

# CITOLOGIA E HISTOLOGIA

## Programa de Clases de teoría

### 2º Curso "Ciencias Biológicas"

pág. 1	Citología
15	Histología Animal
24	Histología Vegetal

## I. PROGRAMA DE CITOLOGIA

### LA CELULA

**Lección 1.-** Niveles de organización en los seres vivos. Las unidades elementales de vida: sistemas acelular y celular. La célula: concepto, teoría celular. Significado biológico del sistema celular: autoconservación y autoperpetuación. Células procarióticas: organización general de la célula bacteriana. La célula eucariótica: características esenciales. Compartimentación membranosa del citoplasma. El núcleo celular: estructuración del material genómico. La distribución de funciones: noción de orgánulo. Origen y evolución de las células eucarióticas. Bases metodológicas en el estudio de la célula.

### MEMBRANA Y SUPERFICIE CELULAR

**Lección 2.-** La membrana plasmática: estructura y composición molecular. El plasmalema como "unidad de membrana". La bicapa lipídica: movimiento

de lípidos y papel del colesterol. Asimetría de la bicapa lipídica. Las proteínas de la membrana: intrínsecas y extrínsecas. Asociación de las proteínas con la bicapa lipídica. Topología ultraestructural de las proteínas integrales: visualización mediante criofractura. Los restos hidrocarbonados de la superficie celular: concepto de glicocalix. La fluidez de la membrana plasmática: formación de "placas" y "casquetes". Restricciones a la movilidad de las proteínas del plasmalema.

**Lección 3.-** La permeabilidad celular: concepto y tipos de transporte. Canales proteicos y permeasas de la membrana plasmática. El transporte pasivo: difusión simple y difusión facilitada. El transporte activo: la bomba de  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  -ATPasa. Cotransporte activo de glucosa. El transporte en masa a través del plasmalema. Mecanismos de endocitosis y su significado biológico: la fagocitosis y la micropinocitosis. La exocitosis: fases del proceso. Modificaciones de la membrana plasmática asociadas a los fenómenos de transporte.

**Lección 4.-** Reconocimiento y comunicación entre células: el significado biológico del glicocalix. Variaciones en la adhesión celular. Modificaciones del glicocalix en el envejecimiento y muerte celulares. Los receptores de la superficie celular. Señales químicas intercelulares:

la interacción receptor-ligando. Movilidad de los receptores. Receptores membranosos que controlan la permeabilidad a iones. Mecanismo de acción de las hormonas. Papel del AMP cíclico y del ión  $Ca^{++}$  como segundos mensajeros. Modelo de activación de la adenil-ciclase. Bases moleculares de la acción del calcio.

## UNIONES INTERCELULARES

**Lección 5.-** Las uniones intercelulares como especializaciones de la membrana plasmática. Criterios de clasificación morfofuncional: a) contactos y comunicaciones, y b) bandas y máculas. Análisis ultraestructural de las uniones: trazadores y criofractura. La unión ocluyente (zonula occludens): estructura y composición. Significado funcional en: a) el transporte paracelular, y b) la zonación del plasmalema. Las uniones adherentes: caracteres generales. El desmosoma (macula adhaerens): constituyentes citoplásmicos, membranosos y extracelulares. Citofisiología del desmosoma: mecanismos de cohesión tisular. Hemidesmosomas. Zonula adhaerens y desmosoma en banda: organización estructural. Papel de las uniones adherentes en la tensión y contracción celular.

**Lección 6.-** Las uniones septadas: concepto y distribución. Naturaleza y disposición de los septos intercelulares: clasificación de las uniones.

Estructura de las uniones septadas onduladas. Estructura de las uniones septadas lisas o continuas. Significado funcional: a) adherencia entre células, y b) restricciones del espacio intercelular. La unión tipo "gap" (macula comunicans): organización estructural. La unidad supramolecular de comunicación: el conexón. Acoplamiento intercelular eléctrico y metabólico. Regulación de la permeabilidad de la unión: modificaciones del conexón y control iónico. Papel de las uniones "gap" en la diferenciación celular.

## EL CITOESQUELETO

**Lección 7.-** El citoesqueleto: concepto y distribución. Microfilamentos y microtúbulos. El filamento de actina: patrón estructural de la F-actina. Ensamblaje dinámico de las unidades de G-actina: nucleación y polimerización. Relación de los filamentos con el plasmalema: estructuras accesorias. Polaridad del filamento. Criterios de clasificación de los filamentos de actina: a) estabilidad, b) localización y c) asociación a miosina. Filamentos de actina y movilidad celular: las microespinas y el proceso acrosómico. Las microvellosidades: organización estructural y características dinámicas. El este-reocilio.

