



Universidad Nacional Autónoma de México ○ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Biología

Celular

VETERINARIA



Directorio

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Dr. Luis Agustín Álvarez Icaza Longoria
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Desarrollo Institucional

Dr. César Iván Astudillo Reyes
Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria

Dra. Mónica González Contró
Abogada General

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Dr. Francisco Suárez Güemes
Director

Dr. José Ángel G. Gutiérrez Pabello
Secretario General

LAE José Luis Espino Hernández
Secretario Administrativo

Dr. Francisco A. Galindo Maldonado
Secretario de Vinculación y Proyectos Especiales

Lic. Manuel Casals Cardona
Jefe del Departamento de Publicaciones

MVZ Enrique Basurto Argueta
Jefe del Departamento de Diseño Gráfico y Editorial



Universidad Nacional Autónoma de México ○ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia



Biología Celular

VETERINARIA

- Santiago René Anzaldúa Arce • Ivonne Caballero Cruz • Milton Enrique Cardoso Rangel • Manuel Espinosa Pedroza
- Jorge Hernández Espinosa • María de Lourdes Juárez Mosqueda • Juan Ocampo López • Icela Palma Lara
- Mario Pérez Martínez • Olivia Rodríguez Morales • Luis David Zepeda Domínguez

COORDINADOR CIENTÍFICO: Santiago René Anzaldúa Arce



Primera edición, 25 de abril de 2014.

Primera reimpresión, 20 de febrero de 2020.

DR© 2014, Universidad Nacional Autónoma de México.

Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510, México, Ciudad de México

ISBN: 978-607-02-5401-7

"Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales de la obra."

Impreso y hecho en México. / Printed and made in Mexico.

El Comité Editorial de la FMVZ reconoce el trabajo que realizó el **Dr. Crisóforo Mercado Márquez** como revisor técnico de esta obra.

Se agradece a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la UNAM por el apoyo recibido para la publicación de la presente obra a través del proyecto PAPIIME PE204605: "Proyecto de Apoyo a la Docencia a las materias de Biología Celular Veterinaria, Biología Tisular y Embriología del Nuevo Plan de Estudios".

Corrección de estilo: Lic. Marcela Chapou Videgaray

Corrección de pruebas: MVZ Laura Edith Martínez Álvarez

Diseño de portada: LSCA Edgar Emmanuel Herrera López

Diseño editorial y formación electrónica: LDCV F. Avril Braulio Ortiz

Ilustraciones: LDCV Nimbe Sáenz Martínez, LDCV Carlos Iván Sánchez Sánchez

Interfaz: LDCV Carlos Iván Sánchez Sánchez



Presentación

El personal académico del Departamento de Morfología presenta esta primera obra integrante de una serie de tres libros de textos electrónicos que cubren ampliamente los contenidos programáticos de las asignaturas de *Biología Celular Veterinaria*, *Biología Tisular* y *Embriología*. El resultado de este esfuerzo se hace posible gracias al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) PE-204605, junto con la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM), quien aprobó el proyecto, brindándole amplio respaldo.

Diseñado originalmente para los estudiantes de Medicina Veterinaria y Zootecnia que cursan la asignatura de Biología Celular Veterinaria del actual Plan de Estudios, este libro presenta material igualmente útil para estudiantes que cursan su licenciatura en otras disciplinas biomédicas afines: biólogos, químicos, odontólogos, médicos. Pero muy en especial para aquellos estudiantes que cursan la carrera en otros estados de la República Mexicana, en donde la Biología Celular se incorpora como una asignatura de reciente creación.

Esta edición electrónica proporciona las bases de conocimiento que facilitan la comprensión de textos aún más especializados, aunque abarcando las distintas unidades temáticas diseñadas expresamente para la asignatura. Asimismo, constituye un práctico material de consulta para estudiantes de posgrado que requieran información puntual acerca de los principios básicos en torno a los diversos procedimientos metodológicos utilizados para la investigación en torno a la biología celular y molecular; aquí se presentan en un último apartado, cuando éstos solían exponerse de manera dispersa a lo largo del programa original.

Pese a los esfuerzos realizados para homogeneizar el contenido de esta obra tanto en profundidad como en extensión, bien sabemos que será necesario reconsiderar los temas expuestos para la elaboración de futuras ediciones por la actualización inherente a la naturaleza del conocimiento en el campo de la biología celular –cada vez más especializado– y así, asegurar su vigencia.

