principalmente descriptiva) de acuerdo con el grupo que quiera trabajar, con el fin de que la descripción de sus ejemplares le sea más fácil).

El equipo definirá criterios para establecer los caracteres de importancia taxonómica y determinar los estados de carácter.

Con los datos obtenidos elaborar una matriz de datos r por c. (r=renglones; c= columnas). Donde r serán los taxones y c serán los caracteres y se colocará su respectivo estado de carácter (0-9). En caso de tener más de nueve estados de carácter se deberán realizar intervalos para disminuir las posibilidades hasta nueve.

La matriz de datos se importará al programa WinClada 1.0008 (Nixon, 1999-2002) y NONA (Goloboff, 1999) para realizar el análisis correspondiente.

En el programa se llevará a cabo la edición de taxones, edición de caracteres, se realizarán diferentes tipos de análisis (heurístico y ratchet).

Se elaborarán cladogramas de consenso (mayoría y estricto).

Se exportará el o los cladogramas (según sea el caso) y finalmente se analizarán las clasificaciones.

## RESULTADOS

Reportar en el informe de la práctica lo siguiente:

Lista de caracteres y sus respectivos estados de carácter

Matriz de datos

Cladogramas de consenso (estricto y de mayoría)



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	22/07/2019	0	65 / 199

Realice la optimización de los cladogramas

Obtenga:

Largo.

Índice de consistencia total.

Índice de retención total

Dependiendo de si encuentra los siguientes tipos de caracteres señale y explique porque se identifican:

- Caracteres son homólogos
- Caracteres son sinapomorficos
- Caracteres son autoapomorficos
- Paralelismos.

Discutir los resultados de los cladogramas

## REFERENCIAS

Amorim, D. D. S. (1997). *Elementos básicos de sistemática filogenética*. Sao Paulo, Brasil: Holos/Sociedad Brasileira de Entomología.

Nixon, K. C. (1999-2002). WinClada ver. 1.0000. Ithaca, New York, USA.

Goloboff, P. (1999). NONA (NO NAME), vers. 2. Tucumán, Argentina.



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>66 / 199</b>

**UNIDAD III: MORFOFISIOLOGÍA ANIMAL**



# 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	22/07/2019	0	67 / 199

### INTRODUCCIÓN

Morfofisiología Animal, corresponde a la Unidad III del programa analítico vigente de Laboratorio de Investigación Formativa IV.

Esta unidad de Morfofisiología Animal, trata de definir los criterios y ejes que permiten una adecuada selección y organización de los contenidos teóricos y actividades prácticas, en consonancia con el perfil del egresado establecido.

Asimismo esta unidad propone abordar el enfoque evolutivo y los fundamentos morfofisiológico, comparativo y adaptativo, mediante actividades orientadas a la observación, identificación, diagnóstico y justificación de las relaciones entre el origen, desarrollo, estructura y función de los diversos tejidos, órganos y sistemas corporales en los principales Phyla de los Animales (Calcarea, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Mollusca, Echinodermata, Arthropoda y Chordata).

Los conocimientos previos de fisiología en la materia teórica de Morfofisiología Animal I y las actividades de esta unidad, conducen al alumno a valorar las ciencias morfológicas como una estrategia central de aprendizaje significativo para interpretar los fenómenos fisiológicos.

Para esto, las prácticas del laboratorio incluyen la comparación estructural de algunos Phyla de invertebrados, la taxonomía de artrópodos, el conocimiento de la morfología externa e interna de cordados, la técnica de preservación de cordados (taxidermia) y por último los cortes histológicos de cordados.

### OBJETIVO

Reconocer los caracteres estructurales de acordados y cordados.

### 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).



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>68 / 199</b>

No se permitirá manipulación errónea o vivisecciones (NOM-062-ZOO-1999, 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	22/07/2019	0	69 / 199

## PRÁCTICA 11. COMPARACIÓN ESTRUCTURAL DE ACORDADOS

### OBJETIVO GENERAL

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

Analizar mediante las estructuras anatómicas algunas de las clases más representativas de algunos Phyla de metazoarios: Calcarea, Cnidaria, Nematoda, Annelida, Mollusca y Echinodermata.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

#### Phylum Calcarea

El Phylum Calcarea es uno de los tres grupos de esponjas del grupo Parazoa. Sus 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. A pesar de que al igual que otras esponjas, son animales multicelulares sus funciones vitales de estos individuos son similares a las realizadas por organismos con un nivel de organización unicelular, por ejemplo en la forma por nutrición por fagocitosis, el intercambio gaseoso y la excreción por difusión directa de cada célula con el ambiente, así como la forma de respuesta celular a los estímulos externos (Brusca *et al.*, 2016; Fernández & Rivas, 2010; Nielsen, 2012).

#### Phylum Cnidaria

Los Cnidarios son Metazoo celenterados, dipoblásticos con 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, plexo nervioso con sinapsis simétricas y asimétricas con conducción difusa; en medusas de los hidrozooos hay dos anillos nerviosos, también incluyen órganos sensoriales como los estatocistos (equilibrio) y ocelos (fotoreceptores). Algunas clases durante la etapa juvenil son libres nadadoras y en la etapa adulta algunos son sésiles, como características únicas tienen cnidocitos (organelos urticantes y adhesivos). Dentro de Cnidaria la clase Hydrozoa el ciclo de vida típico incluye un estado



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	70 / 199

de pólipo asexual y un estado de medusa sexual, no obstante algunas clases carecen de la forma de medusa, como la hidra, mientras que algunos hidrozooos sólo tienen el estado medusa y carecen de la forma de pólipo. Otra clase dentro del Phylum se encuentra la Antozoa todos son marinos, son pólipos, sin presencias de estado de medusa, anemonas con septos bien desarrollados (Barnes, 2004; Hickman *et al.*, 2017; Remane *et al.*, 1980).

### Phylum 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 trirradiado, 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). Existen dos clases (1).- Adenophora o Aphasmida y (2).- Secernenta o Phasmidia (Brusca *et al.*, 2016; Franco-Navarro y Lamothe-Argumedo, 2007).

### Phylum Annelida

Organismos triploblásticos, coelomate, protostomado, metamerizados (cuerpo dividido en compartimentos seriados llamados segmentos o metámeros), tanto acuáticos como terrestres, algunos de hábitos parásitos. En cada metámero o segmento se encuentran órganos excretores, ganglios nerviosos, estructuras de intercambio gaseoso y locomotoras. 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).

### Phylum Mollusca

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. El nombre molusco viene de una característica distintiva que todos los miembros de este Phylum tienen el cuerpo blando (Harasewy y Moretzsohn 2010), incluye desde los ejemplares más lentos a los más



# 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	22/07/2019	0	71 / 199

rápidos y activos, de tamaños desde pocos centímetros en el zooplancton hasta de 20 m (Megacalamar). La clase más diversa con el 80% de organismos es la Gastropoda que el cuerpo se divide en pie, cabeza y masa visceral; presentan aparato digestivo completo, con una estructura bucal llamada rádula formada por dientes quitinosos, algunas subclases cuentan con una concha y en otra como la opisthobranchia (las babosas de mar) no cuentan con concha, el sistema respiratorio presenta adaptabilidad de acuerdo al medio ambiente donde se desarrollaron, presentan branquias internas y externas y en el caso de la subclase Pulmonata la cavidad del manto se modificó como pulmón (Merle *et al.*, 2011). En la Clase Cephalopoda se encuentran los moluscos más grandes y activos, por otro lado la movilidad se dio por medio de la modificación del pie a un embudo (sifón), el sistema digestivo completo pero a diferencia de los Gastropodos 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 la respiración, alimentación y excreción se lleva por medio de branquias en forma de láminas de ahí el nombre de Lamelibranquios y algunas subclases tienen movilidad por medio de un pie plano (Brusca *et al.*, 2016; Hickman *et al.*, 2017; Tucker 1974).

### Phylum Echinodermata

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 derivado del mesodermo, compuesto por placas u oscículos fusionados o separados, cada oscículo consiste en una malla de carbonato de calcio denominada estereoma, el tejido orgánico denominado estroma ocupa los espacios de dicha malla. Presentan un sistema vascular acuífero (origen celómico), compuesto de una serie compleja de conductos, reservorios y podios. El Phylum Echinodermata contiene las clases Crinoidea (Lirios de mar y plumas de mar), Asteroidea (Estrellas de mar), Ophiuroidea. (Estrellas quebradizas y estrellas canasta), Echinoidea (Erizos de mar galletas de mar y bizcochos de mar), y Holothuroidea (Pepinos de mar) (Brusca *et al.*, 2016; Hickman *et al.*, 2017; Solís-Marín y Laguarda-Figueras, 2007).

### MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo:

Estuche de disección



# 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	22/07/2019	0	72 / 199

Guantes de látex

Frasco de boca ancha 5 de 500 mL

Agujas de disección

Portaobjetos

Cubreobjetos

Charola de disección

Cajas Petri

Pinceles

Micropipetas

Goteros

Jeringa o pipeta de plástico

Lupa o microscopio portátil

Navaja de disección

Pinzas de relojero

### **MATERIAL BIOLÓGICO**

Para Calcarea, Cnidaria, Nematoda y Equinodermata la observación será con esquemas, videos y modelos anatómicos. 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**

Microscopio con objetivos 10x, 40x y 100x

Estereoscopio

Campana de extracción



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	73 / 199

## 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 Calcarea:** Observar las características externas como color, forma de crecimiento, disposición del o los ósculos, la ubicación del espongocele. En la parte interna se observará, mesohilo, ostiolos, porocitos, pinacocitos, coanocitos, amebocitos, 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, manubrio, mesénquima.

**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*): Se observa 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 la anatomía interna se hace 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



# 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	22/07/2019	0	74 / 199

gónadas y el resto de los órganos. Clase Gastropoda: Externamente determinar tipos de conchas, el periestomo, ombligo, labro, vueltas, últimas espiras, canal sifonal, para la observación de la parte interna desconchar la parte blanda en agua hirviendo (Sturm *et al.*, 2006). 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; observar estructuras tales como el labio, periestoma, pies ambulacrales periestómicos y branquias. Aboralmente observar el ano, el periprocto, la madreporita, las placas genitales y las oculares. En estrellas de mar: En anatomía externa. Localizar el disco central y la madreporita aboral; de acuerdo a esta última, localiza el bivium (par de brazos que rodean a la madreporita) y el trivium (los brazos restantes). Observar la disposición del ano, la boca y los surcos ambulacrales a lo largo de los brazos por la superficie oral. Para observar anatomía interna, realizar disecciones cortando el esqueleto de un brazo y de una porción del disco central para observar estructuras tales como: estómago, intestino, ciegos pilóricos, glándulas digestivas, gónadas y túbulos del sistema ambulacral.

## 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 en 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	22/07/2019	0	75 / 199

## CUESTIONARIO

1. ¿Qué caracteres internos y externos son más comunes en los en cada uno de los Phylum a estudiar?
2. ¿Qué modificaciones evolutivas presentan en la morfología los Phyla a estudiar?
3. ¿Qué diferencia existe en la epidermis de los Phyla a estudiar?
4. ¿Cuáles son los pigmentos respiratorios que se presentan en el sistema circulatorio de los Phyla a estudiar?
5. De acuerdo a cada Phylum ¿Cuáles son las sustancias de los desechos excretores?
6. ¿Cómo es el sistema de sostén de cada Phylum a estudiar?
7. Investigue la Norma Oficial Mexicana vigente para la eutanasia para los animales de laboratorio.
8. Dependiendo 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<sup>ta</sup> ed.). Belmont, CA. Thomson Brooks/Cole.
- Brusca, R. C., Moore, W. y Shuster, S. M. (2016). *Invertebrates*. (3<sup>ra</sup> 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 classifyinng 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.



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	22/07/2019	0	76 / 199

Nielsen, C. (2012). *Animal Evolution*. (3<sup>ra</sup> ed.). Oxford University Press.

Ramane, A., Storch, V. y Welsch, U. (1980), *Zoología sistemática, clasificación del reino animal*. Barcelona España: Omega.

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<sup>da</sup> ed) New York: Van Nostrand Reinhold Company.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	77 / 199

## PRÁCTICA 12. TAXONOMÍA DE ARTRÓPODOS

### OBJETIVO

Determinar taxonómicamente los principales grupos de artrópodos.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

Más del 80% de las especies actuales de animales pertenecen al Phylum Arthropoda, se encuentran en todos los ambientes y ecosistemas del planeta, cumpliendo todos los papeles ecológicos conocidos e incluso afectando al hombre de manera directa en diferentes ámbitos (Brusca *et al.*, 2016).

Los artrópodos son metaméricos. El metamerismo es evidente en el desarrollo embrionario de todos los artrópodos, en los casos como los ácaros y malacostraca, casi ha desaparecido en los adultos. Este Phylum cuenta con exoesqueleto quitinoso o cutícula dividido en escleritos especializado en regiones o tagmas que cubre por completo el cuerpo, el movimiento resulta posible gracias a la división de la cutícula en placas separadas, los segmentos y las placas vecinas están conectadas por medio de una membrana reticular (Barnes, 2004). Presentan un sistema circulatorio abierto hacia el hemoceloma, con un corazón dorsal contráctil que presenta *ostia* para el ingreso y re-circulación de la hemolinfa; como estructuras de intercambio gaseoso pueden utilizar el mismo exoesqueleto, branquias, pulmones y tráqueas. Sus órganos excretores son tanto de tipo nefridial (glándulas antenales, coxales) como no nefridial (tubos de Malpighi). Tienen un sistema nervioso ganglionar y órganos sensoriales de distintos tipos distribuidos en todo el cuerpo, especialmente en el exoesqueleto; presentan un par de ojos compuestos y en ocasiones ocelos laterales o centrales. Su ciclo de vida puede ser directo, o indirecto con uno o varios estados larvarios, pero su crecimiento siempre implica la ecdisis o muda del exoesqueleto que es regulada por hormonas (Brusca *et al.*, 2016; Rivas y Hoffmann, 2007).

### MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo:

Tubos de ensayo o Falcón 10 piezas

Frascos de boca ancha 10 piezas

Unicel 1 placa 30X30 cm



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	78 / 199

Alfileres entomológicos 1 paquete

Claves taxonómicas de artrópodos

Eugenol ( $C_{10}H_{12}O_2$ ) 100 mL

Acetato de etilo ( $CH_3COOCH_2CH_3$ ) 150 mL

Alcohol ( $CH_3CH_2OH$ ) 70%, 500 mL

Alcohol ( $CH_3CH_2OH$ ) 80% 100 mL

Alcohol ( $CH_3CH_2OH$ ) 90% 100 mL

Xilol ( $C_6H_4(CH_3)_2$ ) 100 mL

Resina poliéster preacelerada cristal (MC-40 kg)

Catalizador K-2000

Para la eutanasia los organismos se sacrificarán de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana vigente (Previamente investigada por los alumnos).

## MATERIAL BIOLÓGICO

Artrópodos de diferentes ambientes, para el caso de la clase malacostraca (jaibas y camarones) se obtendrán de la venta comercial de alimentos, los demás serán capturados de diferentes maneras.

## EQUIPO

Microscopio estereoscopio

Microscopio óptico con objetivos 10x, 40x y 100x

## SERVICIOS

Energía eléctrica

Agua corriente

Extractores de aire



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	79 / 199

**PROCEDIMIENTO**

Mediante el uso de claves especializadas que ellos deberán traer, identificar a nivel de Subphylum y clase, los distintos grupos de artrópodos a revisar, al mismo tiempo que se observan algunas de las siguientes características:

<b>ARÁCNIDOS</b>	<b>INSECTOS</b>	<b>CRUSTÁCEOS</b>
Prosoma (cefalotórax)	Cabeza	Cefalotórax
Opistosoma (abdomen)	Tórax	Antenas
Quelíceros	Abdomen	Abdomen
Pedipalpos	Antenas	Pleón
Hileras (espineretas)	Cercos	Pereión
Peines sexuales	Genitalia	Pleópodos
Mesosoma	Ojos compuestos	Pereiópodos
Metasoma	Mandíbulas	Urópodos
Telson	Maxilas	
Patas caminadoras	Labio	<b>MIRIÁPODOS</b>
Idiosoma	Alas	Cabeza
Propeltidio	Patas caminadoras	Tronco
Postpeltidio	Estigmas	Número de apéndices por segmento
Escleritos		
Gnatosoma		Orificio genital



# 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	22/07/2019	0	80 / 199

A los organismos que se le van aplicar los siguientes procedimientos, la eutanasia será por medio, de gotas de etanol en agua para evitar su contracción.

La mayoría de los insectos se conservan en seco, clavándose con alfileres entomológicos a la caja de la colección. El alfiler se clava en el tórax a un lado de la línea media del cuerpo y en el caso de los escarabajos, en uno de los élitros, procurando, en ambos casos extender las alas y las patas para poder observar detalladamente las estructuras. Cada ejemplar con su alfiler debe llevar una etiqueta de datos.

**Encapsulado:** Deshidratar el ejemplar con alcohol de 70%, 80%, 90% y absoluto de 15 a 45 min dependiendo el tamaño del ejemplar. Tomar la cantidad de resina calculada para cada molde, agregar el catalizador en una proporción de 1% es decir 35 gotas de catalizador por cada 100 g mezclar perfectamente, vaciar la mitad del molde y esperar de 15 a 20 min para colocar al organismo, preparar otra cantidad igual para terminar de tapar al organismo, después se deja secar aproximadamente por una hora, lavar la pieza con abundante agua y jabón para quitar lo pegajoso y por último lijar.

Revisar cuidadosamente los ejemplares trabajados, contar el número de segmentos que forma cada región del cuerpo (tagma) y cuáles y cuántos apéndices lleva cada uno.

Investigar el nombre que reciben los artejos de los apéndices. Mediante el uso de claves especializadas, identificar hasta nivel de orden los Arácnidos e Insectos; en algunos casos, es posible que la identificación de los organismos se lleve a cabo más allá de orden (suborden y familia).

### RESULTADOS

Se entregarán esquemas elaborados durante la práctica, señalando las estructuras identificadas, así como su determinación taxonómica (hasta la categoría más reducida posible). El cuestionario se entregará previo a la realización de la sesión práctica, de manera que los alumnos tengan el antecedente y fundamento teórico necesario para realizarla.