**Lección 8.-** Estructuras supramoleculares de miosina:

filamentos y agregados bipolares. Citofisiología de la miosina. Interacciones actina-miosina y locomoción celular: los pseudópodos y las fibras de tensión. Los filamentos intermedios: estructuración de sus unidades fibrilares. Diversidad de los filamentos intermedios: base estructural del transporte intracelular. La "red terminal" y su significado citoarquitectónico. El microtúbulo: organización estructural de sus protofilamentos. Ensamblaje dinámico de las unidades de tubulina. Polaridad del microtúbulo. Elongación microtubular: el centro organizador. Distribución de los microtúbulos.

**Lección 9.-** El cilio : organización estructural del aparato ciliar. El axonema: patrón microtubular 9+2. Elementos de cohesión axonémica: vaina central, radios, y uniones de nexina. Los brazos de dineína y la interacción de los dobletes microtubulares. El corpúsculo basal: tripletes microtubulares y laminillas radiales. Estructuras accesorias: raicillas ciliares y pedículos basales. Relación del aparato ciliar con el plasmalema: fibrillas de transición y collar ciliar. Citofisiología del movimiento ciliar: el deslizamiento microtubular y la regulación axial. Distribución y significado celular de los centriolos. Ciliogénesis.

## EL NUCLEO

**Lección 10.-** El núcleo: caracteres generales y tipos morfológicos. La envoltura nuclear: concepto y elementos integrantes. Ultraestructura y composición molecular de las membranas nucleares. El complejo del poro: elementos estructurales y modelos de constitución. Significado funcional de la envoltura nuclear. La cromatina: concepto y composición molecular. Eucromatina y heterocromatina. Patrones ultraestructurales: cromatina condensada y cromatina laxa. Organización topológica de la cromatina interfásica: el esqueleto nuclear. La lámina nuclear: organización densa y fibrosa en diferentes tipos celulares. El nucleoplasma.

**Lección 11.-** El nucleosoma: concepto y elementos integrantes. Estructura supramolecular de la partícula globular: DNA y núcleo proteico. El fragmento espaciador del nucleosoma. La fibra de cromatina: a) niveles de organización, y b) significado funcional de las histonas H1. La fibra gruesa de cromatina: modelos de plegamiento espacial de la "fibra unitaria". Bases estructurales de la expresión génica: la fibra cromatínica activa en la transcripción. El control de la transcripción: modificaciones generales del DNA y de las histonas. Las estructuras ribonucleoproteicas: distribución

intranuclear. Los gránulos intercromatínicos. Gránulos y fibrillas pericromatínicos.

**Lección 12.- El nucleolo:** concepto y características morfológicas. Ultraestructura del nucleolo: patrones compactos y reticulados. Los centros fibrilares y su relación con la región organizadora nucleolar (NOR). El componente fibrilar y el componente granular: el nucleolonema. La matriz nucleolar. Citofisiología del nucleolo: transcripción y procesamiento de los RNAs ribosómicos. Los cistrones ribosómicos y el producto de su transcripción: la unidad funcional centro fibrilar - componente fibrilar. Componente granular y biogénesis de la subunidad mayor ribosomal: el rRNA extranucleolar. Ensamblaje de los prerribosomas. Significado biológico de la "segregación nucleolar".

## **COMPARTIMENTACION DEL CITOPLASMA**

**Lección 13.-** Compartimentación citoplasmática: el sistema interno de membranas. Biogénesis de los orgánulos membranosos: el flujo de membranas y sus límites celulares. Organización estructural de las lamelas fenestradas. El hialoplasma o matriz citoplásmica: a) constitución, y b) localización general de vías metabólicas. Hialoplasma y orgánulos citoplasmáticos: noción de exoplasma y endoplasma. Las inclusiones:

concepto. Gotas lipídicas. Glucógeno. Formaciones cristalinas. El ribosoma: características estructurales y supramoleculares. Polirribosomas: la síntesis de proteínas. Regulación de la traducción. Modificaciones de las proteínas en el hialoplasma.