Los autores queremos agradecer el apoyo e interés, así como la amplia colaboración de las instancias involucradas en el desarrollo de la presente obra: al Comité Editorial, al Departamento de Publicaciones y al Departamento de Diseño Gráfico y Editorial, todos ellos pertenecientes a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de esta Máxima Casa de Estudios.

Ciudad Universitaria, 3 de octubre de 2013.

Dr. Santiago René Anzaldúa Arce

Coordinador Científico



Contenido

PORTADA

DIRECTORIO

PÁGINA LEGAL

PRESENTACIÓN

SEMBLANZAS

CAPÍTULO 1. Evolución celular

María de Lourdes Juárez Mosqueda

Objetivos temáticos	19
Introducción	19
Teoría celular y concepto de célula	20
Postulados de la doctrina celular	
Concepto de célula	
De las moléculas a la primera célula	21
Modelos protobióticos	
Características del primer sistema celular	

De los procariontes a los eucariontes	24
Teorías sobre el origen de las células eucariontes	
Características, semejanzas y diferencias entre las células procariontes y eucariontes	25
Clasificación taxonómica de los seres vivos	
Organización estructural y funcional de las células eucariontes ...	27
Bibliografía	28

CAPÍTULO 2. Membranas celulares

Icela Palma Lara

Objetivos temáticos	30
Introducción	30
Funciones y estructura	30
Funciones	30
Barrera selectivamente permeable	
Transporte de solutos dentro y fuera de la célula o dominio subcelular	
Compartimentación de dominios celulares o microdominios	
Transducción de energía	
Respuesta a señales externas	
Interacción intercelular	
Sitios de actividades bioquímicas	



Punto de anclaje para el citoesqueleto y elementos extracelulares	
Formas especializadas de unión que proporcionan adhesión o comunicación celular	
Capacidad de movilidad celular y organelos	
Estructura	33
Bicapa lipídica	35
Fosfolípidos	
Colesterol	
Glucolípidos y glucoproteínas	
Proteínas de membrana	
Sistemas de transporte membranar	40
Ósmosis	
Endocitosis	
Exocitosis	
Uniones celulares	43
Uniones estrechas	
Uniones de anclaje	
Uniones comunicantes	
Uniones gap	
Plasmodesmata	
Bibliografía	46

CAPÍTULO 3. Núcleo

Santiago René Anzaldúa Arce, Luis David Zepeda Domínguez y Milton Enrique Cardoso Rangel

Objetivos temáticos	48
Introducción	48
Organización estructural del núcleo	48
Envoltura nuclear	

Lámina nuclear o lámina fibrosa	
Nucléolo	
Elementos figurados intercromatinianos	
Matriz nuclear	
Organización estructural del ADN	56
Cromatina	
Organización nuclear del ADN en la cromatina	
Proteínas del núcleo	
ARN	
Eucromatina y heterocromatina	
Clasificación de los cromosomas	62
Estructura del cromosoma	
Regulación de la expresión génica	65
Regulación génica en organismos procariontes	
Regulación génica en eucariontes	
Bibliografía	78

CAPÍTULO 4. Citoplasma, citoesqueleto y movimiento celular

María de Lourdes Juárez Mosqueda e Icela Palma Lara

Objetivos temáticos	81
Introducción	81
Aspectos bioquímicos y estructurales de la organización del citoplasma	82
Citoesqueleto y movimiento celular	84
Microfilamentos: filamentos de actina (actina-F)	
Microtúbulos	
Filamentos intermedios	
Bibliografía	119

CAPÍTULO 5. Matriz extracelular

Santiago René Anzaldúa Arce y Olivia Rodríguez Morales

Objetivos temáticos	122
Introducción	122
Composición y diversidad estructural	123
Glucosaminoglucanos	123
Proteoglucanos	
Proteínas fibrosas de la MEC	
Moléculas mediadoras de la adhesión celular	
Interacción célula-matriz extracelular	138
Membrana basal	
Bibliografía	142

CAPÍTULO 6. Componentes celulares involucrados en la síntesis, tráfico y distribución de las proteínas