### CUESTIONARIO

1. Señala las características principales de los artrópodos.
2. Indica la clasificación del Phylum hasta clase.
3. Elabora un cuadro sinóptico de los arácnidos.



# 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	22/07/2019	0	81 / 199

- ¿Qué son los escleritos?
- ¿Cómo se les denomina a los artejos que componen los apéndices que componen los de arácnidos?
- Elaborar esquemas de los artrópodos tanto dorsal como ventral, identificando sus estructuras.
- ¿Cuáles son las adaptaciones se presentan en los artrópodos terrestres?

### REFERENCIAS

- Brusca, R. C., Moore, W. y Shuster, S. M. (2016). *Invertebrates*. (3<sup>ra</sup> ed.) Sunderland, Massachusetts U.S.A.: Sinauer Associates, Inc.
- Nielsen, C. (2012). *Animal Evolution*. (3<sup>ra</sup> ed.) Oxford University Press.
- Rivas, G. & Hoffmann, A. (2007). Phylum Arthropoda En: Fernández-Álamo, M. A. y G. Rivas (Eds.). *Niveles de Organización en Animales* (pp.233-254) UNAM, Facultad de Ciencias. México.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	82 / 199

## PRÁCTICA 13. TÉCNICAS DE PRESERVACIÓN DE CORDADOS

### OBJETIVO GENERAL

Observar la morfología externa e interna de algunos cordados, e implementar técnicas de preservación.

Conocer un vertebrado en relación a su morfología interna (esqueleto y sistemas internos).

Conocer la morfología externa y métodos de conservación (forma, coloración, tipos de apéndices, tipos de aberturas e integumento).

### 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, sobretudo 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



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	83 / 199

(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).

## MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo:

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

Maicena 1 kg

Talco 500 g

Harina o arena 1 kg

Cloruro de sodio (NaCl) 1 kg



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	84 / 199

Caja o bolsa de plástico 2 piezas

Formol ( $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ ) 10% 1 L

Alcohol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) 70% 1 L

Xilol ( $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ ) 500 mL

Resina poliéster preacelerada cristal (MC-40 kg)

Catalizador K-2000

Para la eutanasia los organismos se sacrifican de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana vigente (Previamente investigada por los alumnos).

## 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

## SERVICIOS

Energía eléctrica

Agua corriente

Extractores de aire

## PROCEDIMIENTO

### DESCRIPCIÓN EXTERNA:



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	85 / 199

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.).

## PECES

Utilizando una navaja de bisturí, desprender un cuadro de un centímetro cuadrado de piel para reconocer tipo de escamas y observar su estructura, desprender una escama lateral y observar bajo el microscopio estereoscópico, para reconocer sus regiones y los anillos de crecimiento, observar la estructura de las aletas y elaborar un dibujo (anotando forma del cuerpo, tipo de escamas, exposición u ocultamiento de las agallas, el número de branquias, posición de las espinas, etc.). Se preservaran en formol al 10% si su tamaño es mayor de 10 cm de largo y en formol al 5% si es menor de 10 cm. Realizar una abertura del lado derecho de la cavidad abdominal para que penetre bien el fijador, después de fijados, para eliminar el formol se lavan en agua tibia y preservar en alcohol al 70%, colocar etiqueta.

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

## ANFIBIO

Revisar la piel para reconocer algún tipo de estructura epidérmica y alguna estructura exoesquelética, para que al fijar estos organismos no se distorsionen, se sacrifica de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para eutanasia de animales de laboratorio vigente, después se colocan en un frasco con formol al 8-10% de dos a siete días, después se preservarán en alcohol al 70%.

## TAXIDERMIA EN ANFIBIOS

Hacer una incisión ventral desde la unión del tórax con la clavícula hasta la cloaca. A partir de éste se realizaran dos incisiones en sentido transversal a nivel de las extremidades superiores e inferiores, que lleguen hasta la base de las manos. Separar cuidadosamente la piel, despegándose de los músculos del cuerpo, comenzando por la región posterior



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	86 / 199

hasta llegar a la base del cráneo. Cortar la base del cráneo a nivel de las extremidades superiores e inferiores y se desprende del resto del cuerpo (sólo el cráneo, mandíbula y dedos de las extremidades quedan adheridos a la piel) con tijeras para quitar la masa encefálica, lengua y ojos, impregnar la piel de sal. Cortar un alambre que supla el sostén de la columna vertebral y amarrarlo, así como otros que sustituyan los huesos de todas las extremidades, enrollar algodón sobre los alambres del maniquí, hasta darles volumen deseado. El eje del cuerpo se inserta en el cráneo y los que van a las extremidades junto, forme el cuerpo con algodón (agregar unos granos de sal para evitar la descomposición), doblar los alambres para dar la posición deseada y coser las aberturas, dejar secar el espécimen en una base de material blando.

## REPTILES

Observar la forma y disposición de las escamas en diferentes regiones de la piel. Para preservar a estos organismos se sacrifica de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana para eutanasia de animales de laboratorio vigente, después se les coloca en formol al 10% y se le inyecta por todo el cuerpo al 10% (hacer una incisión en la superficie ventral izquierda de 2 a 5 cm. para que se fije bien), lavar y a preservar en alcohol al 70%.

## TAXIDERMIA EN REPTILES

Para tortugas, cortar ambos lados del plastrón con bisturí o segueta para desprenderlo y comenzar a separar la piel. Extraer los órganos desde el esófago hasta la cloaca, así como la musculatura de las extremidades. Cortar la base del cráneo y las extremidades inferiores y superiores quedando adherida a la piel (sólo el cráneo, mandíbula y dedos de las extremidades quedan en la piel). Eliminar musculatura de la cola y colocar un alambre que se unirá al maniquí. Retirar la masa cefálica, lengua y ojos con unas tijeras, pinzas y/o agujas de disección. Antes de colocar el plastrón, coser las extremidades de manera cruzada (pata superior con pata posterior y viceversa) para dar forma al interior del ejemplar. Colocar el plastrón y darle el acabado final al organismo. En el caso de serpientes, una vez realizada la incisión ventral, separar la piel hasta la base del cráneo, cortar y retirar la masa cefálica, lengua y ojos con unas tijeras, pinzas y/o agujas de disección. Finalmente, barnizar con laca mate en aerosol y montar en una base para su entrega.

## 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.

## TAXIDERMIA EN AVES



# 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	22/07/2019	0	87 / 199

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-tarsometatarso 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 frota 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 amarran 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**

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 EN 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)



# 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	22/07/2019	0	88 / 199

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 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.

### **OSTEOLOGÍA**

Con los esqueletos ya tratados con sosa y ya limpio revisar y describir el cráneo (en caso de que sea posible), esqueleto axial y apendicular ayudado de esquemas anatómicos e identificar las partes que lo componen según sea el caso. Se señalan las estructuras óseas que se van a identificar:

### **PECES (CICLÓSTOMOS)**

Observar el conjunto de arcos branquiales unidos entre sí llamado “canasta branquial” (cubren al corazón por el cartílago pericárdico en (lamprea). En caso del cazón reconocer arcos branquiales, arco mandibular, arco hioideo, de cada uno de ellos reconocer sus



# 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	22/07/2019	0	89 / 199

partes. Cartílago coratohial, unido al cartílago basihial, impar y formando la llamada lengua de los peces. Arcos Branquiales, de arriba hacia abajo se disponen los cartílagos en el siguiente orden faringobranquial, epibranquial, ceratobranquial, basibranquial, hipobranquial.

### **ANFIBIOS**

Reconocer costillas, escápulas, húmero, fémur, coracoides, urostilo, isquion, vértebras, fémur.

### **REPTILES**

Reconocer los huesos que componen la mandíbula en reptil (paladar primario). Costillas, vértebras, esternón, coracoides, clavícula, húmero, fémur, omóplato.

### **AVES**

Contar las vértebras de cada región y observar las funciones de varias de ellas para formar el sinsacro, costillas, pigostilo, omóplato, fúrcula, esternón y quilla, vértebras, fémur, húmero, coracoides.

### **MAMÍFEROS**

Contar las vértebras de cada región y señalar con cuáles se articulan las costillas, esternón, cráneo, mandíbula, húmero, radio, ulna, fémur, tibia, fíbula, omóplato, pelvis.

### **SISTEMA DIGESTIVO**

El tubo digestivo en el grupo de los cordados está constituido según un mismo plan fundamental y funciona de manera similar en todos los vertebrados, y en ellos se pueden observar grandes variaciones las cuales pueden considerarse como adaptaciones que se han venido sucediendo evolutivamente, las variaciones adaptativas se han ido desarrollando a partir de un sencillo plan de organización. Al mismo tiempo que se hace la taxidermia se observará el sistema digestivo con la finalidad de conocer la organización del tubo digestivo y glándulas anexas, la organización del aparato visceral interpretando la función de determinados tipos de función de especialización que se presentan en los diferentes tipos de aparato digestivo.

### **PECES**



# 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	22/07/2019	0	90 / 199

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

### **ANFIBIOS**

Observar la lengua y fijación al piso de la cavidad, dientes maxilares, la glotis, las aberturas de las trompas de Eustaquio y el inicio del esófago. Separar la cavidad visceral expuesta reconocer el esófago, el estómago, intestino delgado, intestino grueso, el recto, vejiga urinaria.

### **REPTILES**

Observar la lengua en quelonios y cocodrilianos insertada en el fondo de la boca, y en ofidios y saurios tienen una lengua que pueden proyectar y retraer, observar la diversidad de los distintos tipos de dientes, el esófago, el estómago, el intestino delgado y grueso entre ambos se localiza una válvula ileocólica y en este punto hay un ciego cólico siendo en reptiles los primeros vertebrados que presentan verdaderos ciegos cólicos excepto los cocodrilos.

### **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 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	91 / 199

## **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.

### **ANFIBIOS**

Reconocer en el techo de la cavidad visceral las gónadas correspondientes con su mesenterio, los riñones con las glándulas adrenales en su cara ventral y los conductos urinarios y reproductores correspondientes.

### **REPTILES**

Reconocer las gónadas, riñones, conductos urinarios y divisiones de la cloaca.

### **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.

### **MAMÍFEROS**

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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	92 / 199

## ENCAPSULADO

Deshidratar el ejemplar con alcohol de 70%, 80%, 90% y absoluto de 15 a 45 minutos dependiendo el tamaño del ejemplar y por último en xilol de 5 a 10 minutos.

Tomar la cantidad de resina calculada para cada molde, agregar el catalizador en una proporción de 1% es decir 35 gotas de catalizador por cada 100 g mezclar perfectamente, vaciar la mitad del molde y esperar de 15 a 20 minutos para colocar al organismo, preparar otra cantidad igual para terminar de tapar al organismo, después se deja secar aproximadamente por una hora, lavar la pieza con abundante agua y jabón para quitar lo pegajoso y por último lijar.

## RESULTADOS

Previo a cada sesión traer un esquema del organismo a estudiar. Después de realizada la práctica entregar el cuestionario y el reporte que incluye: introducción, reporte de lo observado (con dibujos, fotos), discusión, conclusiones, bibliografía.

Los organismos observados se deben dibujar e identificar las estructuras. Elaborar un esquema y un cuadro comparativo de las estructuras observadas.

## CUESTIONARIO

1. Indique cuales son las características morfológicas externas que presentó su organismo (apéndices, escamas, color, etc.). Investigue cuales son los datos meríticos del organismo con el cual trabajo.
2. ¿Cuáles con los rasgos dérmicos que son de carácter comparativo e importante de estos de forma evolutiva?
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. Elabore una diagnosis de los condriictios y osteíctios.
6. Elaborar las principales diferencias morfológicas (externas) en los condriictios.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	93 / 199

7. ¿Qué importancia tiene conocer el grado de madurez de un pez?

## REFERENCIAS

- Álvarez, T., Álvarez-Castañeda, S. T. y López Vidal, J. C. (1994). *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. Piñero, (dir.). *Ciencia y Tecnología en protección y experimentación animal*. Madrid (España): Mc Graw-Hill Interamericana.
- 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.
- Casas-Andreu, G. y McCoy, C. J. (1979). *Anfibios y reptiles de México; Claves ilustradas para su identificación*. Ciudad de México, México. Limusa.
- 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.
- Guzmán-Guzmán, S. (2011). *Anfibios y Reptiles de Veracruz, Guía ilustrada*. Veracruz, México. COVECYT.
- Howell, S. N. G. y Webb, S. (1999). *A Guide to the Birds of Mexico and northern Central America*. New York, EUA. Oxford University Press.



# 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	22/07/2019	0	94 / 199

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, 1991. *Zoología. Cordados*. Vol. 2. (7<sup>ma</sup> 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	22/07/2019	0	95 / 199

## PRÁCTICA 14. CORTES HISTOLÓGICOS DE CORDADOS

### OBJETIVOS

Identificar los eritrocitos en muestras de sangre de mamíferos, observar las características que presentan y con base a ellas inferir alguna patología o estado nutricional.

El alumno desarrollará habilidad para conocer y llevar a cabo un corte histológico

Aplicará técnica de tinción Hematoxilina-eosina.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

¿Qué son los eritrocitos?

El nombre eritrocito también llamado hematíes o glóbulos rojos, son los elementos más numerosos de la sangre (alrededor de 5 000 000 por  $\text{mm}^3$ ), que tienen un tamaño bastante uniforme (diámetro de unos 7.5  $\mu\text{m}$ ) y la forma de discos bicóncavos, por lo que al observarlos con el microscopio se aprecia una zona central más clara. Reciben su nombre porque en grandes cantidades le proporcionan el color rojo a la sangre, aunque al observarlos aislados en preparaciones de sangre fresca (sin teñir), presentan un color amarillo verdoso (Segal, 2005).

Los eritrocitos se caracterizan por que su contenido fundamental es la hemoglobina, que le proporciona al eritrocito su color característico y la función de transportar el oxígeno desde los pulmones hasta los tejidos, y parte del dióxido de carbono desde los tejidos hasta los pulmones, participa de esta manera en el proceso de la respiración.

Los eritrocitos se derivan de las células madre comprometidas denominadas eritrotoblasto que se encuentran en la médula ósea. La hormona eritropoyetina renal estimula a la eritropoyesis (formación de eritrocitos) y es responsable de mantener una masa eritrocitaria en un estado constante. A medida que la célula madura, la producción de hemoglobina aumenta, el núcleo paulatinamente se vuelve picnótico y es expulsado fuera de la célula (Difiore, 1995).

### HISTOLOGÍA

La histología es una disciplina eminentemente descriptiva basada en la observación de los diferentes tejidos mediante microscopios, tanto ópticos como electrónicos. Además, el



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	96 / 199

conocimiento de la anatomía y organización de los tejidos es fundamental para comprender su fisiología y reconocer alteraciones patológicas, tanto de los propios tejidos como de los órganos y estructuras que forman (De Juan y Pérez 1991).

Así pues, los tejidos están formados por células y por sustancias elaboradas por ellas, principalmente las constituyen la matriz extracelular. Se puede establecer cuatro grandes familias de tejidos y se trata del tejido epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso.

## MATERIALES Y REACTIVOS

Por equipo:

Estuche de disección

Vasos de precipitado

Portaobjetos

Cubreobjetos

Cajas de tinción

Pincel fino

Probeta de 100 mL

Cajas Petri

Frascos de boca ancha

Formol ( $\text{H}_2\text{C}=\text{O}$ ) 10% 100 mL

Formalina ( $\text{H}_2\text{C}=\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 1 L

Alcohol ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) 70, 80 y 90% 1 L

Alcohol absoluto ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) 110 mL

Xilol ( $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$ ) 500 mL

Paraflax histológica ( $\text{C}_{16}\text{-C}_{38}$ ) 1 kg

Hematoxilina de Harris ( $\text{C}_{16}\text{H}_{14}\text{O}_6$ ) 1 g

Eosina azulosa ( $\text{C}_{20}\text{H}_6\text{B}_{14}\text{Na}_2\text{O}_5$ ) 1 g

Eosina amarilla ( $\text{C}_{20}\text{H}_6\text{B}_{14}\text{Na}_2\text{O}_5$ ) 1 g



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	97 / 199

Bálsamo de Canadá 200 mL

Oxido rojo de mercurio (HgO) 0.5 g

Alumbre de potasio ( $KAl(SO_4)_2 \cdot H_2O$ ) 20 mL

Agua destilada ( $H_2O$ ) 2 L

Timol ( $C_{10}H_{14}O$ ) 100 mL

Ácido clorhídrico (HCl) 5 mL

Hidróxido de amonio ( $NH_4OH$ ) 5 mL

### **MATERIAL BIOLÓGICO**

Tejidos de órganos, se recomienda que sea el mismo órgano por equipo y de diferente cordado, para que comparen entre equipos las células de los tejidos de cada grupo trabajado.

### **EQUIPO**

Micrótopomo de rotación

Microscopio de fases

Baño histológico

Estufa

Parrilla

### **SERVICIOS**

Energía eléctrica

Agua corriente

Extractores de aire



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	98 / 199

## PROCEDIMIENTO

### PARA TEJIDO SANGUÍNEO

Tomar una muestra de sangre y hacer un frotis sanguíneo. Ésta se realiza tomando una gota de sangre, se coloca en el extremo del portaobjeto y con otro portaobjeto se realiza un deslizamiento de la gota de sangre sobre el portaobjeto, se deja secar.

Realizar la tinción por medio de la técnica de Jacobson (Mac. Donald, 1989).

#### **Método de Jacobson para sangre:**

Fijar en alcohol metílico durante 5 minutos

Teñir con May-Grünwald por 15 minutos

Teñir con Giemsa, durante 10 minutos

Lavar a chorro de agua y dejar secar

Deshidratar con acetona-xilol (1:1) y xilol, haciendo dos cambios cada uno de 5 min

Cubrir con bálsamo de Canadá

Observar al microscopio óptico en 4 x, 10 x, 40 x, 100 x

Identificar fórmula sanguínea

### PARA ESTUDIO CELULAR EN TEJIDOS.

**Toma de muestra:** lo recomendable es que la muestra sea lo más fresca, por lo tanto, debe ser en cuanto el organismo recién sacrificado en una cámara de CO<sub>2</sub>, en caso de frotis, biopsias, etc. y se refiere a fragmentos de órganos. Una vez muerto o separado un órgano, se inicia la descomposición. Por lo tanto, es necesario proceder de inmediato la conservación del material para evitar su descomposición, a este proceso se le llama fijación. El siguiente método histológico es de acuerdo con Uría y Mora (1996).