**Lección 14.-** El retículo endoplásmico: concepto y patrones ultraestructurales. Componentes membranosos y luminales. Asimetría de la membrana. Retículo endoplásmico rugoso (RER). El RER como soporte estructural en la síntesis de proteínas. Unión del ribosoma al retículo: las riboforinas. Descarga vectorial de polipéptidos a través de la membrana: el péptido señal. Tránsito de proteínas de membrana y secretoras. Las vesículas afelpadas. Retículo endoplásmico liso (REL). La membrana del REL en la síntesis de lípidos y esteroides. Topología de las ATP-asas de membrana: liberación de calcio y glucosa a la luz del retículo. El retículo endoplásmico como complejo dinámico de membranas.

**Lección 15.-** El aparato de Golgi: morfología y distribución. El dictiosoma o complejo de Golgi: organización y polaridad ultraestructurales. Constitución membranosa y luminal de las cisternas golgianas. Relación del aparato de Golgi con otros sistemas de membranas: el concepto de GERL. El aparato de Golgi en las vías anabó-

licas celulares: modificaciones covalentes de proteínas lumbinales. Significado biológico del aparato de Golgi en la secreción celular. Fases del proceso secretor de proteínas: síntesis, segregación, transporte, concentración, almacenamiento y descarga. El aparato de Golgi como sistema dinámico de especialización y reciclaje de membranas: la hipótesis del "destilador".

**Lección 16.-** El lisosoma: polimorfismo ultraestructural y características citoquímicas. Lisosomas primarios: origen y composición. Lisosomas secundarios: estructura y patrones vectoriales en la digestión intracelular. Cuerpos residuales. Heterofagosomas e hidrólisis de macromoléculas exógenas. Autofagosomas e hidrólisis de macromoléculas endógenas. Crinofagia. Lisosomas y envejecimiento celular. La digestión extracelular: implicaciones en la remodelación tisular y en la respuesta inmune. Significado biológico de las enfermedades de origen lisosomal. El peroxisoma: organización ultraestructural y actividad enzimática. Relación con el REL. Peroxisomas de vegetales: la fotorrespiración. El glioxisoma.

#### **ORGANULOS SEMIAUTONOMOS**

**Lección 17.-** La mitocondria: caracteres generales y

tipos morfológicos. Distribución y movilidad. Las membranas de la mitocondria: ultraestructura y composición. Patrones espaciales de la membrana interna: crestas y túbulos. Compartimentación membranosa: la cámara externa y la matriz mitocondrial. Gránulos, gotas lipídicas y formaciones cristalinas. El significado de la mitocondria en el metabolismo energético celular: topología enzimática. Membrana interna y cadena transportadora de electrones. Las partículas elementales o complejos enzimáticos ATP-sintetasas: fosforilación oxidativa. Transporte de metabolitos a través de las membranas. Modificaciones mitocondriales en relación con la fisiología celular.

**Lección 18.- El cloroplasto:** características morfológicas. Organización ultraestructural de los grana: tilacoides y lamelas. Las membranas del cloroplasto: a) envoltura, y b) membrana del tilacoide. Los compartimentos luminales: espacio intermembranoso, estroma y espacio intratilacoidal. Inclusiones lipídicas y granos de almidón. Bases estructurales de la fotosíntesis. Asimetría de la membrana tilacoidal. Topología de los fotosistemas y de los transportadores de electrones. Macropartículas superficiales de la membrana tilacoidal: fotofosforilación. Contacto entre membranas fotosintéticas y redistribución de sus componentes: el apilamiento de los tilacoides. El estroma y la sín-

tesis de carbohidratos.

**Lección 19.- Biogénesis de la mitocondria.** Procesos de división y fusión. Matriz mitocondrial y sistema genético del orgánulo. La molécula circular del DNA mitocondrial: patrones filogenéticos. Organización genómica: copias múltiples. Los ribosomas mitocondriales. Biogénesis del cloroplasto. Proliferación de los cloroplastos. Estroma y sistema genético del cloroplasto. El genoma del cloroplasto: a) uniformidad de sus moléculas de DNA circular, y b) copias múltiples. Los ribosomas. Síntesis de lípidos. Control nuclear de la biosíntesis en mitocondrias y cloroplastos: DNA- y RNA-polimerasas, t-RNA, aminoácidos y proteínas.

## **CICLO DE DIVISION CELULAR**

**Lección 20.-** El ciclo de división celular: concepto. La interfase del ciclo: esquema general. El período  $G_1$ : "disparo" del ciclo. El período S: duplicación del material genético nuclear. Características de la síntesis del DNA: semi-conservativa y discontinua. Unidades de replicación: síntesis bidireccional. La cromatina en la replicación nuclear: asociación al DNA de las histonas recién sintetizadas. Significado biológico del período  $G_2$ . Progreso de la división celular: reacciones secuenciales.

