



## **BIOLOGÍA CELULAR MOLECULAR**

CARRERA: LICENCIATURA EN BIOTECNOLOGÍA

### **I. IDENTIFICACIÓN**

- |    |                          |            |
|----|--------------------------|------------|
| 1. | Código                   | : 35B      |
| 2. | Horas Semanales de Clase | : 6        |
|    | 2.1. Teóricas            | : 2        |
|    | 2.2. Prácticas           | : 4        |
| 3. | Crédito                  | : 4        |
| 4. | Pre-Requisito            | : Biología |

### **II. JUSTIFICACIÓN**

El panorama cambiante de la educación en biotecnología presenta numerosos desafíos para la formación de estudiantes, educadores y profesionales. El crecimiento exponencial en el conocimiento relacionado a la genómica, proteómica, la revolución computacional y la fusión de los que alguna vez fueron campos separados en biología, química, física y matemática, han servido de base para diseñar la nueva estrategia para preparar a los alumnos de grado para el futuro.

La biología celular molecular es una disciplina científica que está en pleno desarrollo en el mundo entero. El estudio de las estructuras celulares desde el punto de vista de sus constituyentes moleculares, en particular las moléculas de proteínas y ácidos nucleicos, ha sido una tendencia de la biología moderna que ha permitido conocer el rol de cada constituyente celular en el contexto de la regulación de la expresión genética.

A través de esta asignatura, el estudiante de Biotecnología conocerá la organización estructural/funcional de las células así como los conceptos modernos relacionados a la introducción de elementos de ingeniería genética y biotecnología molecular.

### **III. OBJETIVOS GENERALES**

**Al término del desarrollo de la disciplina el estudiante será capaz de:**

1. Aplicar y evaluar métodos adecuados para la investigación y desarrollo en áreas relevantes de la Biología Celular



Molecular, mediante la comprensión de las características estructurales y funcionales de células eucariotas y procariotas, así como de las técnicas para su estudio.

2. Interpretar a la célula como un todo, identificando que los diversos componentes celulares no son compartimentos aislados del resto.

#### **IV. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

**Al término del desarrollo de la asignatura el estudiante será capaz de:**

- a) Correlacionar los distintos componentes estructurales de las células con su organización molecular y sus funciones.
- b) Interrelacionar las estructuras celulares con la dinámica de las mismas.
- c) Describir los mecanismos moleculares de los principales procesos celulares.
- d) Conocer la biogénesis de los componentes celulares.
- e) Relacionar la estructura y funciones de los componentes celulares y extracelulares.
- f) Analizar imágenes obtenidas en microscopía óptica y electrónica.
- g) Realizar búsquedas de bibliografía científica especializada y de calidad en bases de datos mediante diferentes criterios de búsqueda.
- h) Iniciarse en la lectura y comprensión de artículos científicos.

#### **V. CONTENIDOS**

##### **a. UNIDADES PROGRAMÁTICAS**

1. Uso del microscopio óptico
2. Técnicas de extracción, separación y análisis de moléculas biológicas
3. Estudios biológicos
4. Estructura y función celular: Membrana celular
5. Estructura y función celular: Señalización celular
6. Estructura y función celular: Orgánulos



7. Estructura y función celular: Citoesqueleto y matriz celular
8. Estructura y función celular: Núcleo
9. Ciclo celular y su control

## **b. DESARROLLO DE LAS UNIDADES PROGRAMÁTICAS**

### **1. Uso del microscopio óptico**

- 1.1. Fundamentos de la microscopía óptica
  - 1.1.1. Componentes del microscopio óptico
  - 1.1.2. Microscopio invertido
  - 1.1.3. Iluminación Koehler
  - 1.1.4. Enfoque de objetivos en aceites de inmersión
  - 1.1.5. Precauciones en el manejo del equipo óptico
- 1.2. Difracción y resolución espacial
- 1.3. Microscopía de contraste de fases y de campo oscuro
- 1.4. Microscopio de polarización
- 1.5. Microscopía DIC
- 1.6. Microscopía de fluorescencia
- 1.7. Microscopía de *scanning* laser confocal
- 1.8. Microscopía con video y procesamiento de imágenes

### **2. Técnicas de extracción, separación y análisis de moléculas biológicas**

- 2.1. Aislamiento, purificación y fraccionamiento de proteínas
  - 2.1.1. Precipitación selectiva
  - 2.1.2. Cromatografía líquida de columna
  - 2.1.3. Electroforesis en gel
  - 2.1.4. Medición y análisis de proteínas
- 2.2. Identificación de la estructura de proteínas y complejos multisubunitarios
- 2.3. Métodos de separación bidimensionales
- 2.4. Difracción de rayos X
- 2.5. Purificación de ácidos nucleicos
- 2.6. Fraccionamiento de ácidos nucleicos
  - 2.6.1. Electroforesis en gel
  - 2.6.2. Ultracentrifugación
- 2.7. Hibridación de ácidos nucleicos
- 2.8. Síntesis química de ácidos nucleicos
- 2.9. Reacción en cadena de la polimerasa (PCR)