**Fijación:** el fijador puede ser solución formol al 10% que son los más comunes. Este proceso debe de ser rápido en su penetración y en su acción.

**Eliminación del fijador:** después de 48% que la muestra está embebida en el fijador se debe de lavar con el chorro de agua de la llave por 4 h (alcoholes de varias graduaciones) y en caso muy especiales con soluciones yodadas.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	99 / 199

**Deshidratación:** se pasa la muestra por diferentes concentraciones de alcoholes (50%, 60%, 70%, 80%, 96%, etanol absoluto) 20 minutos x 3, cada uno.

**Transparentación:** se continúa con etanol absoluto-Tolueno, Tolueno I, Tolueno II, Tolueno III, 5 minutos.

**Inclusión en parafina:** se pasa la muestra en parafina I 4 h, parafina II 4 h (mantener en la estufa a 60°C), inclusión en parafina III y se deja enfriar.

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

**Técnica para desparafinar:**

- 1.- Xilol 3 cambios de 1 minuto cada uno
- 2.- Etanol Absoluto-xilol 3 cambios de 1 minuto cada uno
- 3.- Alcohol del 96 % 3 cambios de 1 minuto
- 4.- Alcohol del 70% 2 cambios de 1 minuto por cada uno
- 5.- Agua del grifo por 5 minutos

**Técnica de Hematoxilina-Eosina:**

- 1.- Teñir con hematoxilina 4 minutos
- 2.- Lavar con agua del grifo
- 3.- Diferenciar con alcohol ácido
- 4.- Lavar con agua del grifo 3 cambios de un minuto por cada uno
- 5.- Virar en agua amoniacal
- 6.- Lavar con agua de la llave 2 cambios por 2 minutos cada uno
- 7.- Lavar con agua destilada 1 cambio de 1 minuto
- 8.- Coloración con Eosina 1 minuto
- 9.- Lavado rápido con alcohol-acetona
- 10.- Alcohol absoluto-xilol 3 cambios de 1 minuto cada uno



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	100 / 199

11.- Xilol 3 cambios de 1 minuto cada uno

12.- Montar con bálsamo de Canadá

### **Elaboración de reactivos**

Colorantes para Tejido sanguíneo

May Grünwald 0.3 g

Alcohol metílico 100 mL

Disolver el colorante en el alcohol y filtrar

### **Preparación de hematoxilina**

La hematoxilina se disuelve en el alcohol y el alumbre en el agua caliente; se mezclan ambas soluciones. Se lleva la mezcla a ebullición y se agrega lentamente el óxido de mercurio. Cuando la mezcla toma color rojo púrpura se retira del fuego y de enfria. Filtrar antes de usar.

### **Alcohol ácido**

Mezclar 100 mL alcohol al 70% y 1 mL HCl concentrado.

### **Agua Amoniacal**

Adicionar a 50 mL de agua destilada, 6 gotas de Hidróxido de Amonio.

### **Eosina solución alcohólica**

Disolver en 100 mL de alcohol absoluto 1 g de eosina amarilla.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	101 / 199

## OBSERVACIÓN

### Para tejido sanguíneo:

Un frotis teñido tiene las siguientes características:

1. eritrocitos –color rosa a salmón
2. núcleos –azul oscuro a violeta
3. neutrófilos—color lila
4. basófilos—color azul obscuro a negro

### Para tejido de órganos

Observar: núcleos y citoplasma (azul morado). Protoplasma y sustancias intercelulares (de naranja a rojo) (Segal, 2005).

Previo a cada sesión traer esquema del organismo a estudiar. Después de realizada la práctica entregar el cuestionario y el reporte que incluye: Introducción, reporte de lo observado (con dibujos, fotos), conclusiones, discusión, bibliografía. Conforme al método científico.

Los organismos observados se deben de dibujar e identificar las estructuras.

## RESULTADOS

Previo a cada sesión traer esquema del organismo a estudiar. Después de realizada la práctica entregar el cuestionario y el reporte que incluye:

Introducción, reporte de lo observado (con dibujos, fotos), conclusiones, discusión, bibliografía.

Las células sanguíneas observadas se deben de dibujar y fotografiar, identificando de qué célula se trata.

Los núcleos se observarán en tinción azul y el citoplasma en rosa o rojo, dependiendo de sus componentes ácidos o básicos.

Previo a cada sesión entregar el cuestionario y traer esquemas de los organismos a estudiar.

Después de cada práctica terminada entregar dos días después el informe tomando en cuentas los siguientes puntos: introducción, material y método, resultados (con base a



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	102 / 199

bibliografía de histología, identificar estructuras de los diferentes tejidos observados; fotos o dibujos de los tejidos tanto macroscópicamente como microscópicamente para cada organismo), discusión, conclusiones y bibliografía (formato APA).

Reconocer en los tejidos características adaptativas de cada uno de los grupos.

### CUESTIONARIO

1. Identificar las células sanguíneas, señalando las variaciones que existen dependiendo de la sangre del organismo tratado.
2. Realizar un diagnóstico de las patologías en sangre observadas.
3. Describir en qué consisten los pasos que se requieren para hacer un corte histológico.
4. Realizar un diagnóstico de las patologías en sangre observadas.
5. Existen tres métodos de fijación (físicos, químicos y mixtos) describir cada uno de ellos.
6. ¿Por qué es importante conocer y llevar a cabo la técnica de cortes histológicos?
7. Describir el tejido observado.
8. ¿Qué características deben tener las sustancias que se utilizan como fijadores?
9. ¿Qué factores son los que intervienen para que se lleve a cabo una buena tinción?
10. Los constituyentes de la célula juegan un papel importante dentro de la tinción. ¿Por qué?
11. Señalar los fijadores más usados en histoquímica.
12. Realizar un dibujo de los tejidos observados en el microscopio óptico en (10 x, 40 x, 100x). Así como la toma de fotos.
12. Con base a bibliografía de histología, identificar estructuras de los diferentes tejidos observados.



# 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	22/07/2019	0	103 / 199

### 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. (1999). *¿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. (1991). *Estrategias didácticas para la enseñanza universitaria, 2ª Jornadas de Didáctica Universitaria*, Madrid: Consejo de Universidades, Secretaría General.
- Difiore, M. (1995). *Diagnóstico Histológico*. Buenos Aires, Argentina: Editorial el Ateneo.
- Ham, W. A. (1990). *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.
- Montuenga, B. L., Esteban, R. F.J. y Calvo G. A. (2009). *Técnicas en Histología y Biología Celular*. Barcelona España: Elsevier Masson.
- 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.
- Uría G. E. y Mora-Vázquez, del M. C. (1996) *Apuntes para el Curso Teórico Práctico de Histología Animal*, México D.F.: Instituto Politécnico Nacional.



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>104 / 199</b>

**UNIDAD IV: PLANTAS CON SEMILLA**



# 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	22/07/2019	0	105 / 199

### INTRODUCCIÓN

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

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

Las gimnospermas surgieron en el Paleozoico y alcanzaron su mayor auge durante el Mesozoico; en la Era Cenozoica, estas ya habían sido desplazadas por las plantas con flores (Nabor, 2011). En la actualidad, representan un grupo residual de 15 familias y 900 especies. La taxonomía de este grupo es todavía controversial, se han identifican 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 como carácter diferencial solamente la presencia de primordios seminales desnudos. Nabor (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).

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



# 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	22/07/2019	0	106 / 199

reconocidas como monofiléticas, mientras que las dicotiledóneas son parafileticas constituidas por un grupo basal, las Magnoliidae y las eudicotiledoneas.

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 nucelo de las eudicotiledoneas; las diferencias se presentan en el nivel de clase ya que las dicotiledóneas son un grupo parafiletico y quedan en tres clases: 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 la morfología y la clasificación taxonómica de las plantas con semilla.

### REFERENCIAS

- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for thrororders 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, DF., 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) consultado en abril 2019, de 10.13140/RG.2.1.5128.6168. <https://www.researchgate.net/publication/312232129>
- 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.



# 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	22/07/2019	0	107 / 199

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

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

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

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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	108 / 199

## 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 a una planta es mediante el uso de las claves taxonómicas, que se basa en las diferencias morfológicas entre los grupos de plantas y después en caracteres sucesivos hasta que al final queda 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 o a los mismos órganos o caracteres de la planta que están siendo evaluados (Benítez de Rojas, 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 y 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, por lo que 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.

Una clave taxonómica es generalmente dicotómica y permite con facilidad distinguir entre jerarquías. Su construcción debe basarse en oraciones contrastantes conocidas como coplas, estas se recomiendan 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 las de sangría o corchete donde las proposiciones se alternan con otras nuevas a partir de las básicas y toman para cada rama una disposición vertical en escalera, éstas proposiciones inician a distancias diversas del margen (Benítez de Rojas, 2006; Recio, 2008).



# 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	22/07/2019	0	109 / 199

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, en oraciones afirmativas, caracteres cuantitativos con rangos bien definidos (evitar traslape), no usar comparaciones cuantitativas ambiguas (grande y pequeño), entre otras (Jones, 1987; Cano y Marroquín de la Fuente, 1994). 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 J. B. de Lamark. Las claves dicotómicas siempre tienen una estructura de diagrama de flujo y pueden ser escritas en un formato tanto paralelo como dentado. Cuando se usa una clave dicotómica siempre se debe leer ambas propuestas del par.

En la actualidad, pueden emplearse otras alternativas como lo es la incorporación del uso de herramientas tecnológicas del año 2015, como el software para el desarrollo de mapas conceptuales que permiten elaborar diagramas de claves taxonómicas (ABACo, 2015) que se encuentra en la siguiente dirección electrónica: [www.abatax.abacoac.org/clavesTax\\_lista.php](http://www.abatax.abacoac.org/clavesTax_lista.php), para desarrollar una clave taxonómica©AbaTax (ABACo A.C. Asociación de Biólogos Amigos de la Computación, 2015).

### **MATERIAL Y REACTIVOS**

Agujas de disección

Cajas Petri

Navaja de un solo filo

Pinzas de disección

### **Material biológico**

10 Plantas de diversos géneros y familias

### **EQUIPO**

Microscopio de campo claro

Estereoscopio



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	110 / 199

## SERVICIOS

Tomas de corriente

Tarja con agua

Luz

## PROCEDIMIENTO

A partir del material biológico solicitado, con las diez plantas de diferentes familias y géneros realice 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 que caracteres y estados de carácter 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 observando todos los caracteres que se emplearon en la elaboración de la clave, si por algún motivo los caracteres del individuo que se determina no concuerdan con el de la clave, 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 elabore un esquema, figuras, cuadro comparativo, de cada una para entregar en su reporte.

## CUESTIONARIO

1. Explique por qué son importantes de claves taxonómicas
2. Mencione las diferencias entre una clave artificial y una natural.
3. ¿Las claves taxonómicas reflejan relaciones filogenéticas? Explique.
4. ¿Qué tipo de caracteres deben usarse para construir claves taxonómicas?



# 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	22/07/2019	0	111 / 199

5. ¿Cuáles son las consideraciones generales que se deben seguir para construir claves taxonómicas?

### REFERENCIAS

- ABACo A.C. Asociación de Biólogos Amigos de la Computación. (2015). UNAM, abacoac.org y seres especializados.com. [www.abatax.abacoac.org/clavesTax\_lista.php, para desarrollar unaclave taxonómica© AbaTax].
- Benítez de Rojas, C. (2006). *Botánica Sistemática, Fundamentos para su estudio*. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Maracay.
- Cano, C.G. y Marroquín de la Fuente, J.S. (1994). *Taxonomía de Plantas Superiores*. México, DF., México. Trillas.
- Font-Quer, P. (1985). *Diccionario de Botánica*. Barcelona. Labor.
- Glimn-Lacy, J. y Kaufman, P.B. (2006). *Botany illustrated*. (2ª 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 Bioticos.
- Recio, C.M. (2008). *Manual y guión de prácticas de botánica*. EAC 81. España. Publicaciones de la Universidad de Málaga.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	112 / 199

## PRÁCTICA 16. DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE GIMNOSPERMAS

### OBJETIVO

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

### FUNDAMENTO TEÓRICO

Las gimnospermas se caracterizan por presentar primordios seminales dispuestos sobre brácteas y desnudos, por lo que una vez formadas las semillas, se encuentran totalmente expuestas. Las relaciones filogenéticas entre estos individuos son inciertas (Raven *et al.*, 2005); es un grupo conformado por unas 800 especies, de gran importancia en el nivel mundial, por la extensión de los ecosistemas que dominan (bosques de coníferas), como por su importancia económica (madera y pulpa para papel); por su altura (más de 110 metros), longevidad (más de 4000 años), por ser relictos de bosques antiguos de sur y este de Asia o por estar adaptados a los desiertos (Recio, 2008) y 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 que son: Cycadophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta y Gnetophyta (APG IV, 2016; Cole *et al.*, 2016), son árboles o 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, 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 racimo 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



## MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	113 / 199

**Ginkgophyta:** Es fácilmente reconocible, es un árbol que puede llegar a medir 30 metros, presenta 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 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 es resistente a la contaminación (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; se conoce 70 géneros y 630 especies; 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 mixtos de pino-encino. En esta división se encuentran árboles muy grandes como las metasequoyas gigantes de Norteamérica y algunas especies muy longevas (*Pinus longaeva*); se presentan como individuos dioicos o monoicos y perennifolios que presentan 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, linear oblonga 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. El registro fósil se remonta al período Carbonífero, hace 300 millones de años. 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, 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 que crecen durante toda su vida y que se dividen, se desarrollan en las zonas



# 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	22/07/2019	0	114 / 199

áridas de África. En esta división se encuentran plantas dioicas o 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

Libros relacionados con el tema para consultar los esquemas de las tres familias a trabajar

Muestras biológicas de coníferas

Navaja de un solo filo

Pinzas de disección

Regla graduada en centímetros

### **Material biológico**

Muestras biológicas

Uno o dos ejemplares de docencia

### **EQUIPO**

Microscopio de campo claro

Microscopio estereoscópico

Luz para iluminar las mesas de trabajo

### **SERVICIOS**

Tomas de corriente

Tarja con agua

Luz



# 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	22/07/2019	0	115 / 199

### PROCEDIMIENTO

Se observará el material biológico seleccionado (ramas con hojas y conos de aproximadamente 35 cm, frescos o herborizados) de algunas familias para reconocer las diferencias morfológicas entre ellas como son la forma, tamaño, textura, color, de los órganos reproductivos (conos femeninos y masculinos) y órganos vegetativos (tallo, corteza y hojas) ayudándose con los esquemas del Anexo 3 y de los libros consultados para que al emplear la clave para su determinación sea más fácil seguirla y determinar taxonómicamente a la familia.

### RESULTADOS

Se elaborará un cuadro comparativo con las características morfológicas de cada planta para emplearlo en la determinación de los diferentes ejemplares, también se elaborarán esquemas de todas las estructuras que presenten las plantas y se anexará el nombre de la estructura observada y una breve descripción de las familias determinadas. La información anterior se incorporará al informe de la práctica.

### 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?

### REFERENCIAS

- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for thorders 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) consultado en abril 2019, de 10.13140/RG.2.1.5128.6168. <https://www.researchgate.net/publication/312232129>



# 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	22/07/2019	0	116 / 199

González, M.E. (2014a.) Cycadophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 231-251). México, DF., 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, DF., 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, DF., 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, DF., 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	117 / 199

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

### OBJETIVOS

Reconocer e identificar las características morfológicas de los órganos reproductivos de las plantas con semilla y los órganos que las componen, así como elaborar la fórmula floral de los ejemplares utilizados.

Distinguir y reconocer los tipos de inflorescencias, frutos y semillas, así como las partes que los conforman.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

Las angiospermas, son las plantas vasculares con flores y es el grupo más diverso del Reino Plantae, presentan semillas encerradas en un carpelo que las cubre y protege, que al madurar originará un fruto el cual las contiene. Se conocen cerca de 250 000 especies, su tamaño varía desde apenas 1 cm, como en las lentejas de agua (*Lemna*), hasta más de 100 m como en algunos árboles (*Eucalyptus*) (Benítez de Rojas, 2006; Valencia, 2014).

Las estructuras reproductivas de las plantas tienen un papel importante en la clasificación de las angiospermas. Algunas de las características empleadas para conocer 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.

**Flor:** En las flores se distinguen las siguientes estructuras: pedúnculo, eje que se ensancha en el ápice y que constituye el receptáculo o talamo floral, sobre el cual se insertan las diferentes piezas florales, que al estar dispuestos en conjuntos sucesivos de dos o más elementos situados a la misma altura (nudo) reciben el nombre de verticilos florales. Los dos verticilos más externos son estériles, que funcionan para la protección y atracción, se conocen como sépalos y pétalos; y los dos más internos, que son los fértiles, corresponden a los estambres y carpelos, homólogos a las microsporófilas y megasporófilas. Los sépalos conforman el cáliz, los pétalos la corola, los estambres al androceo y los carpelos al gineceo; 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; las flores pueden ser solitarias o estar agrupadas con otras flores en una estructura conocida como inflorescencia (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014).



# 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	22/07/2019	0	118 / 199

La flor también se define como un brote de crecimiento limitado, 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, Jáquez, Bonfil y Sandoval, 2010).

En el androceo, el filamento presenta epidermis con cutícula y en ocasiones con presencia de tricomas, parénquima en donde sus células están separadas por espacios intercelulares pequeños 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, 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 un conectivo cuyas células más cercanas al tejido esporógeno de los sacos polínicos están altamente especializados 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).

**Inflorescencia:** Es la agrupación de flores en un sistema de ramas floríferas, en la cual las flores suelen ir acompañadas de brácteas o hipsófilos a veces de carácter foliáceo muy evidentes, o bien con carácter petaloide como el caso de *Bougainville spectabilis* (bugambilia) o reducidas a películas escariosas. También se puede definir la inflorescencia, como el ordenamiento flores en ramas floríferas, el eje de una inflorescencia se llama pedúnculo; la clasificación más común es en simples, las que presentan un solo eje o bien, compuestas por dos o más ejes (Raven *et al.*, 2005; Valencia, 2014). Se define como un conjunto de flores que origina un sistema de ramificación (Font-Quer, 1985).