Mecanismos de regulación del ciclo: síntesis de proteínas y concentraciones requeridas. La razón masa celular/genoma. Proliferación y diferenciación celular: el período  $G_0$ .

**Lección 21.-** La mitosis: esquema general del proceso. Cinética de la división del material genético nuclear: profase, metafase, anafase y telofase. El cromosoma eucariótico: morfología y constitución. Constricciones primarias y secundarias. El centrómero. La región organizadora nucleolar. Segregación de cromátidas. Cariotipo y ploidía nuclear. El ciclo de condensación cromosómica: a) modificaciones supramoleculares de la cromatina, y b) actividad transcritiva. El cinetócoro: origen y significado funcional. Patrones filogenéticos ultraestructurales: cinetócoros esféricos y discoidales.

**Lección 22.-** El aparato mitótico: concepto. Elementos estructurales del aparato mitótico: microtúbulos, microfilamentos y vesículas. Los diplosomas del huso astral: ultraestructura y ciclo de división de los centriolos. Formación del huso mitótico: el equilibrio dinámico del ensamblaje microtubular. Microtúbulos polares y microtúbulos cinetocóricos: desarrollo y polaridad estructural. Los microtúbulos en la orientación y alineación de los cromosomas: la placa ecuatorial. La migración de cromátidas: modelos de deslizamiento y de polimeriza-

ción/despolimerización microtubular. La envoltura nuclear en la cariocinesis: rotura y reorganización. El papel de la lámina nuclear.

**Lección 23.-** La citocinesis: concepto. Citocinesis en células animales: el surco de división. Componentes estructurales del cuerpo intermedio: microtúbulos, microfilamentos y matriz. Significado funcional del anillo contractil. Citocinesis en células vegetales: microtúbulos y formación del fragmoplasto. Actividad del aparato de Golgi y fusión de vesículas: desarrollo centrífugo de la placa celular. El ciclo del nucleolo. Progreso mitótico y desorganización nucleolar. Cuerpos prenucleolares y reorganización del nucleolo. Diversidad del ciclo de división celular. Estabilidad mitótica de la envoltura nuclear: segregación intranuclear de cromátidas. Aparatos mitóticos intranucleares. Endomitosis. Endorreduplicación: diplocrosomas y cromosomas politénicos.

## LA MEIOSIS

**Lección 24.-** La meiosis: concepto. Esquema general del proceso: la primera división y la segunda división meióticas. Reducción de la ploidía nuclear. La interfase premeiótica: el "disparo" de un programa específico. Estadios secuenciales de la profase I. Leptotena y asociación

cromosómica a la envoltura nuclear. Sinapsis o apareamiento de cromosomas homólogos: el progreso zigotena-paquitena. El bivalente y la recombinación génica: sobrecruzamiento y síntesis del DNA. Diplotena y separación de los homólogos: los quiasmas. Diacinesis y "terminalización" de quiasmas. Meiosis aquíasmáticas. Cinética de la profase I. El estado de dictiotena.

**Lección 25.-** El complejo sinaptonémico: base ultraestructural de la sinapsis meiótica. Los elementos laterales y el elemento central: estructura, naturaleza y desarrollo. Filamentos transversales y nódulos de recombinación: significado funcional en el sobrecruzamiento. Los poli-complejos. El huso y la orientación de los cromosomas en metafase I: topología de los cinetócoros. Segregación de los dos juegos cromosómicos. La segunda división meiótica: la segregación de cromátidas. Los procesos de citocinesis en las divisiones meióticas. Ciclo de condensación cromosómica en la meiosis: los cromosomas plumosos y la amplificación génica.

## II . PROGRAMA DE HISTOLOGIA ANIMAL

### TEJIDO EPITELIAL

**Lección 1.-** Concepto de tejido en animales. Tejido epitelial: origen y distribución. Clasificación: epitelios de revestimiento y epitelios glandulares. Características estructurales del epitelio: a) diferenciaciones de las superficies libre, lateral y basal, y b) mecanismos de fijación y comunicación intercelular. La membrana basal. Clasificación de los epitelios de revestimiento: a) monoestratificado, b) pseudoestratificado y c) poliestratificado. Nutrición e inervación de los epitelios. Histo-fisiología del tejido epitelial.