### **3. Estudios biológicos**



- 3.1. Centrifugación diferencial
- 3.2. Autorradiografía
- 3.3. Uso de radioisótopos
- 3.4. Cultivos celulares
- 3.5. Citometría de flujo
- 3.6. Anticuerpos monoclonales
- 3.7. Aislamiento y análisis funcionales de los organelos
- 3.8. Métodos de estudio para el transporte vesicular
- 3.9. Técnicas *in vitro*
- 3.10. Microdissección *laser*
- 3.11. Espectrometría de masas
- 3.12. Resonancia magnética nuclear
- 3.13. Microscopía electrónica
  - 3.13.1. Microscopía electrónica de transmisión
  - 3.13.2. Microscopía electrónica de barrido
  - 3.13.3. Microscopía electrónica analítica
- 3.14. Microscopía de fuerza atómica

#### **4. Estructura y función celular: Membrana celular**

- 4.1. Composición química
- 4.2. Lípidos
- 4.3. Carbohidratos
- 4.4. Estructura y funciones de las proteínas
  - 4.4.1. Proteínas integrales: Estructura y propiedades
  - 4.4.2. Proteínas periféricas
  - 4.4.3. Proteínas fijadas y lípidos
- 4.5. Fluidez
- 4.6. Naturaleza dinámica
- 4.7. Movimiento de sustancias a través de la membrana
- 4.8. Acarreadores
- 4.9. Transporte activo
- 4.10. Canales iónicos
- 4.11. Homeostasis de glucosa
- 4.12. Canales de agua en el riñón
- 4.13. Uniones de células entre sí y con la matriz extracelular
- 4.14. Complejo de unión (banda de cierre)
  - 4.14.1. *Zonula occludens*
  - 4.14.2. *Zonula adherens*
  - 4.14.3. *Macula adherens* (desmosoma)
- 4.15. Uniones septadas
- 4.16. Interdigitaciones



- 4.17. Moléculas de adhesión a células (CAM) o al sustrato (SAM)
  - 4.17.1. Cadherinas
  - 4.17.2. Selectinas
  - 4.17.3. Integrinas
  - 4.17.4. Moléculas de la superfamilia inmunoglobulinas
- 4.18. Uniones de comunicación (de hendidura o nexo)
- 4.19. Hemidesmosoma
- 4.20. Pared celular vegetal
- 4.21. Cubierta celular bacteriana

## **5. Estructura y función celular: Señalización celular**

- 5.1. Mensajeros químicos
- 5.2. Receptores
- 5.3. Localizados en la membrana plasmática
  - 5.3.1. Grupo de receptores con actividad enzimática
    - 5.3.1.1. Grupo de receptores acoplados a proteínas G
    - 5.3.1.2. Receptores sin actividad enzimática pero asociados a proteínas citosólicas
    - 5.3.1.3. Receptores accesorios o correceptores
- 5.4. Mecanismos transductores
- 5.5. Receptores nucleares

## **6. Estructura y función celular: Orgánulos**

- 6.1. Mitocondrias
  - 6.1.1. Aislamiento
  - 6.1.2. Origen y evolución
  - 6.1.3. Cadena respiratoria
  - 6.1.4. Cambios de energía y flujo de electrones
  - 6.1.5. Síntesis de ATP
  - 6.1.6. Hipótesis quimiosmótica
  - 6.1.7. Metabolismo oxidativo
  - 6.1.8. Estructura de la sintetasa de ATP
  - 6.1.9. Formación de ATP
  - 6.1.10. Mitocondrias y envejecimiento
- 6.2. Cloroplastos
  - 6.2.1. Desarrollo de los plástidos
  - 6.2.2. Comunicación núcleo-cloroplasto
  - 6.2.3. Origen de los plástidos
  - 6.2.4. Importe de proteínas