**Fruto:** Es la estructura protectora que contiene a las semillas y 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 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



# 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	22/07/2019	0	119 / 199

como un ovario desarrollado y maduro en donde pueden diferenciarse a veces tres capas: epicarpo o epicarpio o exocarpo o exocarpio, mesocarpo o mesocarpio y 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).

**Semilla:** 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), formado 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, de 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; y 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 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 REACTIVO**

Agujas de disección

Cajas de Petri

Claves botánicas de frutos

Cubreobjetos

Libros relacionados con el tema para consultar los esquemas de las familias a trabajar

Navaja de un solo filo

Pinzas de disección

Portaobjetos

Regla graduada en centímetros

### **Material biológico**



# 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	22/07/2019	0	120 / 199

Muestras biológicas

Ejemplares de docencia

Muestras biológicas de flores, inflorescencias, frutos y semillas

### **EQUIPO**

Microscopio de campo claro

Microscopio estereoscópico

### **SERVICIOS**

Tomas de corriente de luz

Tarja con agua

Luz

### **PROCEDIMIENTO**

Se esquematizarán cada una de las muestras de flores solicitadas y se señalará la ubicación de sépalos, pétalos, estambres y carpelos. A cada una de las flores se le realizará una descripción para conocer sus estructuras, se sugiere que se realice de la siguiente manera; primero se observará si presenta perianto o perigonio; si presenta perianto se describirá el cáliz y corola para conocer el número de piezas que lo conforman y si están libres o fusionados; si está presente el perigonio, se contará el número de tépalos y si están libres o fusionados; a estas estructuras estériles se les determinará su simetría y el tipo de prefloración que presentan; después se describirán los verticilos fértiles empezando por el androceo: se contará el número de estambres, se anotará si son libres o fusionados y a que verticilo se encuentran unidos, si son fértiles o estériles; al final se describirá el gineceo, se reconocerá si es apocárpico o sincárpico, si el ovario es súpero, ínfero o semi-ínfero; se realizarán cortes transversales para determinar el número de lóculos, número de carpelos y el tipo de placentación. Con estas observaciones se determinará si las flores son completas o incompletas, perfectas e imperfectas y se elaborará la fórmula floral. Después se analizarán las muestras de las flores por tipo de inflorescencia y se indicará el nombre de éstas de acuerdo con los esquemas que se muestran en los libros solicitados, puede ayudarse con los esquemas del Anexo 3.



# 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	22/07/2019	0	121 / 199

Para los frutos es importante que se realicen cortes transversales con el fin de reconocer en un fruto las capas que lo forman; en frutos carnosos se ubicará el pericarpio y sus diferentes capas: epicarpio, mesocarpio y endocarpio; en frutos secos se ubicará el pericarpio y se distinguirá entre dehiscentes e indehiscentes. Con la ayuda de la clave se determinará el tipo de fruto al cual pertenece cada uno de los ejemplares trabajados; se esquematizará cualquier estructura accesoria que presenten, ayúdese con los esquemas del Anexo 3.

Se describirán las estructuras externas de las semillas, se esquematizará el hilo, micrópilo, rafe, testa y si está presente la carúncula y arilo. Se mencionará si presentan alguna adaptación para la dispersión como alas, ganchos y plumas. Se realizará un corte para reconocer el cotiledón, plúmula, radícula, eje embrionario y endospermo, de ser posible, puede ayudarse con los esquemas del Anexo 3.

Si es necesario, con parte del material biológico se elaborarán laminillas para su observación en el microscopio de campo claro, para lo cual el material se colocará en un portaobjetos, se extenderán los cortes con agua de la llave, finalmente se observarán y describirán los tejidos y células. Al finalizar se realizará una comparación de las características anatómicas de cada órgano y enfatizarán las diferencias.

### RESULTADOS

A partir del material biológico solicitado, con las flores se elaborará un cuadro comparativo, en donde las columnas representen las flores y las filas serán las estructuras y formas que se observaron de cada verticilo, se incluirá el tipo de inflorescencia. Todo el material debe estar esquematizado con el nombre de las estructuras. Al final de las columnas se agregará la fórmula floral, además de indicar si la flor es hipógina, perígina o epígina. Los esquemas de los frutos deberán completarse con el nombre botánico que recibe de acuerdo con la clave empleada y mencionar si son simples, compuestos, agregados o múltiples, se debe resaltar las diferencias entre un fruto carnosos y uno seco. Los esquemas de las semillas deberán contener las diferentes estructuras que presentan con la terminología adecuada.

### CUESTIONARIO

1. Mencione la importancia de las flores.
2. Diga la importancia evolutiva de la adnación de estructuras en la flor.



# 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	22/07/2019	0	122 / 199

3. Mencione una clasificación de las inflorescencias.
4. Desde el punto de vista evolutivo, indique el origen de las flores.
5. ¿Por qué son importantes los frutos y las semillas en las plantas con flores?
6. Mencione cuales son las diferencias entre un fruto carnoso y uno seco.
7. Mencione a las estructuras que componen de manera general a las semillas.

### REFERENCIAS

- Azcárraga, R.M. del R., Jáquez, R.M.P., Bonfil, C.A. y Sandoval, Z.E. (2010). *Atlas de anatomía vegetal*. México, DF., México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.
- Benítez de Rojas, C. (2006). *Botánica Sistemática, fundamentos para su estudio*. Venezuela. 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, DF., México. Facultad de Ciencias, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.
- 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, DF., México. Facultad de Ciencias, Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.
- Martínez, G.M. y Fragoso, M.I. (2014). Magnoliophyta. En Valencia, A.S. (Ed.). *Introducción a las embriofitas* (pp. 311-369). México, DF., 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 Bioticos.
- Raven, P.H., Evert, R.F y Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. USA. (7ª ed.). W.H. Freeman and Company Publishers.



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>123 / 199</b>

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	22/07/2019	0	124 / 199

## 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 manejar las claves taxonómicas para la determinación del grupo.

### FUNDAMENTO TEÓRICO

Las angiospermas es el grupo de plantas con flores más diverso, 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. 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 (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; Magnólicas, 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, herbáceas y el 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



# 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	22/07/2019	0	125 / 199

libres y algunas con adnaciones, hojas con nervaduras paralelas y atactostele (Raven *et al.*, 2005; Martínez y Fragoso, 2014).

**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 REACTIVOS**

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 de luz

Tarja con agua

Luz



# 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	22/07/2019	0	126 / 199

### PROCEDIMIENTO

Se observará el ejemplar completo y se reconocerán los diferentes órganos y su disposición; si se encuentra prensado, se realizará una rehidratación, se introducirán las flores en agua caliente o solución jabonosa y con la ayuda de claves taxonómicas, se reconocerán las diferentes características morfológicas para determinar cada ejemplar hasta familia (clave en el anexo 3).

### RESULTADOS

Hasta donde sea posible, se indicará el nombre científico y se elaborará un cuadro comparativo con las características morfológicas observadas en los diferentes ejemplares.

### CUESTIONARIO

1. ¿Cuáles son las características taxonómicas útiles para la determinación taxonómica de las angiospermas?
2. Explique porque las angiospermas son un grupo monofilético.
3. ¿Cuáles son los caracteres taxonómicos que distinguen entre los cuatro grupos de angiospermas?
4. Menciona las diferencias entre flores apétalas, polipétalas y simpétalas.

### REFERENCIAS

- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for thorders 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) consultado en abril 2019, de 10.13140/RG.2.1.5128.6168. <https://www.researchgate.net/publication/312232129>
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogs, E.A., Stevens P.F. y Donoghue, M.J. (2002). *Plant Systematics: A Phylogenetics Approach*. (2<sup>a</sup> ed.). Sunderland, M.A., Sinauer Associates, Inc., Publishers.



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>127 / 199</b>

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

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



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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>128 / 199</b>

**UNIDAD V: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	129 / 199

## 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 la aplicación en campo de los conocimientos adquiridos en las prácticas 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 los datos relevantes obtenidos en la revisión biblio–hemerográfica, así como las observaciones cuantitativas y cualitativas que se tengan durante el desarrollo de la investigación, congruente con la planeación de actividades.

El proyecto desarrollará lo siguientes rubros:

**Título:** debe ser sintético y preciso el cual responda dos preguntas: ¿qué? y ¿dónde?, se desarrollará en alguna de las unidades involucradas.

**Introducción:** en este 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, que debe ser actualizada, crítica y selectiva, de tal manera que se muestre que el alumno distingue la literatura relevante para la problemática abordada. 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:** en este 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 que se va a estudiar, por qué y para que se investiga, se realiza formulando preguntas claras y concisas. Es importante explicar las escalas de



# 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	22/07/2019	0	130 / 199

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 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 considera como la finalidad cualitativa y cada uno de ellos debe plantear de una manera clara y concisa los logros que se esperan en los recursos físicos, financieros y humanos disponibles.

**Diseño de la investigación (procedimiento):** incluye el plan de trabajo, así como las técnicas a emplear en la investigación, mencionar el enfoque teórico de la metodología y especificar si la investigación es un estudio de caso o si pretende tener un nivel de generalidad o de extrapolaridad 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, aunque no siempre es posible obtener datos suficientes para realizar este diseño y sirve para fundamentar la validez de los datos que se generen.

**Cronograma de actividades:** especifica las actividades más relevantes, las sesiones y las actividades que se desarrollarán en las diferentes fases del proyecto de investigación.

**Referencias:** se enlistarán con apego al sistema APA.

Al término del proyecto, el alumno entregará un informe final que incluya los rubros mencionados anteriormente y añadirá como primera hoja un **resumen**, donde se presente la problemática en un contexto general. No deben incluirse citas bibliográficas y su extensión no debe ser mayor de una cuartilla. Además de incluir:

**Resultados:** en este 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:** en este se realiza un contraste entre los resultados obtenidos y otros trabajos consultados para contrastar nuestros resultados y validarlos. En esta etapa



# 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	22/07/2019	0	131 / 199

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:** son las aseveraciones finales:

Deben ser lo suficientemente general como para ajustarse a todos los datos relacionados

Deben ser concretas como para definir posibles excepciones y conocer que datos son aceptables o no

Ser consistente y basarse en los objetivos e hipótesis que se plantearon

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



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	132 / 199

## EVALUACIÓN DE LA ASIGNATURA

Cada unidad conforma el 12.5 % de la evaluación de la asignatura sumando un total del 50% de la calificación total. En cada unidad se evaluarán los siguientes rubros:

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

El 50% restante corresponde al desarrollo de un proyecto de investigación que comprenderá al menos un área de conocimiento del LIF IV.

El uso de bata, manual de prácticas del LIF IV, material biológico, bibliográfico y bitácora de laboratorio y de campo son obligatorios. Cada informe deberá tener una extensión de 5-8 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. Incluirá introducción, la cual 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), discusión, conclusiones, citadas y referencia.

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 una semana 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.



# 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	22/07/2019	0	133 / 199

### 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

1. Uso obligatorio de bata de algodón abotonada.
2. Uso obligatorio de zapato cerrado y cabello recogido.
3. No trabajar solo.
4. Trabajar con asesoría continua.
5. Tener disponible el carnet del seguro social.
6. Prohibido fumar.
7. Prohibido usar audífonos.
8. Prohibido consumir bebidas y alimentos.
9. Prohibido correr y jugar dentro de laboratorio.
10. Si usa lentes de contacto, deberá usar gafas de seguridad.
11. No colocar mochilas sobre la mesa de trabajo, deberán estar en el lugar destinado para este fin.
12. No trabajar bajo el influjo de estupefaciente, alcohol o medicamentos que no permitan la manipulación adecuada de los materiales y equipo.
13. No recibir visitas y personas ajenas al grupo.
14. Es obligatorio cumplir con el reglamento interno de cada laboratorio.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	134 / 199

## 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 tipode 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 limpia 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. 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.
9. Cuando se manejen ácidos o sustancias tóxicas volátiles se usará la campana de extracción, misma que deberá de quedar limpia después de usarla.
10. No verter en la tarja los residuos de las prácticas y experimentos, se deberán recolectar en el frasco adecuado y etiquetarlo.
11. No realizar mezclas en frascos que no estén etiquetados adecuadamente.
12. Evitar el uso de detergentes fosfatados y utilizar la menor cantidad de agua posible para el lavado del material.
13. **No** deberá guardar los reactivos que se proporcionen para el desarrollo de la práctica ya que el uso es para todos, ni solicitarlos con más de dos horas de anticipación.
14. No obstaculizar las áreas comunes con objetos que eviten el libre tránsito en los pasillos.
15. El material devuelto al interlaboratorio, deberá estar limpio y seco.



# 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
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>135 / 199</b>

16. 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.

17. 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.

18. En caso de que el equipo de laboratorio no funcione, deberá reportarse de inmediato al asesor y al Secretario Técnico para su revisión.

19. El equipo de laboratorio y campo podrá usarse hasta que esté seguro de su manejo o con ayuda del asesor.

20. Cada grupo (equipo) de trabajo deberá contar con el material básico que se enlista al final, éste no será proporcionado por el interlaboratorio.

21. 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.

22. 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.

23. 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.

24. Cada equipo de trabajo mantendrá únicamente la gaveta que le fue asignada y no podrá tomar ninguna otra aunque esté desocupada.

25. Desocupar y dejar limpias las gavetas a más tardar al finalizar la segunda vuelta de exámenes finales del semestre respectivo, en caso contrario se abrirán y el material que se encuentre, pasará a formar parte de la Carrera.

26. 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.

27. No se prestará material ni equipo a los alumnos en ausencia del profesor correspondiente.

28. Se deberá trabajar únicamente en el horario asignado al grupo. Cuando la práctica requiera de más tiempo, el profesor informará a la Secretaría Técnica.

29. Se podrá proporcionar material adicional sólo en 3 ocasiones durante la práctica.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	136 / 199

30. 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-FP004-02.

## 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.
6. La autorización del material, equipo y reactivos será de la siguiente forma:
  - a) Autorización por un plazo no mayor a 12 horas con firma del profesor responsable del grupo o la práctica.
  - b) 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.



# 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	22/07/2019	0	137 / 199

### **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.

### **SANCIONES**

1. 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.

2. Se suspenderá el servicio totalmente cuando el alumno sea reincidente.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	138 / 199

## 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 vigente correspondiente.

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 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.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	139 / 199

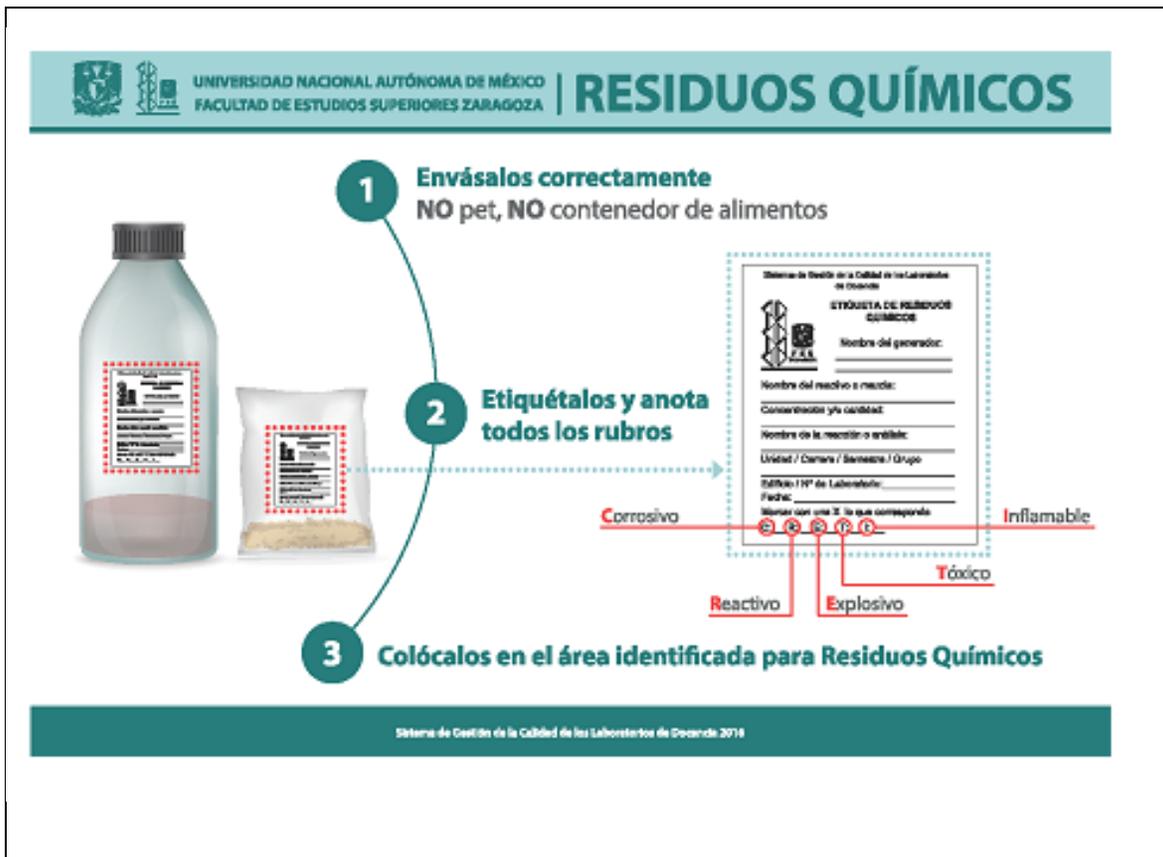


Figura A. Etiquetado de residuos peligrosos.

### 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.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	140 / 199

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 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.



# 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	22/07/2019	0	141 / 199

### **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 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, al final de la cancha de fútbol de la Facultad para que se incorporen a la composta que ahí se elabora.