**Lección 2.-** Tejido epitelial glandular: concepto de glándula. Histogénesis glandular. Tipos de células secretoras. Clasificación de las glándulas. Organización histológica de las glándulas exocrinas: a) unicelulares y multicelulares, y b) simples y compuestas. Mecanismos

de secreción. Bioluminiscencia y secreción glandular. Glándulas endocrinas: caracteres citológicos y clasificación de las glándulas endocrinas. Propiedades generales y funciones integrativas de las glándulas endocrinas.

## **TEJIDO CONJUNTIVO**

**Lección 3.-** El tejido conjuntivo: concepto y bases histofisiológicas. Estructura y composición de la matriz extracelular: fibras y sustancia fundamental amorfa. Estructura y naturaleza de las fibras elásticas, colágenas y de reticulina. Constitución molecular de la sustancia fundamental. El fibroblasto: características ultraestructurales. Citofisiología del fibroblasto: fibrogénesis y síntesis de proteoglicanos. Células mesenquimatosas y plasticidad del fibroblasto.

**Lección 4.-** Las células libres del tejido conjuntivo. Estructura y función de la célula plasmática: liberación de anticuerpos. Los macrófagos: sistema fagocítico mononuclear. Las células cebadas o mastocitos: papel en la respuesta anafiláctica. Clasificación del tejido conjuntivo: proporción y disposición de los componentes celulares y extracelulares. El tejido conjuntivo laxo. El tejido conjuntivo denso: regular e irregular. Tejidos conjuntivos con pro-

propiedades especiales: mucoso, reticular y elástico.

## **TEJIDO ADIPOSEO**

**Lección 5.-** El tejido adiposo: concepto. El tejido adiposo blanco o unilocular: distribución, estructura y función. El tejido adiposo pardo o multilocular: distribución y estructura. Tejido adiposo pardo y termogénesis. Histogénesis del tejido adiposo. Citofisiología del adipocito: lipogénesis, lipólisis y movilización de ácidos grasos. Regulación nerviosa y endocrina del tejido adiposo. El cuerpo grasoso de Insectos: tipos celulares y luminiscencia.

## **TEJIDO CARTILAGINOSO**

**Lección 6.-** El tejido cartilaginoso: concepto e histogénesis del cartílago. El cartílago hialino: matriz cartilaginosa y condrocitos. El pericondrio. Crecimiento del cartílago. Histofisiología y alteraciones involutivas del cartílago. El cartílago elástico. El cartílago fibroso. Tejidos cartilagosos calcificados. Tejido condroide de Moluscos y Vertebrados. La notocorda: tejido vesicular y vainas cordales.

## TEJIDO OSEO

**Lección 7.-** El tejido óseo: concepto. Organización arquitectónica del hueso: tejido óseo compacto y esponjoso. Ultraestructura y naturaleza molecular de la matriz ósea. Variedades del tejido óseo: a) laminar y b) no laminar. Sistemas de Havers. Células del tejido óseo: a) osteoblastos — osteocitos, y b) osteoclastos. Las células osteoprogenitoras. Elementos vasculoconectivos: el periostio y el endostio. Histo-fisiología del tejido óseo. Escamas y placas óseas.

**Lección 8.-** Histogénesis del tejido óseo: esquema general. Osificación intramembranosa o desmal. Osificación endocondral. Formación de los huesos largos: origen y desarrollo de los centros de osificación primaria en diáfisis y epífisis. Crecimiento en longitud y diámetro de los huesos largos. Remodelación de los huesos. Estructura histológica de las articulaciones.

## TEJIDO MUSCULAR

**Lección 9.-** El tejido muscular: concepto y clasificación. Histogénesis del tejido muscular. Tejido muscular liso: distribución. Las fibras musculares lisas: morfología y modos de asociación.

Ultraestructura de la fibra muscular lisa: citoarquitectura de miofilamentos y filamentos intermedios. Características fisiológicas y mecanismo de contracción de la fibra muscular lisa. Las células epiteliomusculares de Invertebrados. Las células mioepiteliales de Vertebrados.

**Lección 10.-** Tejido muscular estriado: concepto y tipos de estriación. La fibra muscular esquelética: características citológicas. Organización ultraestructural de miofibrillas y mitocondrias. Citoarquitectura de miofilamentos y filamentos intermedios: el sarcómero como unidad morfofuncional de la miofibrilla. Retículo sarcoplásmico y sarcolema: el sistema T. Citofisiología de la contracción: a) conducción del estímulo y b) deslizamiento de miofilamentos. Organización tisular del músculo esquelético en vertebrados: células satélite y elementos vasculoconectivos. La unión miotendinosa.