Manuel Espinosa Pedroza

Objetivos temáticos	144
Introducción	144
Ribosomas	144
Reticulo endoplasmático rugoso	146
Aparato de Golgi	147
Lisosomas	147
Reticulo endoplasmático liso	148
Bibliografía	149

CAPÍTULO 7. Mitocondrias y peroxisomas

Ivonne Caballero Cruz

Objetivos temáticos	151
---------------------------	-----

Introducción	151
Organización estructural de la mitocondria	151
Introducción al estudio de la mitocondria	
Origen de la mitocondria	
Componentes de las membranas mitocondriales	
Formas de la mitocondria	
Las ATP sintetasas de las mitocondrias	
Cloroplastos	
ADN mitocondrial	
Organización funcional de la mitocondria	156
Glucólisis y cadena respiratoria	
La producción de ATP	
Teoría quimiosmótica de Mitchell (1961)	
Betaoxidación	
División mitocondrial	159
Estudios relacionados con la mitocondria	
La mitocondria y el cáncer	
Sobre la apoptosis	
Biogénesis y función de los peroxisomas	161
Sistema de desintoxicación celular	
Respuesta celular al estrés oxidativo	165
Radicales libres	
Los antioxidantes	
Importancia médica de los radicales libres	
Niveles óptimos de antioxidantes	
Bibliografía	170

CAPÍTULO 8. División y ciclo celular

Santiago René Anzaldúa Arce y Luis David Zepeda Domínguez

Objetivos temáticos	172
---------------------------	-----



Introducción	172
Ciclo celular	173
Interfase	
Sistema de control del ciclo celular	
Puntos de control del ciclo celular	
Diferenciación celular	179
Diferenciación de las células de los mamíferos	
Criterios de diferenciación celular	
La diferenciación celular no es en todos los casos una característica permanente	
Citodiferenciación y genes	
Control de proceso de diferenciación celular	
Desdiferenciación	
Diferenciación celular y cáncer	
División celular	184
Mitosis	
Meiosis	
Bibliografía	199

CAPÍTULO 9. Señalización celular

María de Lourdes Juárez Mosqueda e Icela Palma Lara

Objetivos temáticos	202
Introducción	202
Principios de la señalización celular	202
Mensajeros celulares	
Receptores: los “oídos” de las células	204
Receptores externos (de superficie celular)	
Acoplamiento del receptor con su ligando	
Receptores acoplados a proteína G	

Sistema de la adenilato ciclasa	
Sistema fosfoinosítidos-calcio	
Transducción de la señal	208
Propagación intracelular y amplificación de la señal	
Receptores con actividad enzimática	
Hormonas eicosanoides	
Tipos de comunicación celular	215
Comunicación celular: tipos y funciones	
Tipos de respuesta a las moléculas de señalización	
Adaptabilidad	
Importancia biomédica	
Bibliografía	218

CAPÍTULO 10. Bases celulares de la inmunidad

Mario Pérez Martínez y Olivia Rodríguez Morales

Objetivos temáticos	220
Introducción	220
Células de la respuesta inmune	220
Respuesta inmune innata	
Respuesta inmune adaptativa	
Células de la respuesta inmune innata	
Células de la respuesta inmune adaptativa	223
Linfocitos	
Células presentadoras de antígeno (CPA)	
Células efectoras	
Características funcionales de la respuesta inmune	228
Aspectos generales	
Procesamiento y presentación del antígeno	
Función de las células T y el reconocimiento del antígeno	

Activación de la célula B y la síntesis de anticuerpos	
Regulación de la respuesta inmunológica	
Función del Tejido Linfoide Asociado a las Mucosas (TLAM)	
Inmunodetección de moléculas	233
Inmunocitoquímica	
Electroforesis	
Citometría de flujo	
Pruebas primarias de unión antígeno-anticuerpo	
Pruebas secundarias de unión	
Pruebas <i>in vivo</i>	
Bibliografía	240

CAPÍTULO 11. Muerte celular y cáncer

María de Lourdes Juárez Mosqueda y Olivia Rodríguez Morales

Objetivos temáticos	243
Introducción	243
Muerte celular	243
Características del proceso de apoptosis y necrosis	244
Apoptosis <i>versus</i> necrosis	
Aspectos morfológicos, celulares y moleculares del cáncer	256
Cáncer	
Aspectos morfológicos del cáncer	
Etapas del proceso carcinógeno	
Metástasis	
Agentes etiológicos del cáncer	
Bases moleculares del cáncer	
Episodios de mutación y expansión del cáncer	
Terapia anticáncer	
Bibliografía	270