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS  
LABORATORIOS DE DOCENCIA



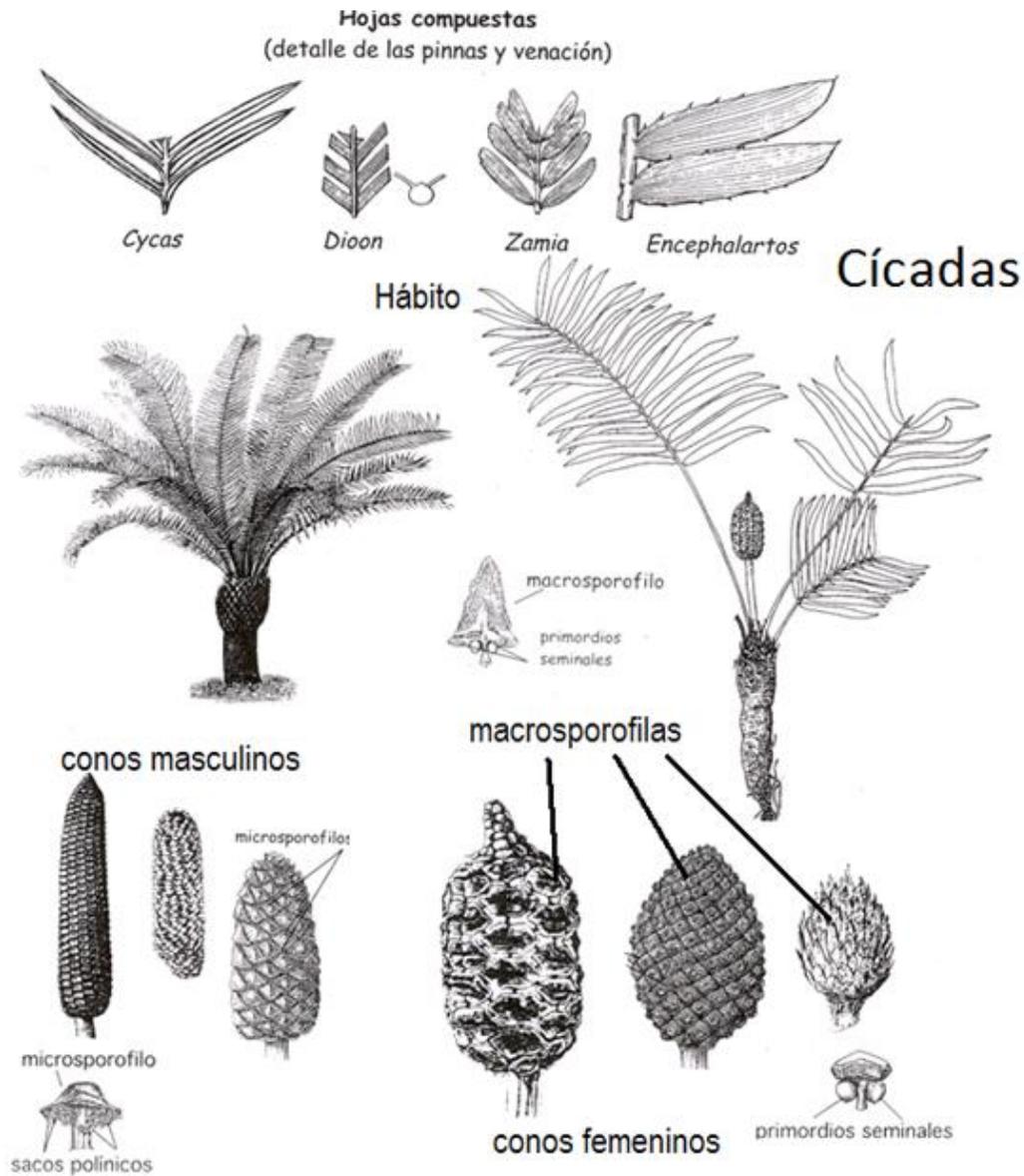
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
<b>SGC-FESZ-BIO-ML04</b>	<b>22/07/2019</b>	<b>0</b>	<b>142 / 199</b>

**ANEXO 1. PLANTAS CON SEMILLA**

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

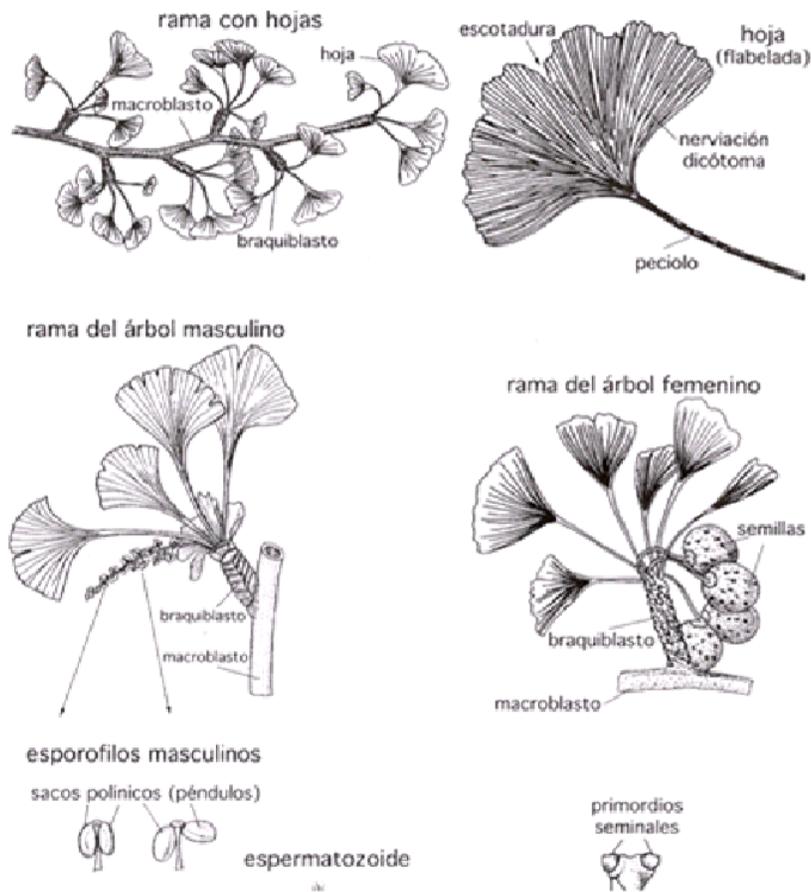
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	143 / 199



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

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	144 / 199

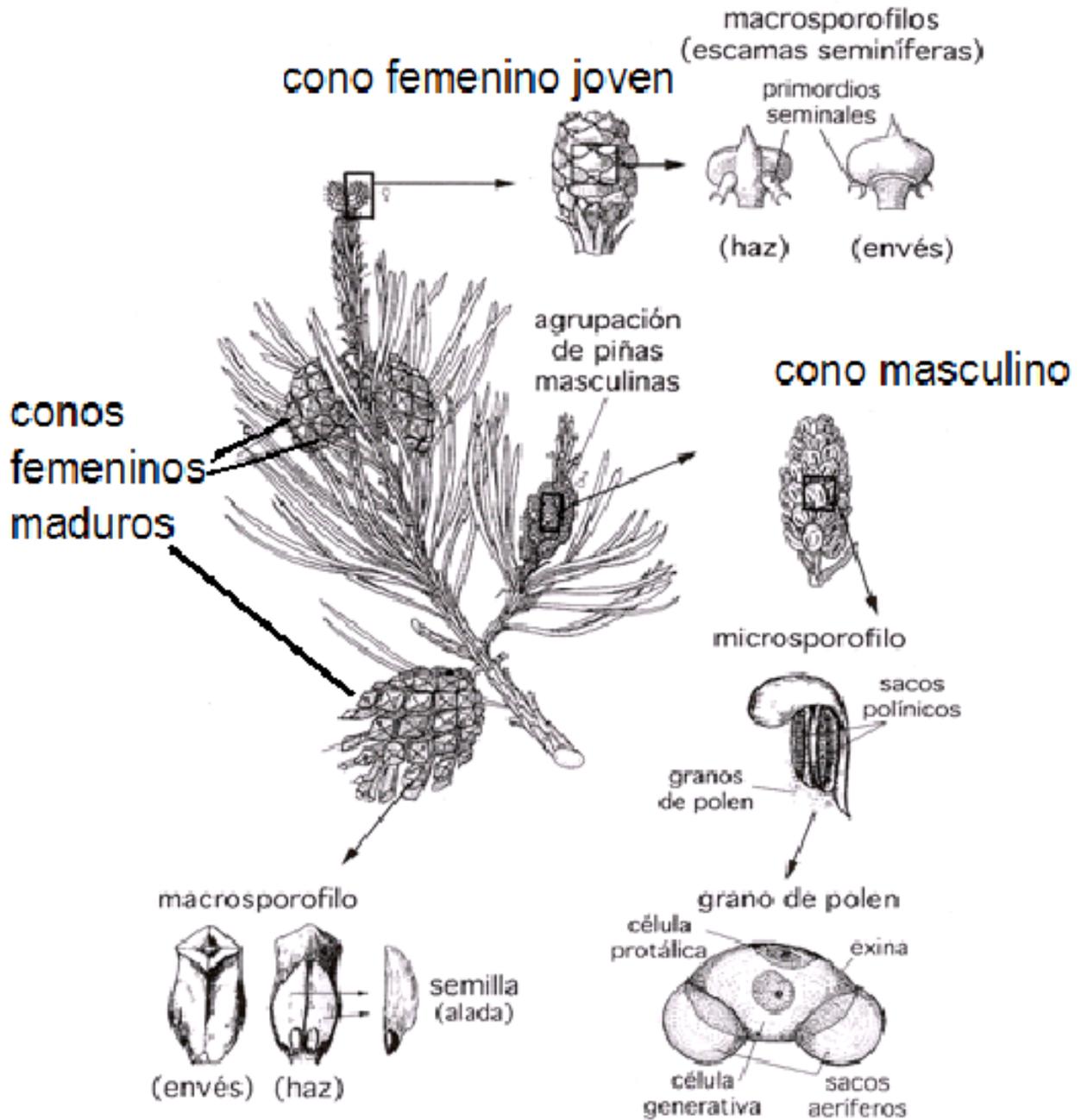
## *Ginkgo biloba*



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	22/07/2019	0	145 / 199

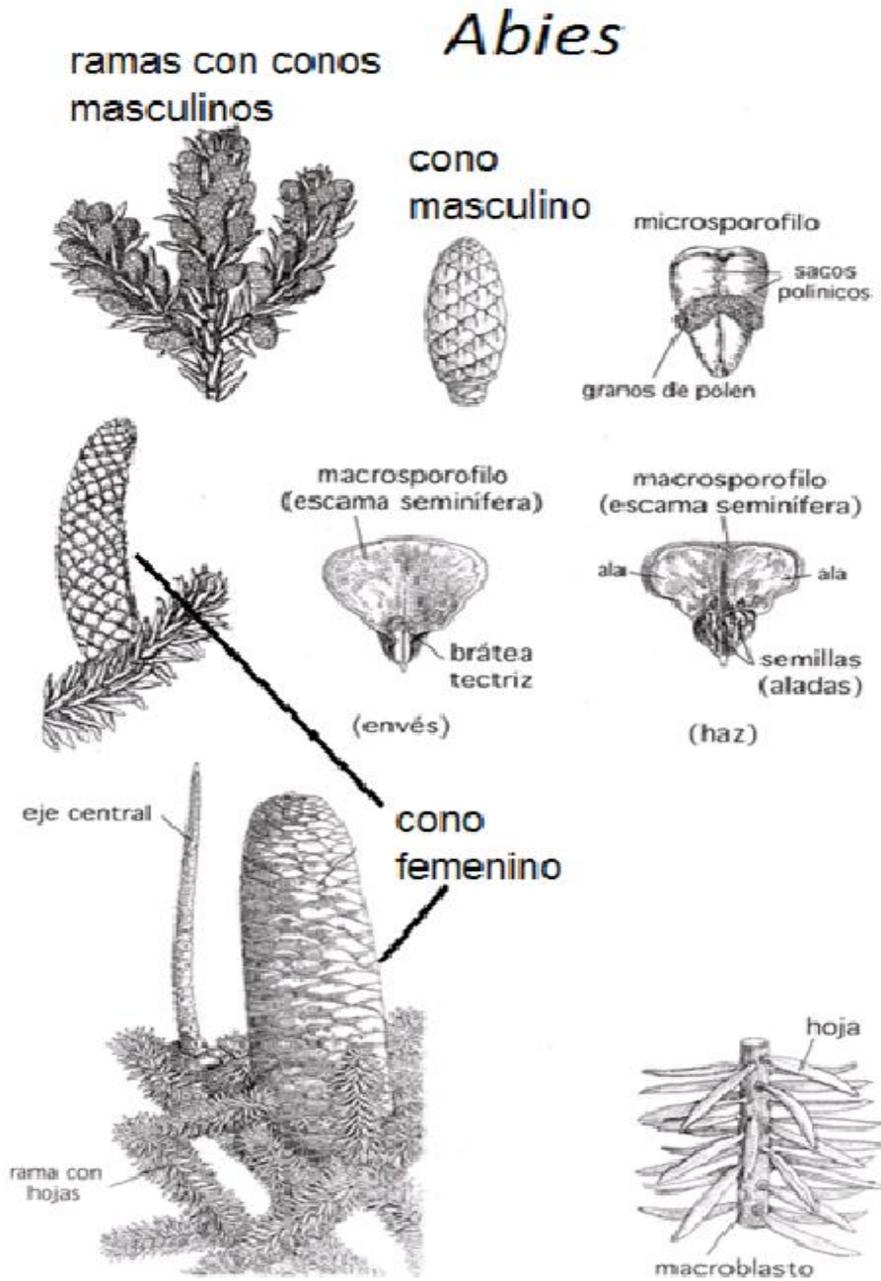
# Pinus



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

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

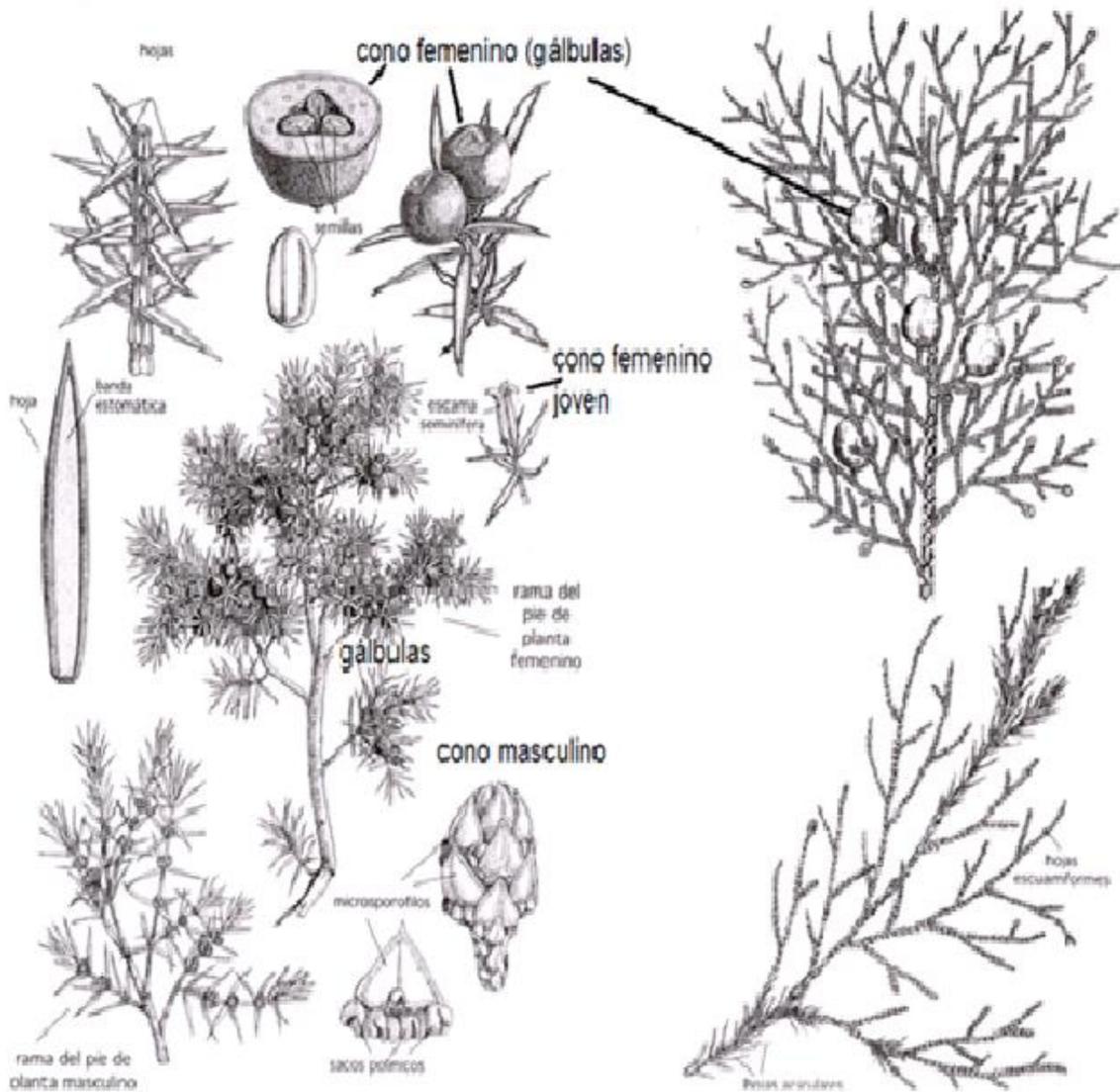
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	146 / 199