**Lección 11.-** La fibra muscular cardíaca. Asociación de las células musculares cardíacas: los discos intercalares. Características ultraestructurales de la célula muscular cardíaca. Organización tisular del miocardio. El tejido cardionector: células nodales y fibras de Purkinje. La fibra muscular de estriación oblicua: características citológicas y distribución. Citoarquitectura de los miofilamentos: significado

funcional en la contracción muscular. Tejidos electrógenos: estructura, origen y distribución.

## TEJIDO NERVIOSO

**Lección 12.-** El tejido nervioso: caracteres generales. La neurona: concepto -doctrina neuronal de Cajal-. Estructura de la neurona: tipos neuronales. Neurofibrillas y sustancia de Nissl. El soma neuronal: características ultraestructurales del núcleo y del pericarion. Citoarquitectura de neurotúbulos, neurofilamentos y microfilamentos. Las dendritas: estructura y tipos morfológicos. El axón: regionalización morfofuncional. Bases estructurales del flujo axónico: transporte anterógrado y retrógrado.

**Lección 13.-** La sinapsis interneuronal: concepto. Clasificación de las sinapsis: a) topología neuronal y b) naturaleza de la transmisión. Sinapsis eléctricas. Ultraestructura de la sinapsis química: a) elementos pre- y post-sinápticos, y b) hendidura sináptica. Los neurotransmisores: efectos excitadores e inhibidores. Mecanismo de transmisión sináptica: a) síntesis y liberación del neurotransmisor, b) recepción postsináptica y propagación del estímulo y c) inactivación del neurotransmisor. Funciones tróficas de la sinapsis.

**Lección 14.-** La neuroglía: concepto y tipos celulares. Neuroglía astrocitaria: localización y estructura celular. Diversidad funcional del astrocito: a) relaciones con la neurona y b) reparación de lesiones. Oligodendroglía: localización y estructura celular. Citofisiología del oligodendrocito: la vaina de mielina. Microglía: localización y características estructurales. Origen y significado funcional de las células de microglía: macrófagos inactivos del sistema nervioso central. Ependimocitos: estructura y función. Diversidad citológica del epitelio ependimario: células supra- y subependimarias. Células satélite de los ganglios nerviosos periféricos.

**Lección 15.-** La fibra nerviosa: concepto y distribución. Fibras nerviosas mielínicas y amielínicas. La célula de Schwann: estructura y función. Histofisiología de la fibra nerviosa periférica. El nervio periférico: organización tisular. Las terminaciones nerviosas periféricas: tipos funcionales. Terminaciones efectoras glandulares y musculares. La placa terminal motora: componentes ultraestructurales de la unión neuromuscular. Histogénesis general del tejido nervioso. Origen y desarrollo de las estirpes neuronal y glial.

## SANGRE Y HEMATOPOYESIS

**Lección 16.-** La sangre: concepto y composición. Hemolinfa y células hemolinfáticas. Características celulares de los elementos formes en Vertebrados. Histofisiología de la médula ósea roja. Esquema general de la hematopoyesis: células germinales pluri- y unipotenciales. El eritrocito o hematíe: estructura y función. Eritropoyesis: el proeritroblasto. Diferenciación y proliferación de eritroblastos basófilos y policromatófilos. El eritroblasto ortocromático. Cinética y regulación de la eritropoyesis. Eritroclasia.

**Lección 17.-** Los leucocitos: series granular y agranular. Estructura y función de los granulocitos maduros: a) neutrófilos o heterófilos, b) eosinófilos y c) basófilos. Granulocitopoyesis: mieloblastos y promielocitos. Diferenciación y proliferación de los mielocitos específicos: el metamielocito. Cinética de la maduración de la serie granulocítica de neutrófilos. El monocito circulante. Monocitopoyesis. Trombocitos y plaquetas: estructura y función. Trombocitopoyesis en mamíferos: megacarioblastos y megacariocitos.

## SISTEMA INMUNITARIO: BASES CELULARES

**Lección 18.-** El sistema inmunitario: concepto. Filogenia de la inmunidad: esquema general. Caracteres de la respuesta inmune: a) respuestas humoral y celular, y b) respuestas primaria y secundaria. Bases celulares de la inmunidad: células efectoras y células con memoria. Los linfocitos T y B: origen, estructura y propiedades de superficie. Respuesta del linfocito T al antígeno: a) transformación, y b) interacciones con linfocitos B. El linfocito B y la producción de anticuerpos: las células plasmáticas. El papel de los macrófagos en la respuesta inmune. Tejido linfoide: difuso y nodular. La circulación linfocitaria.