CAPÍTULO 12. Aplicación de la biología celular a la medicina veterinaria y zootecnia

Jorge Hernández Espinosa

Objetivos temáticos	272
Introducción	272
Animales manipulados genéticamente	272
Terapia génica	
Técnica de microinyección en el ovocito fecundado	
Técnica de introducción de un transgén con el empleo de virus	
Técnica con células de teratocarcinoma portadoras del transgén	
Bibliografía	277

CAPÍTULO 13. Métodos en biología celular

María de Lourdes Juárez Mosqueda y Juan Ocampo López

Objetivos temáticos	279
Introducción	279
Microscopía electrónica	280
Breve consideración histórica sobre la microscopía electrónica	280
El microscopio electrónico moderno	280
Funcionamiento de un microscopio electrónico de transmisión	280
Preparación de muestras biológicas	281
Métodos para estudiar el ADN	286
Fragmentación del ADN	
Secuenciación de nucleótidos	
Hibridización de ácidos nucleicos	
Amplificación del ADN por la técnica de PCR	



Clonación del ADN		
Ingeniería del ADN		
pH.....	295	
Concepto de ácido y base		
Disociación del agua		
Fundamento y aplicación del concepto de pH		
Sistemas reguladores de pH		
Cálculo práctico del pH en diversas sustancias		
Aislamiento e identificación de proteínas	302	
Ultracentrifugación, cromatografía y SDS-PAGE		
Cultivo de células	306	
Separación de células a partir de un tejido		
Cultivos celulares		
Líneas celulares		
Inmunodetección de moléculas con anticuerpos.....	309	
Bibliografía	312	



1



Evolución celular



Capítulo 1

Evolución celular

María de Lourdes Juárez Mosqueda

Objetivos temáticos

- Teoría celular y concepto de célula.
- De las moléculas a la primera célula.
- De las procariontes a las eucariontes.

Introducción

El siglo XIX constituye una época extraordinariamente fecunda para el desarrollo de las ciencias naturales, entre ellas la biología, cuyo nombre no se acuñó sino hasta comienzos del siglo pasado, cuando los conocimientos que la integraban ameritaron considerarla como una disciplina distinta de la medicina y más amplia que la llamada historia natural. Es en el año de 1800 cuando se introduce el vocablo “biología”, el cual se registra por primera vez en una oscura publicación alemana para denotar el estudio del hombre desde el punto de vista morfológico, fisiológico y psicológico, y dos años más tarde (1802) aparece de nuevo, introducido por el médico y naturalista alemán Gottfried R. Treviranus, pero ahora con una connotación más cercana a la actual.

Treviranus, en su tratado *Biologie*, define a la biología o ciencia de la vida como aquella cuyo objeto de estudio “...serán los diferentes fenómenos y las diferentes formas de vida, las condiciones y las leyes bajo las que ocurren y las causas que la producen...”.

En contra de la era puramente taxonómica y descriptiva de entonces, el objeto de estudio de la nueva ciencia era el funcionamiento de los seres vivos para tratar de entender el fenómeno de la vida y sus manifestaciones.

Los biólogos del siglo XIX se preocuparon por la búsqueda de un principio común de estructura capaz de responder al *qué es* de la vida, de la naturaleza, de los seres. Imbuidos de esta idea, estudiaron los fenómenos vitales buscando incesantemente las propiedades comunes que caracterizan a los seres vivos y que los distinguen de los objetos inanimados.

En el siglo pasado se gestan y establecen una serie de generalizaciones fundamentales, universales y teorías sobre las que descansa el edificio de la biología contemporánea.

Ejemplos de este tipo de procesos extraordinarios en la historia de la biología son la teoría celular, la de la herencia mendeliana, la de la selección natural, el concepto de medio interno y su homeostasis, etcétera.



La biología celular (antiguamente llamada citología) es una rama reciente de la ciencia de la vida. Ésta fue reconocida a finales del siglo pasado como una disciplina independiente. La biología celular se dedica al estudio de la célula como una unidad fundamental de la materia viviente. Su temprana historia está íntimamente unida al desarrollo de las lentes ópticas y la combinación de éstas en la construcción del microscopio compuesto. El establecimiento de la teoría celular estuvo relacionada de modo más directo con el origen de la biología celular.