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

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	147 / 199

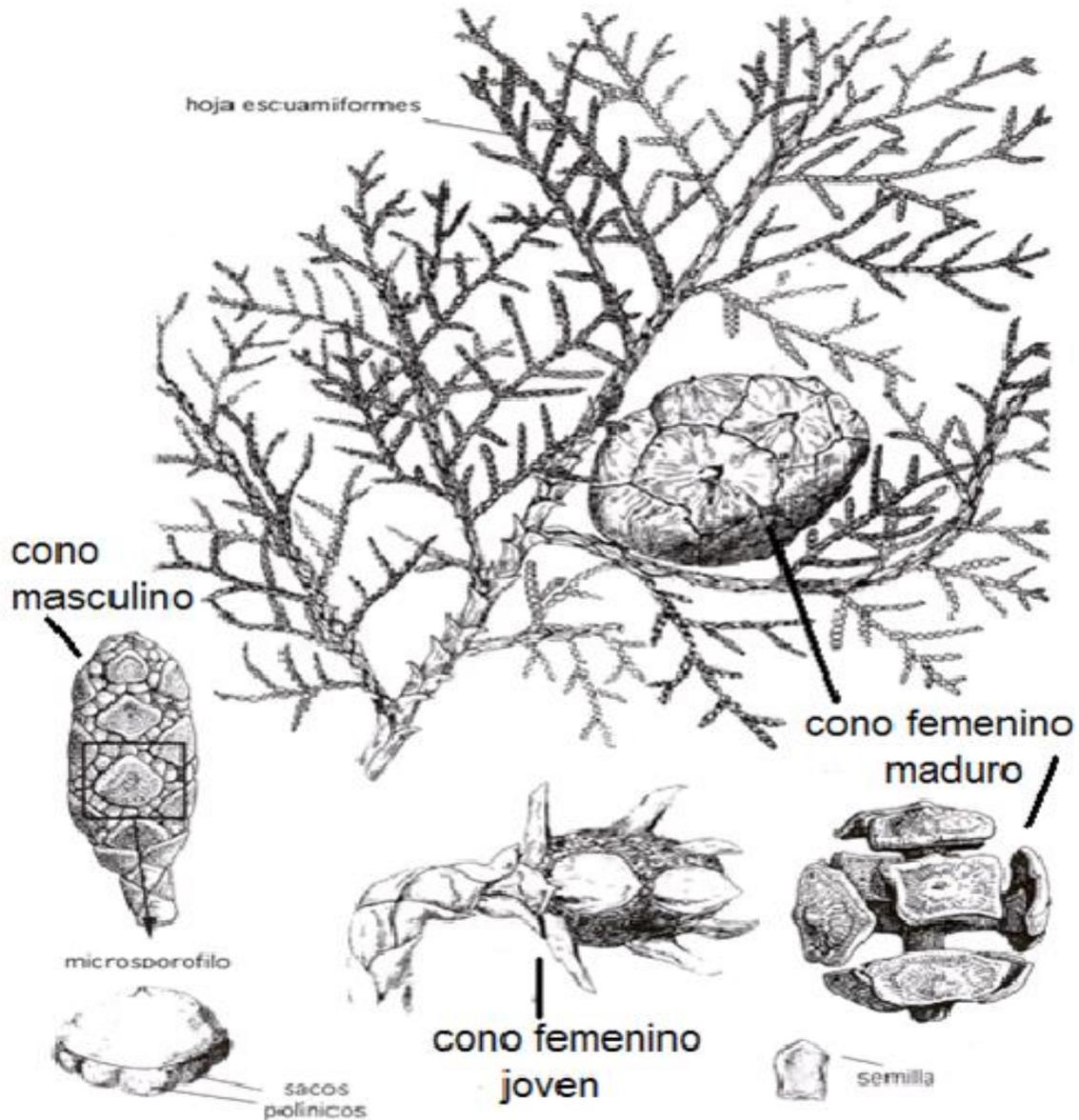
## *Juniperus*



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

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	148 / 199

## Cupressus

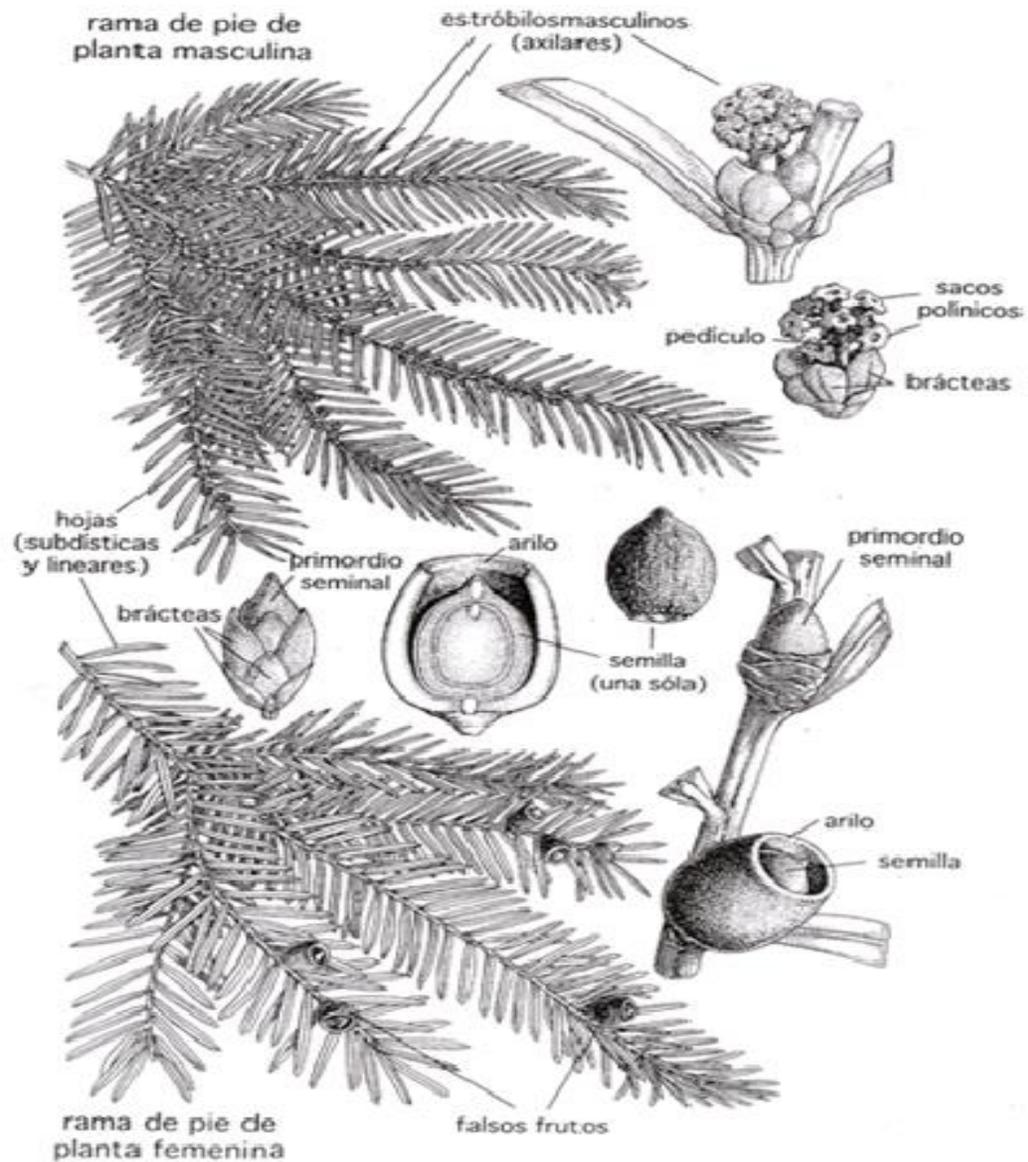


Tomado y modificado de Ceballos, 1971 y Castroviejo *et al.*, 1986

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	149 / 199

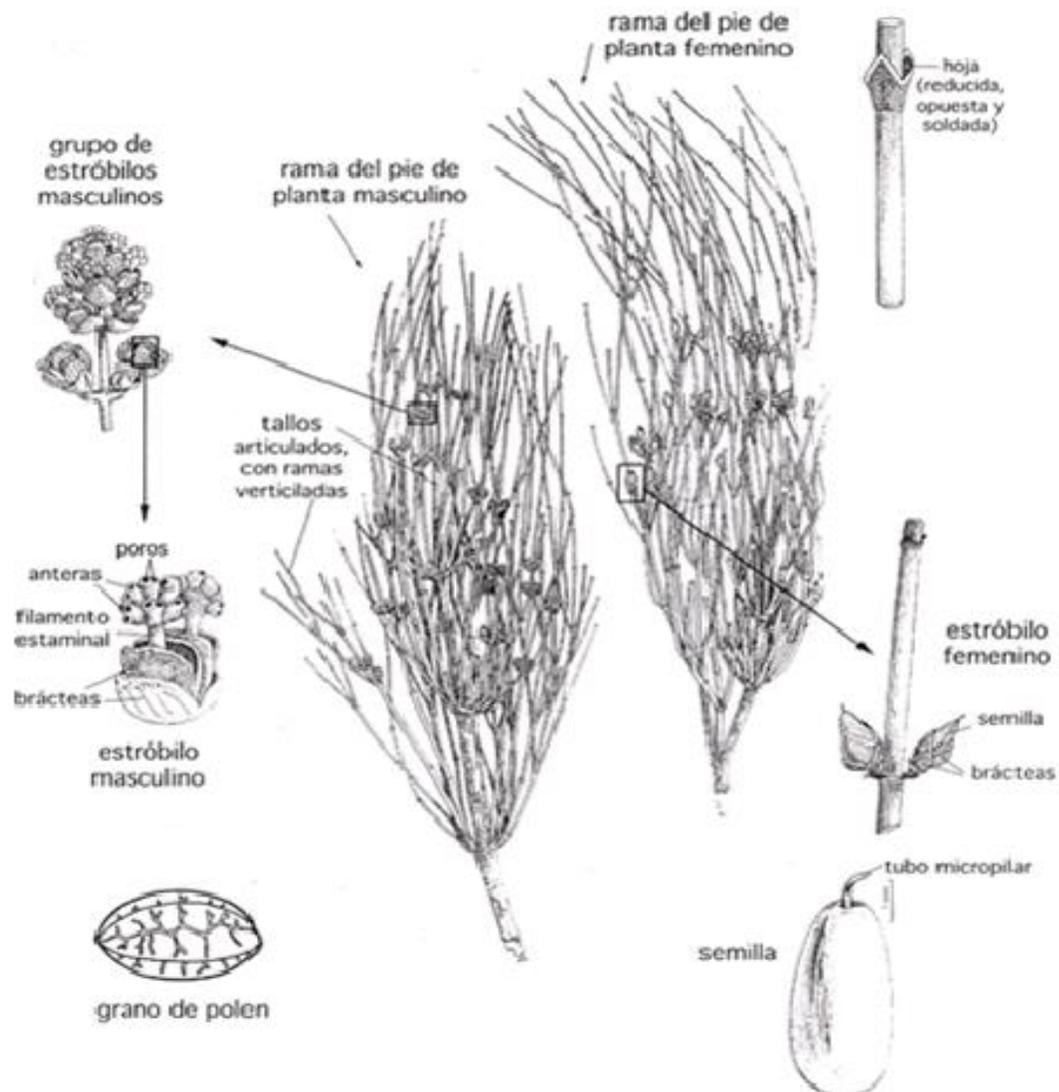
## Taxus



Tomado y modificado de Castroviejo et al., 1986

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	150 / 199

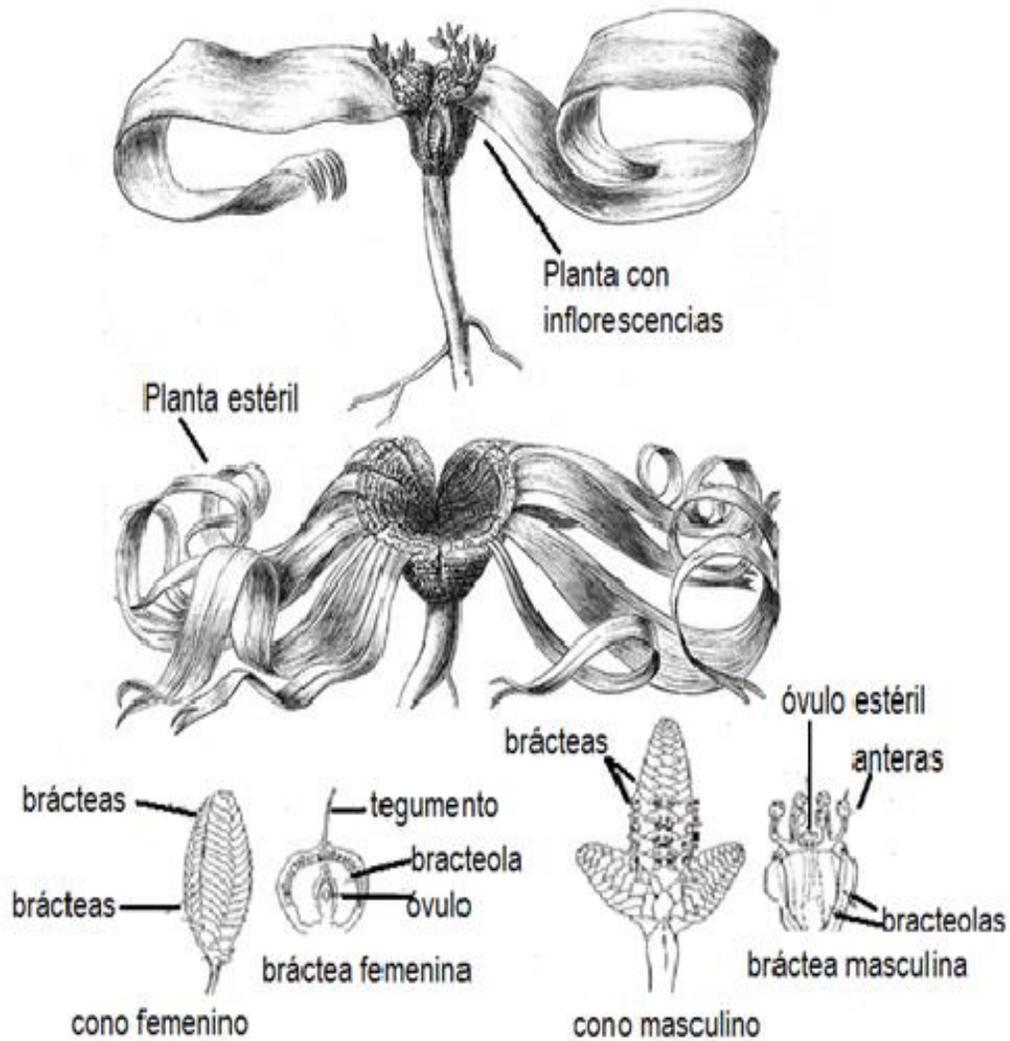
# Ephedra



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	22/07/2019	0	151 / 199

## Welwitschia

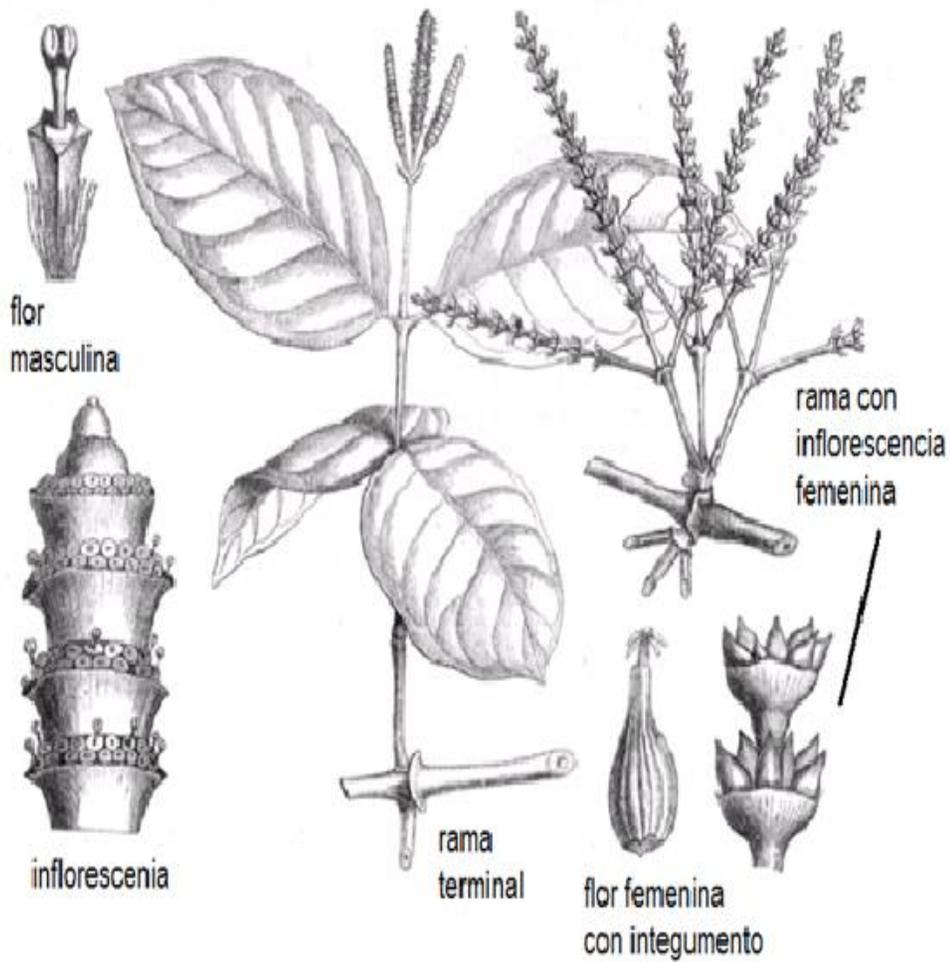


Tomado y modificado de Strasburger *et al.*, 1994 y Scagel *et al.*, 1987

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	152 / 199

## *Gnetum*



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



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	22/07/2019	0	153 / 199

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

1. Plantas dioicas; hojas pinnadas, foliolos 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 escuamiformes

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 escuamiformes 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 brácteas 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 brácteas; semillas insertas debajo de escamas de los conos, las brácteas leñosas (carnosas y coalescentes en *Juniperus*), o semillas solitarias y no cubiertas por brácteas 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 escuamiformes, extendidas en un solo plano o no, con canales resiníferos

5. 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 escuamiformes 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**

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



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS  
LABORATORIOS DE DOCENCIA



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

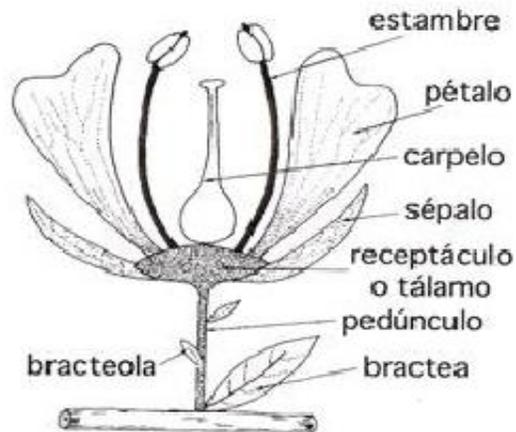
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	154 / 199