### III. PROGRAMA DE HISTOLOGIA VEGETAL

#### PECULIARIDADES DE LA CELULA VEGETAL

**Lección 1.-** La pared celular: concepto y arquitectura general. Ordenación estructural de la celulosa: microfibrillas y regiones paracristalinas. Organización supramolecular de la matriz amorfa: hemicelulosa, pectinas y glucoproteínas. Sustancias incrustantes: lignina, suberina y cutina. Conexión de paredes adyacentes: la lámina media. Morfogénesis de la pared: crecimiento en grosor y superficie. Depósito de microfibrillas: modelos multireticular y en capas múltiples. Niveles de desarrollo: pared primaria y secundaria. Estratificación de la pared secundaria. Significado funcional de la pared: porosidad y transporte apoplástico.

**Lección 2.-** Comunicaciones intercelulares: los plasmodesmos. Ultraestructura del plasmodesmo: desmotúbulo y relación con el retículo endoplásmico. Significado funcional: transporte simplástico.

Plasmodesmos y pared celular: las punteaduras primarias. Punteaduras simples y punteaduras areoladas. Modificaciones de la "membrana" de cierre: torus y margo. Los plastos: concepto y distribución. Envoltura, estroma y genoma plastidiales. El proplastidio: estructura, proliferación y diferenciación. Ultraestructura y función de cromoplastos y amiloplastos. Origen proplastidial del cloroplasto. Etioplasto: los cuerpos prolamelares. Interconversiones plastidiales. Sistema vacuolar: tonoplasto y diversidad del contenido luminal.

## **MERISTEMOS Y PARENQUIMAS**

**Lección 3.-** Concepto y clasificación de los tejidos vegetales. Sistemas de tejidos. Los meristemos: bases histofisiológicas. Clasificación de los meristemos por su origen y distribución: a) meristemos primarios y secundarios, y b) meristemos apicales, laterales e intercalares. Actividad meristemática y diferenciación tisular durante la vida de la planta: a) crecimiento primario y b) crecimiento secundario. Patrones proliferativos en el meristemo: las células iniciales. Diversidad ultraestructural de la célula meristemática.

**Lección 4.-** Meristemos apicales: características estructurales. Organización histogénica del me-

ristemo apical: protodermis, meristemo fundamental y procambium. El parénquima: concepto. Morfología y distribución de las células parenquimáticas. Patrones de organización tisular. Origen y desarrollo de los espacios intercelulares aéreos: esquizogénicos y lisogénicos. Diversidad estructural del protoplasto: clorénquima y parénquimas de reserva. Plasticidad citofisiológica de las células parenquimáticas.

## **COLENQUIMA Y ESCLERENQUIMA**

**Lección 5.-** Colénquima: concepto. Morfología y ultraestructura de la célula colenquimática. Desarrollo diferencial de la pared celular: colénquima laminar, angular y lagunar. Organización tisular del colénquima subepidérmico de tallos y hojas. Histogénesis del colénquima. Significado funcional del colénquima en el crecimiento primario. Modificaciones citofisiológicas del colénquima maduro: a) actividad meristemática, y b) esclerificación. Células colenquimatosas del sistema vascular: características estructurales.

**Lección 6.-** Esclerénquima: concepto y bases histofisiológicas. Las células del esclerénquima: esclereidas y fibras. Morfología y distribución de las esclereidas. Pared de la esclereida. Origen y desarrollo de las esclereidas: a)

células iniciales, y b) esclerosis secundaria. Las fibras: morfología y distribución. Estructura y desarrollo de la pared en relación con la elongación celular. El patrón pluricelular de la fibra septada. Morfogénesis de fibras primarias y secundarias: crecimiento intrusivo. Características citofisiológicas de las fibras extraxilares: fibras corticales, perivasculares y floemáticas.

## LA EPIDERMIS

**Lección 7.-** La epidermis: concepto. Morfología y ultraestructura de las células epidérmicas. Pared celular: la cutícula y los depósitos de cera. Histogénesis de la epidermis. Diversidad morfofuncional: epidermis de raíz y partes aéreas. Epidermis y absorción de solutos: los pelos radicales. Tricomas aéreos no glandulares. Epidermis e intercambio gaseoso: los estomas. Estructura y función de las células oclusivas del estoma. Morfogénesis del estoma. Las células subsidiarias. Origen y desarrollo del complejo estomático en Angiospermas.