Aquí el biólogo trabaja de manera virtual con objetos que el hombre no puede ver, oír, ni tocar de manera directa; aún así, y a pesar de este gran inconveniente, las células son objeto de miles de publicaciones al año en las que se estudian casi todos los aspectos de su diminuta estructura. De muchas formas el estudio de la biología celular constituye un tributo a la curiosidad humana, así como a la inteligencia creativa que elabora los medios por los cuales puedan efectuarse estos descubrimientos.

Por otra parte, las características de un tejido, órgano o sistema de órganos depende, en última instancia, de las células que lo forman. La comprensión de las propiedades básicas estructurales y funcionales de la célula proporciona la base esencial para el análisis de los problemas de la fisiología de los órganos, la biología del desarrollo, la histología o cualquier otra área relacionada. Entonces el estudio de la biología celular no sólo es importante por sí misma, sino también es invaluable para estudiar infinidad de fenómenos en las ciencias biológicas. De la misma manera, esta disciplina es de gran importancia en las numerosas áreas de la investigación médica, pues se cree que la mayor parte de las enfermedades y el envejecimiento se deben a alteraciones que implican funciones celulares y moleculares.

Teoría celular y concepto de célula

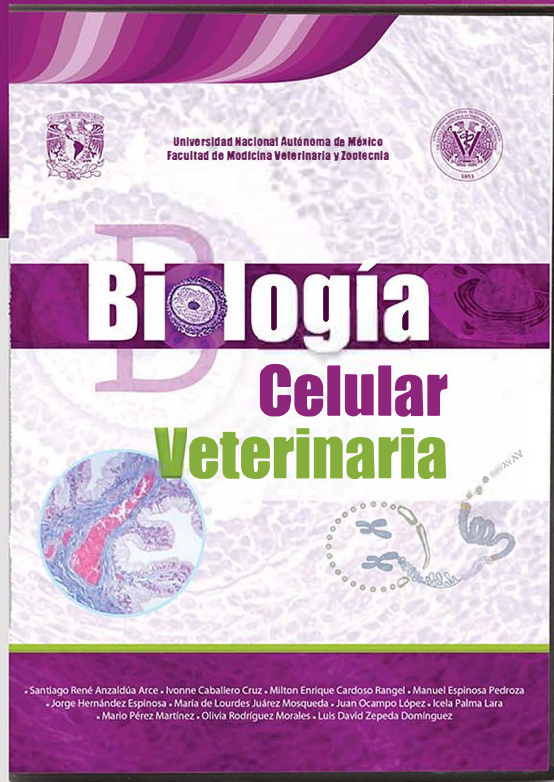
Postulados de la doctrina celular

La teoría celular puede considerarse como la culminación de la búsqueda de un principio general o fundamental de organización de los seres vivos.

Aunque atribuida por tradición histórica a Schleiden (1804-1881), botánico de Hamburgo, y a Schwann (1810-1882), zoólogo de Neuss, la teoría celular no surgió de manera simple e improvisada en la mente y las observaciones de estos científicos. Ya desde el siglo XVII varios microscopistas habían visto células, si bien ninguno de ellos supo entender su significado e incorporar sus experiencias en un marco teórico general; en otras palabras, ninguno de ellos supo interpretar sus hallazgos para develar el principio biológico subyacente.

Los postulados que sostiene la teoría celular, como se entiende ya en este siglo, se resumen como sigue:

1. La célula es la unidad anatómica o estructural de los seres vivos. Todos los seres vivos —animales, plantas o protozoarios— están formados por células sueltas o asociaciones de células y sus productos.
2. Unidad de vida. La célula es la unidad mínima de materia capaz de tener vida independiente. Las formas más elementales de vida están constituidas por células solitarias.
3. Unidad de origen: *omnis cellula e cellula*. Toda célula se origina de otra célula preexistente por un proceso de división que comprende dos etapas secuenciales: mitosis o división nuclear y citocinesis o división citoplasmática. Las células germinales se dividen por un proceso llamado meiosis.



Venta del Libro

en la librería de la Biblioteca
“MV José de la Luz Gómez” de la FMVZ-UNAM

Comunidad UNAM: \$ 60.00 MN
Público en general: \$ 120.00 MN