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

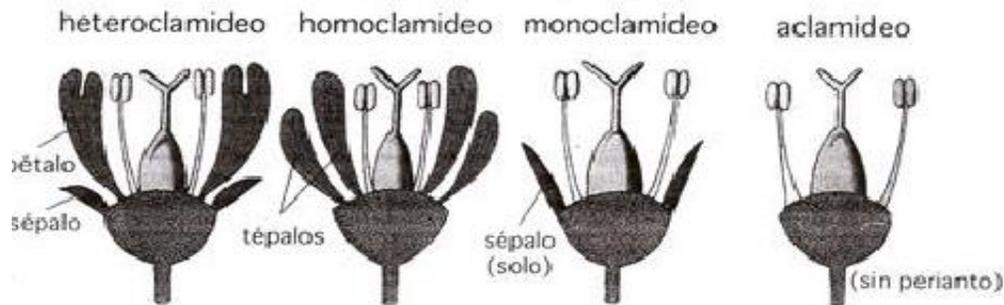
6. Hoja lanceoladas.....**Podocarpaceae**

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	155 / 199

### PARTES DE UNA FLOR



### Tipos de perianto



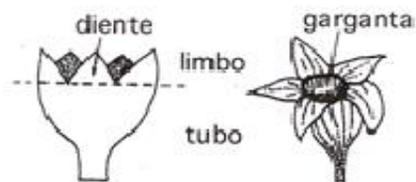
### CÁLIZ

Tipos de cáliz según la concrecencia:

cáliz dialisépalo  
(sépalos libres)



cáliz gamosépalo  
(sépalos soldados)



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

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

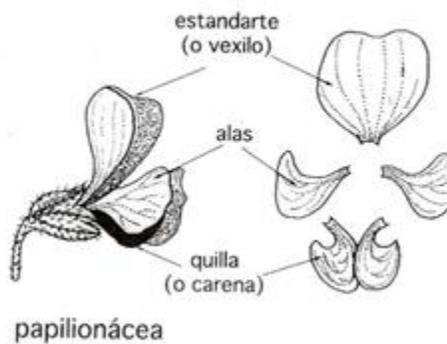
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	156 / 199

Formas-tipos de cáliz gamosépalo:



**COROLA**

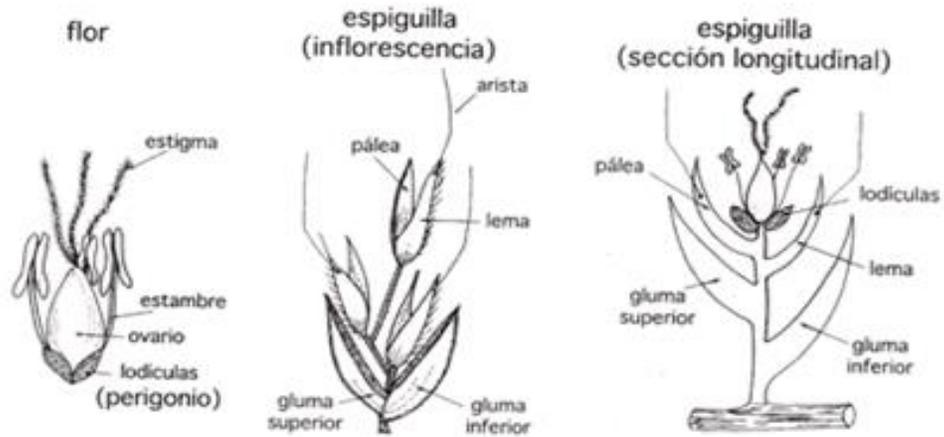
Formas-tipos de corolas dialipétalas (pétalos libres):



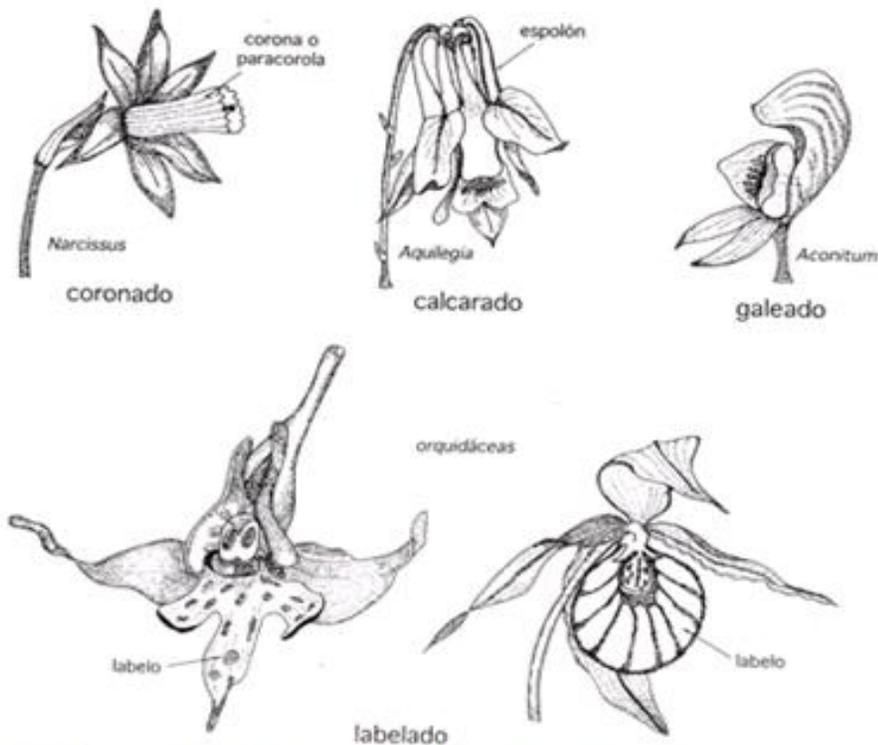
Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Conesa *et al.*, 1997.

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	157 / 199

## 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	22/07/2019	0	158 / 199

## *PREFLORACIÓN*



abierta



valvar



contorta o retorcida



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



imbricada

**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	22/07/2019	0	159 / 199

# 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)



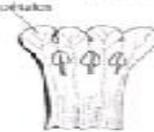
Androceo diadelfo (sold. por los filamentos) (2 haces)



Androceo singenésico (soldado por las anteras)



Androceo petalostémico (estambres epipétalos)



Androceo ginostemial (flor ginandra)



## Tipos de dehiscencia de la antera

longitudinal



poricida



valvar



transversal



dehiscencia introrsa



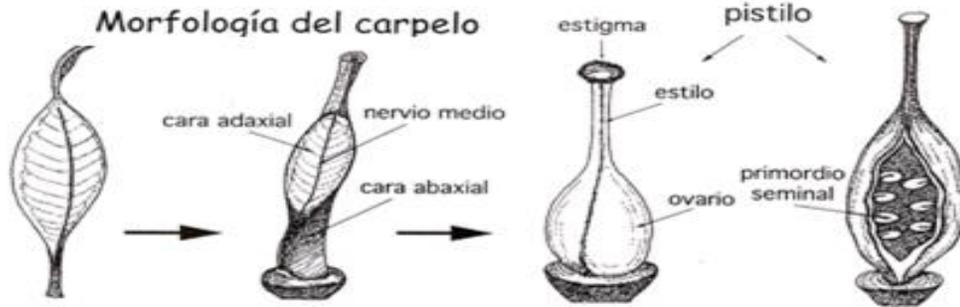
dehiscencia extrorsa



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	160 / 199

## GINECEO

### Morfología del carpelo



### Tipos-formas de estilos



### Tipos-formas de estigmas



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	22/07/2019	0	161 / 199

**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**

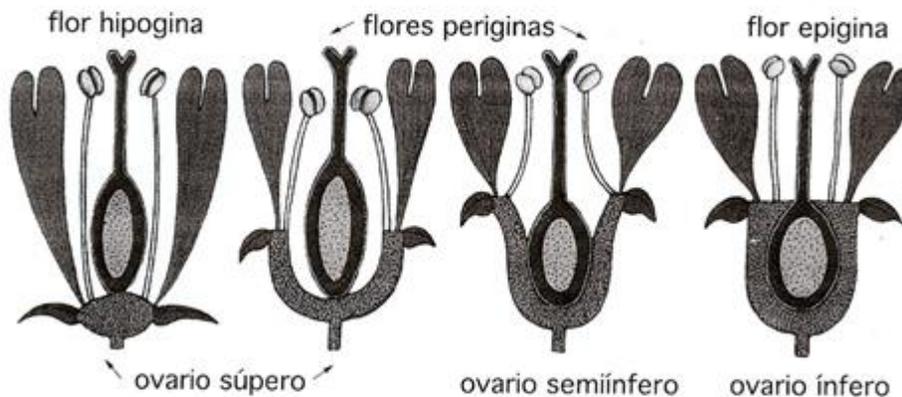
**G = gineceo**

**P = perigonio**

**G = ovario súpero     $\overline{\text{G}}$  = 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**

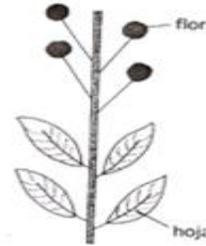
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	162 / 199

## INFLORESCENCIAS

### Inflorescencia bracteada

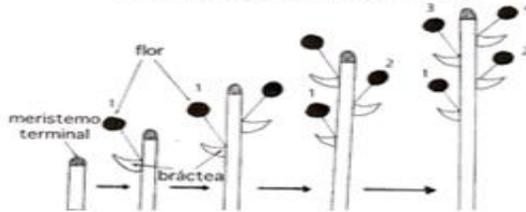


### Inflorescencia no bracteada

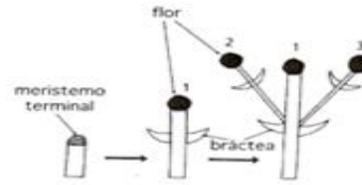


### Tipos básicos de inflorescencia

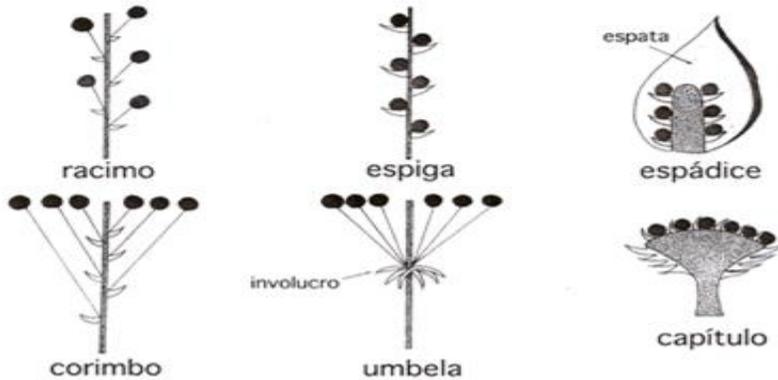
#### racemosas o indefinidas



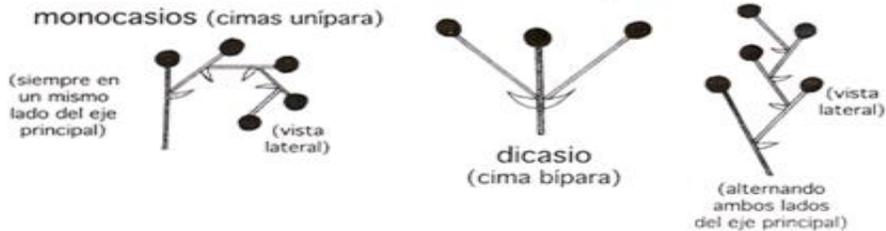
#### cimosas o definidas



### Tipos de inflorescencias simples racemosas



### Tipos de inflorescencias simples cimosas

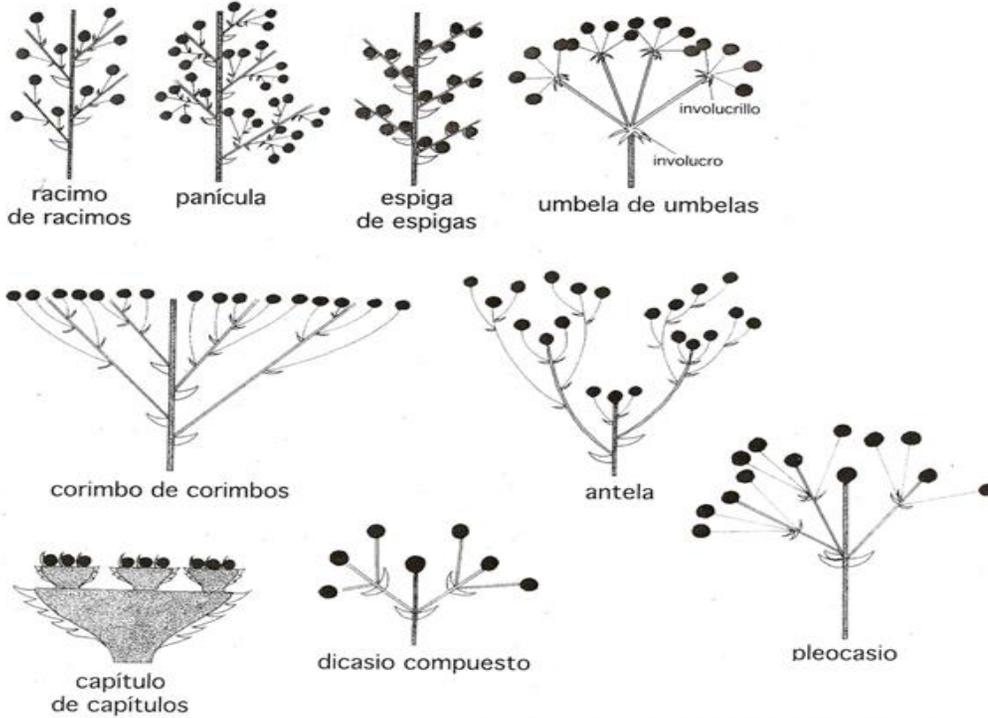


Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999

MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

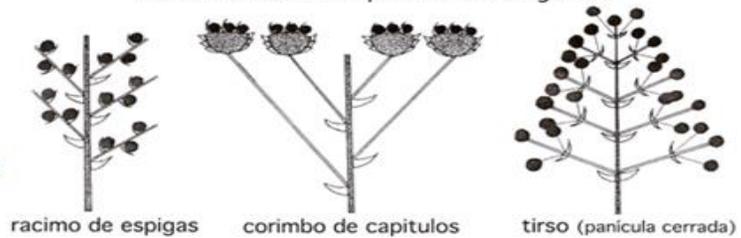
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	163 / 199

Inflorescencias compuestas homogéneas

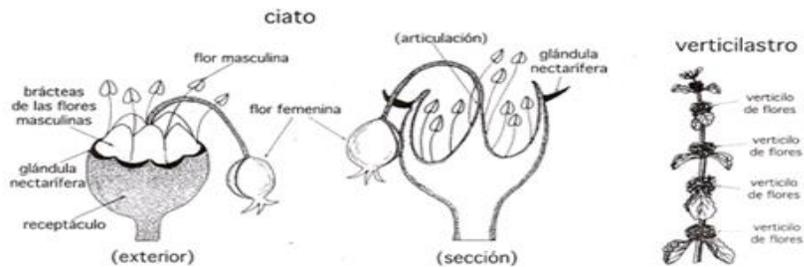


Inflorescencias compuestas heterogéneas

Tomado y modificado  
de Pérez Morales, 1999



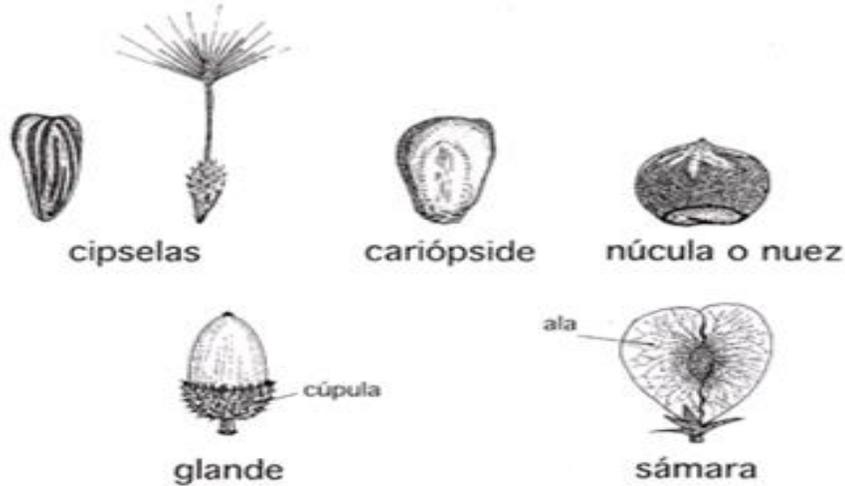
Inflorescencias complejas



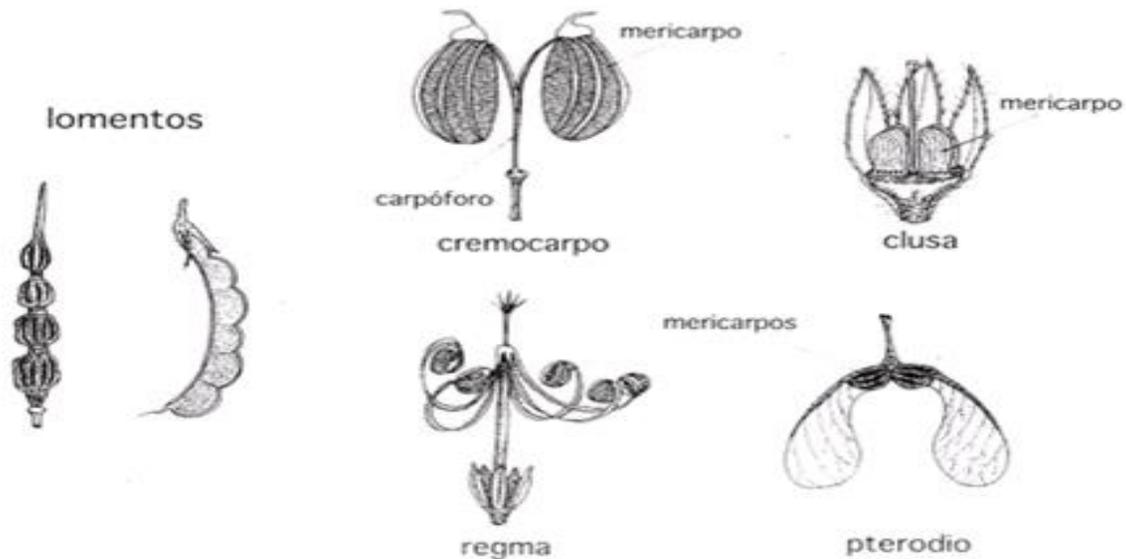
Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	164 / 199