## PERIDERMIS Y CAMBIUM VASCULAR

**Lección 8.-** La peridermis: concepto y organización tisular. El felógeno: estructura, histogénesis

y desarrollo. El felema. Histofisiología del suber: la pared celular. Polidermis y suber de lesiones. Estructura del "suber" de Monocotiledóneas. Las lenticelas: origen y distribución de las células de relleno. Histofisiología de la lenticela. El cámbium vascular: concepto. Estructura de las células iniciales fusiformes y radiales. Ordenación de las células fusiformes: cámbium estratificado y no estratificado. Divisiones celulares aditivas y multiplicativas. Formación de los sistemas axial y radial. Cámbium de Monocotiledóneas. Actividad estacional del cámbium. Origen y desarrollo cambial en heridas e injertos.

## EL XILEMA

**Lección 9.-** El xilema: bases histofisiológicas. Concepto de vaso como unidad funcional. Las células del xilema. Características estructurales de: a) traqueidas y b) miembros de los vasos. Patrones de desarrollo de la pared celular: engrosamientos secundarios y placas perforadas. Citodiferenciación de los elementos conductores. Estructura y función de las fibras xilares: fibras libriformes y fibrotraqueidas. Citofisiología del parénquima xilemático. La tílido. Morfogénesis estructural del xilema primario: protoxilema y metaxilema.

**Lección 10.-** El xilema secundario: histoarquitectura de los sistemas axial y radial. Organización estructural del leño de Coníferas: características celulares del sistema radial. El leño de Dicotiledóneas: organización estructural de las células xilemáticas: Variaciones estacionales en el desarrollo del xilema: los anillos de crecimiento. Albura y duramen. Modificaciones celulares en el leño de reacción: las fibras gelatinosas.

## **EL FLOEMA**

**Lección 11.-** El floema: bases histofisiológicas. Elementos conductores: el tubo criboso como unidad funcional. Las células del floema. Citodiferenciación de: a) células cribosas, y b) miembros de los tubos cribosos. Estructura y desarrollo de la pared celular: formación de poros, cribas y placas cribosas. P-proteína y depósitos de calosa. Las células parenquimáticas: células acompañantes y células albuminosas. Morfogénesis del floema primario: protofloema y metafloema. El floema secundario: histoarquitectura de los sistemas axial y radial. Patrones estructurales del floema secundario en Coníferas y Dicotiledóneas.

## CELULAS TRANSFERENTES Y ENDODERMICAS

**Lección 12.-** Células transferentes: concepto y distribución. Organización estructural. Pared celular : engrosamientos secundarios laberínticos. Mitocondrias y complejo membrana-pared celular. Morfogénesis de las células transferentes. Significado funcional: el flujo transmembranoso de solutos. Células endodérmicas: citoarquitectura de la endodermis radical. Pared celular: la banda de Caspari. Significado funcional en el transporte apoplástico de la raíz (paracelular). Estructura y función de las células de: a) la vaina del mestoma, y b) la endodermis de acículas.

## CELULAS Y TEJIDOS SECRETORES

**Lección 13.-** Concepto de secreción y sus mecanismos en vegetales. Estructuras secretoras externas: clasificación. Tricomas glandulares: organización celular. Histoфизиología de las glándulas digestivas. Glándulas salinas. Hidatodos: bases histofisiológicas. El epitema y su relación con traqueidas terminales. Gutación y estomas. Los nectarios: concepto. Nectarios florales y extraflorales. Diversidad estructural del tejido nectarífero: a) células epidérmicas, y b) células parenquimáticas. Conexión con el sistema vascular: el papel del floema. Natu-

raleza y proceso secretor del nectar. Estomas y liberación del nectar. Significado biológico del nectario: polinización y defensa.

**Lección 14.-** Estructuras secretoras internas: clasificación. Idioblastos secretores: estructura celular. Cavidades de secreción: bases histofisiológicas. Secreción holocrina y espacios lisogénicos. Conductos secretores esquizogénicos: células "epiteliales" y células de la vaina. Desarrollo de los conductos resiníferos. Los laticíferos: concepto y distribución. Tipos de laticíferos: a) articulados (vasos laticíferos), y b) no articulados. Características estructurales de las células. Morfogénesis del laticífero: polaridad y citodiferenciación. Formación de latex vacuolar y citoplásmico. Desarrollo del tejido laticífero durante el crecimiento primario y el secundario. Significado biológico del laticífero: excreción.