## FRUTO

### Frutos secos indehiscentes monospermos: Aquenios



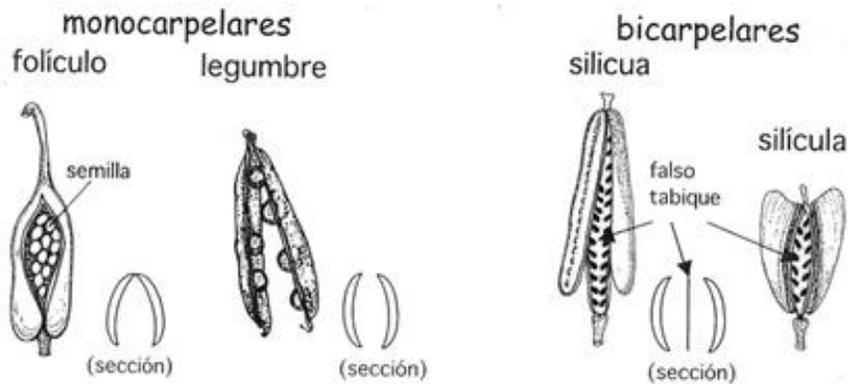
### Frutos secos indehiscentes plurispermos y fragmentables esquizocarpos



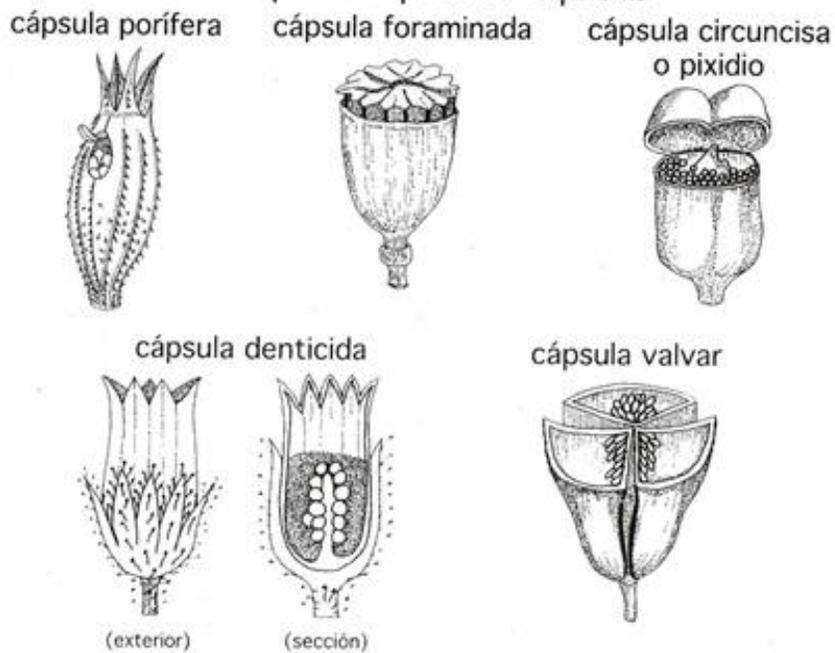
Tomado de Pérez Morales, 1999

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	165 / 199

### Frutos secos dehiscentes



### bi- o pluri-carpelares: cápsulas

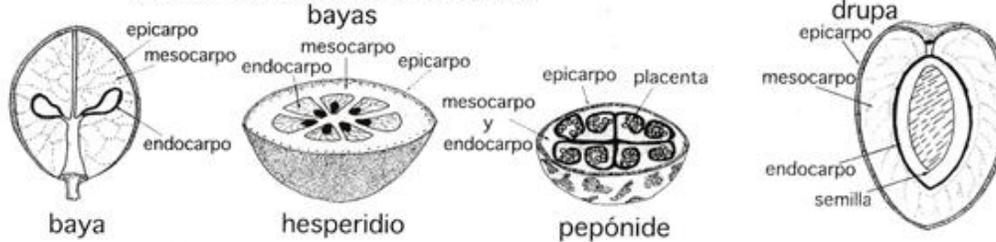


Tomado de Pérez Morales, 1999; Conesa et al., 1997

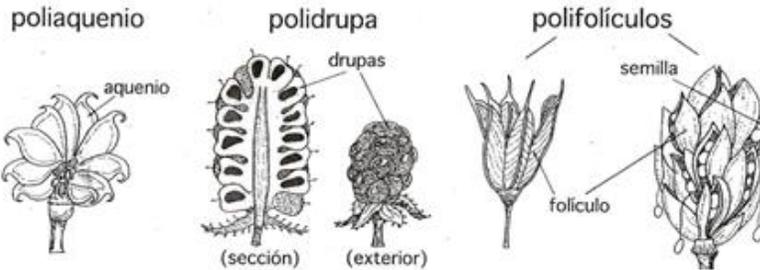
MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	166 / 199

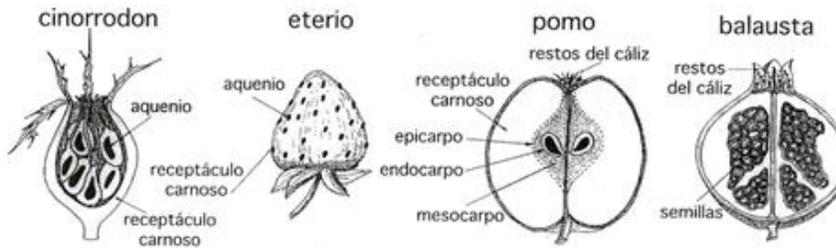
Frutos carnosos indehiscentes



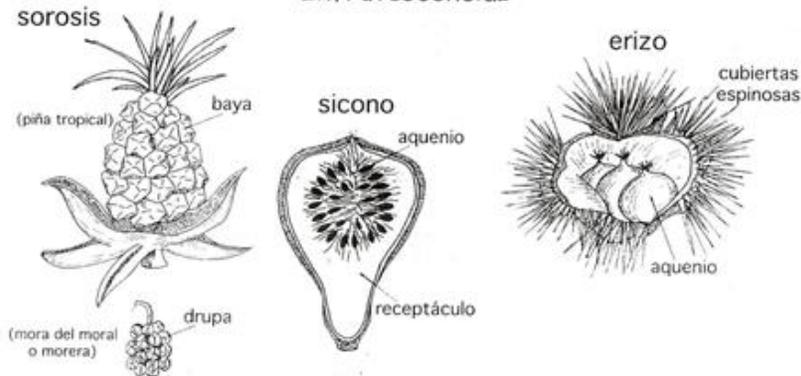
Frutos múltiples



Frutos complejos



Infrutescencias

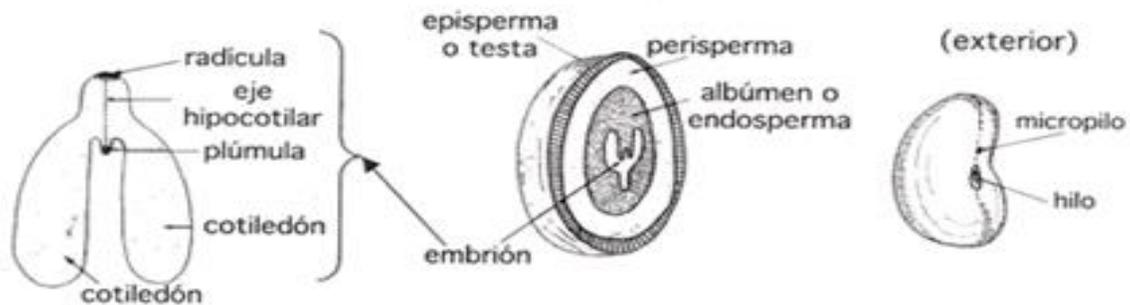


Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999; Hickey *et al.*, 1997

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	167 / 199

# SEMILLA

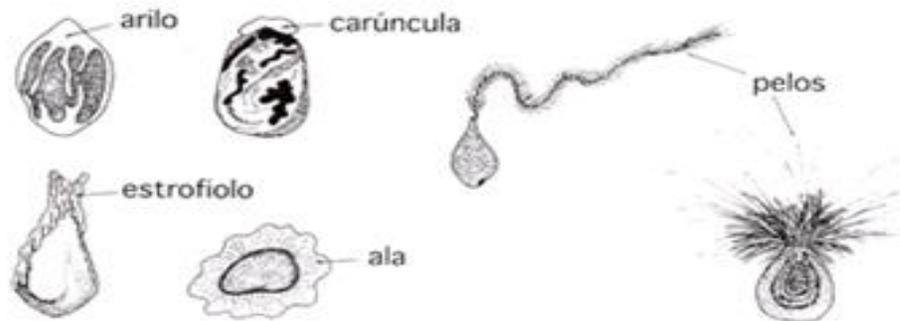
## Estructura



## Superficie de la semilla. Tipos de ornamentación



## Excrecencias de la semilla



Tomado y modificado de Pérez Morales, 1999



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	168 / 199

**Clave taxonómica para determinar familias de angiospermas (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).....**Apétalas**

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

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

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

**Apétalas**

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**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	169 / 199

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.....**Callitrichaceae**
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.....**Refflesiaceae**
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	22/07/2019	0	170 / 199

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)**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	171 / 199

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 glomérulos.**Chenopodiaceae**
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 trífido.....**Valerianaceae**
27. Flores agrupadas en capítulos; estambres 5 (4) con las anteras generalmente soldadas; estigma por lo común bífido.....**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.
31. Flores dispuestas en umbelas o cabezuelas; hojas generalmente alternas o radicales, a veces algunas opuestas.....**Umbelliferae**



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	22/07/2019	0	172 / 199

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 panículadcmosas; 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 carnosas; hierbas rastreras de suelos salitrosos; perianto coralino.....**Aizoaceae**

37. Fruto indehiscente con una semilla; hojas no carnosas.

38. El fruto es un utrículo; hierbas rastreras, diminutas o pequeñas; perianto verde.....**Caryophyllaceae (Scleranthus)**

38. El fruto es un antocarpo; 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, opestras.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	173 / 199

42. Estambres 2; fruto con 1 ala.....**Oleaceae (*Fraxinus*)**
42. Estambres 4 a 6; 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 tetradínamos; inflorescencia corimbosas o racimosas; el fruto es una silicua dehiscente en dos valvas, o bien, es indehiscente.....**Cruciferae**
40. Ovario tri a multilocular.
44. Fruto carnoso.
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 cimas 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.
48. Cápsula circuncísil; hierba cenicienta, 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**



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	22/07/2019	0	174 / 199

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 urticante.....**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**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	175 / 199

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.

6. Hojas opuestas; plantas arbustivas, sarmentosas; flores tetrámeras, blancas conspicuas; cápsula dehiscente por valvas.....**Hydrangeaceae**

6. Hojas alternas.

7. Plantas carnosas, herbáceas, rastreras; fruto circuncísil.....**Potulacaceae (Portulaca)**

7. Plantas no carnosas; fruto no circuncísil.....**Rosaceae**

2. Estambres 1 a12.

8. Ovario unilocular.

9. Hojas enteras, carnosas; fruto circuncísil....**Potulacaceae (Portulaca)**

9. Hojas lobuladas, no carnosas; fruto no circuncísil.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	176 / 199

10. Plantas arbustivas; hojas principalmente alternas, a veces aparentando ser fasciculadas en el ápice de las ramas; fruto indehisciente 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 palmati-compuestas, alternas, largamente pecioladas, dispuestas en la parte superior del tallo; inflorescencias en forma de racimos de cabezuelas.....**Araliaceae**

13. Hojas simples, peciolo 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)**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	177 / 199

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**
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.



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	22/07/2019	0	178 / 199

27. Estambres 10; fruto seco unilocular (de tipo legumbre).....**Leguminosae**

27. Estambres 8; filamentos unidos entre sí y con la corola; fruto carnoso, unilocular, o bien, seco, capsular y bilocular.....**Polygalaceae**

26. Estambres 3 a 6; fruto globoso, indehisciente, 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 concrescentes y las flores en fascículos.....**Crassulaceae**

34. Ovario de 10 o más carpelos; plantas no suculentas.

29. Gineceo de un solo ovario, formado por uno o varios carpelos.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	179 / 199

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.....**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 lóbulo.....**Cruciferae**
39. Plantas leñosas, fruto carnoso con 1 a 8 semillas; hojas alternas.
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, carnosas 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 paludículas.
45. Estambres insertos en el tubo calicinal (hipantio).



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	180 / 199

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 carnoso, monospermo (drupa).....**Rosaceae (Prunus)**

46. Estambres insertos en la parte media o inferior del tubo; óvulos numerosos; hojas principalmente opuestas, enteras; fruto seco, plurispermo (drupa).....**Lythraceae (Heimia)**

45. Estambres insertos por debajo del ovario.

47. Ovario unilocular.

48. Los óvulos insertos en la placenta basilar; sépalos 2.....**Portulacaceae**

49. Hierbasespinosas; 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 globosos que de abre en 3 valvas.....**Euphorbiaceae**

54. Plantas leñosas glabras, con las hojas coriáceas; fruto piriforme indehisciente, que conserva el estilo.....**Theaceae**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	181 / 199

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 paracorolas; 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**

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 alergenas.....**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 (Mimosoidea)**

64. Estambres no salientes; fruto carnoso o seco, pero no en forma de legumbre.....**Anacardiaceae**



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	22/07/2019	0	182 / 199

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 frutitos parciales.....**Malvaceae**

68. Flores unisexuales, dispuestas en racimos o espigas bracteadas, las masculinas en la parte superior y las femeninas en la inferior; cápsula tripoca.....**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**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	183 / 199

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 indehisciente 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.

76. Ovario unilocular.

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**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	184 / 199

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 cimoso-paniculadas; estigma trilobulado; estambres generalmente 3, libres.....**Valerianaceae**

6. Flores agrupadas en cabezuelas; estigmas 1 ó 2; estambres 4 ó 5.



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	22/07/2019	0	185 / 199

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).

10. Plantas arbóreas; estambres numerosos.....**Symplocaceae**

10. Plantas herbáceas; estambres 5.....**Campanulaceae**

8. Hojas opuestas o verticiladas.

11. Ovario trilocular, 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 dídimo 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 súpero.

13. Ovario uno solo en la flor, unilocular.

14. Flores zigomorfas.

15. Plantas no verdes, parásitas de raíces.....**Orobanchaceae**

15. Plantas verdes.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	186 / 199

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 (Momiifontana)**

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 inclusos; cápsula indehiscente.....**Theaceae**

19. Estambres 1 a 6.

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**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	187 / 199

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 circuncísil.....**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.

28. Plantas acuáticas arraigadas; hojas alternas, flotantes, amplias, de base cordada.....**Menyanthaceae**

28. Plantas terrestres (a veces de terrenos fangosos); hojas opuestas, de base no cordada.....**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; platas parasitas blanquecinas con las flores violáceas aglomeradas, semejando a un trozo de coliflor.....**Lenoaceae**

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 sas.....**Crassulaceae**

31. El ovario se mantiene con los carpelos unidos.

32. Plantas caféas o rojizas, microtróficas, con las hojas reducidas a escamas.....**Ericaceae (Pterospora)**

32. Plantas verdes con las hojas bien desarrolladas, autrótofas.

33. Plantas leñosas: árboles, arbustos o a veces arbustitos pequeños; hojas simples, coriáceas anteras apendiculadas.....**Ericaceae**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	188 / 199

33. Plantas herbáceas; anteras sin apéndices.

34. Hojas simples; flores axilares y solitarias o dispuestas por pocas en cimas; estambres 5.....**Convolvaceae**

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 trífido; estambres 5.....**Polemoniaceae**

37. Ovario tetralocular; estigma entero o bífido; 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.



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	189 / 199

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 carnoso, o bien, seco, pero entonces separándose en la madurez en frutos parciales.

45. Flores dispuestas en verticilastros; tubo del cáliz recorrido 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.

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) frutitos 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 didínamos; flores dispuestas en espigas flojas.....**Verbenaceae**

50. Estambres iguales; flores dispuestas en verticilastros o en espigas apretadas terminales.....**Labiatae (Mentha)**

48. Ovario bilocular.



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	22/07/2019	0	190 / 199

51. Plantas con jugo lechosos; 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 arriñonadas; plantas rastreras.....**Convolvulaceae (Dichondra)**

53. Hojas no arriñonadas; 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 circuncísil.....**Plantaginaceae**

54. Flores con la corola no escariosa.

55. Flores de color rojo oscuro, pequeñas, solitarias, sobre pedúnculos largos; hojas arriñonadas, 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; arbustitos pequeños con las flores amarillas.....**Oleaceae (Menodora)**

56. Estambres 4 a muchos.

58. Estambres 4.

59. Plantas leñosas.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	191 / 199

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 hispídas, 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**

65. Prefloración plegado-contorta; corola con lóbulos apenas manifiestos; 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 subesférica.....**Convolvulaceae**



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	22/07/2019	0	192 / 199

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 bífido.

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 pseudo-opuestas 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 arrossetadas, 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**



MANUAL DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN  
FORMATIVA IV

Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	193 / 199

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 internados manifiestos; hojas dísticas, vaina foliar por lo general abierta; fruto en forma de cariopsis.....**Gramineae**

5. Tallos por lo general macizos, sin nodos e internados manifiestos, 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 ínfero y perianto de 3 piezas (las masculinas de 6 piezas).....**Hidrocharitaceae (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, 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.



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	22/07/2019	0	194 / 199

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 *Hydromystriacarecen* 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.



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	195 / 199

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 pseudovercitoladas, 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**

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.....**Alstromeriaceae**

21. Hojas sin peciolos; 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



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	22/07/2019	0	196 / 199

brácteas; plantas provistas de bulbos tunicados.....**Amaryllidaceae**

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 simisúpero.

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**



Código	Fecha de elaboración o revisión	Versión	Página
SGC-FESZ-BIO-ML04	22/07/2019	0	197 / 199

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)**