- 6.2.5. Absorción de luz
- 6.2.6. Unidades fotosintéticas y centros de reacción
- 6.2.7. Fijación de dióxido de carbono y síntesis de carbohidratos
- 6.3. Retículo endoplásmico
  - 6.3.1. Biogénesis
  - 6.3.2. Retículo endoplásmico liso
    - 6.3.2.1. Síntesis de lípidos
    - 6.3.2.2. Reciclamiento de membranas
    - 6.3.2.3. Desintoxicación
    - 6.3.2.4. Síntesis de hormonas esteroides
    - 6.3.2.5. Secuestramiento de Calcio
- 6.4. Retículo endoplásmico rugoso
  - 6.4.1. Transporte de las proteínas precursoras desde el citosol: *Targeting*
  - 6.4.2. Translocación de proteínas
  - 6.4.3. Proteínas residentes del lumen
  - 6.4.4. Translocación cotraduccional
  - 6.4.5. Translocación postraduccional
  - 6.4.6. Integración de proteínas transmembranales
  - 6.4.7. Modificaciones cotraduccionales y postraduccionales de proteínas
  - 6.4.8. Plegamiento de proteínas
  - 6.4.9. Exportación de proteínas
- 6.5. Aparato de Golgi
  - 6.5.1. Biogénesis
  - 6.5.2. Transporte vesicular
    - 6.5.2.1. Gemación de vesículas
    - 6.5.2.2. Coatómeros
    - 6.5.2.3. Tráfico
    - 6.5.2.4. Transporte anterógrado y retrógrado
    - 6.5.2.5. Maduración y función de las vesículas
  - 6.5.3. Modificaciones postraduccionales
- 6.6. Lisosomas
  - 6.6.1. Descubrimiento
  - 6.6.2. Clasificación funcional
    - 6.6.2.1. Lisosomas primarios
    - 6.6.2.2. Vesículas autofágicas
    - 6.6.2.3. Fagolisosomas
    - 6.6.2.4. Endosomas
    - 6.6.2.5. Cuerpos multivesiculares
    - 6.6.2.6. Cuerpos residuales



- 6.6.3. Capacidad digestiva
- 6.6.4. Acidificación
- 6.6.5. Biogénesis
- 6.6.6. Transporte vesicular de macromoléculas
  - 6.6.6.1. Maquinaria
  - 6.6.6.2. Pinocitosis
  - 6.6.6.3. Clatrina
  - 6.6.6.4. Adaptinas
- 6.7. Rutas de transporte intracelular de vesículas endocíticas
  - 6.7.1. Membrana plasmática a lisosomas
  - 6.7.2. Membrana plasmática al Golgi
  - 6.7.3. Ruta transcelular
  - 6.7.4. Transporte axonal retrógrado
- 6.8. Organelos procarióticos

## **7. Estructura y función celular: Citoesqueleto y matriz celular**

- 7.1. Microfilamentos y filamentos intermedios
- 7.2. Estructuras de actina
- 7.3. Dinámica del ensamblaje de actina
- 7.4. Estructura y función de los homólogos bacterianos de actina
- 7.5. Movimientos celulares impulsados por miosina
- 7.6. Locomoción celular
- 7.7. Filamentos intermedios
- 7.8. Microtúbulos
- 7.9. Organización y dinámica de los microtúbulos
- 7.10. Movimientos impulsados por kinesina y dineína
- 7.11. Cilios y flagelos
- 7.12. Dinámica de los microtúbulos y proteínas motoras en la mitosis
- 7.13. Citocinesis

## **8. Estructura y función celular: Núcleo**

- 8.1. Morfología y función
- 8.2. Aspectos evolutivos
- 8.3. Envoltura nuclear
- 8.4. Cromosomas y cromatina
  - 8.4.1. Características generales
  - 8.4.2. Distribución en el espacio nuclear
  - 8.4.3. Nucleosomas



- 8.4.4. Eucromatina
- 8.4.5. Heterocromatina
- 8.4.6. Centrómeros
- 8.4.7. Telómeros
- 8.5. Partículas ribonucleoproteicas no-nucleolares
  - 8.5.1. Fibras pericromatinianas
  - 8.5.2. Polipartículas
  - 8.5.3. Gránulos pericromatinianos
  - 8.5.4. Transporte intranuclear de las partículas que contienen mRNA
  - 8.5.5. Gránulos intercromatinianos
  - 8.5.6. Cuerpos espiralados
  - 8.5.7. Cuerpos nucleares
- 8.6. Matriz nuclear
  - 8.6.1. Lámina
  - 8.6.2. Matriz nuclear interna
  - 8.6.3. Nucleolo
  - 8.6.4. Restos nucleolares
- 8.7. Envoltura nuclear
  - 8.7.1. Complejos de poro
  - 8.7.2. Permeabilidad y transporte en el poro
    - 8.7.2.1. Importinas
    - 8.7.2.2. Exportinas
    - 8.7.2.3. Proteínas Ran

## **9. Ciclo celular y su control**

- 9.1. Etapas del ciclo celular
- 9.2. Regulación del ciclo celular
  - 9.2.1. Genes del ciclo de división celular
  - 9.2.2. Regulación positiva por protooncogenes. Ciclinas y Quinasas dependientes de Ciclinas
  - 9.2.3. Regulación negativa por genes supresores de tumores. Proteínas de verificación
  - 9.2.4. Mitógenos, Factores de Crecimiento y Factores de Supervivencia
  - 9.2.5. Señales alternativas que regulan el ciclo celular
- 9.3. División celular
  - 9.3.1. Significado biológico
  - 9.3.2. Mitosis
    - 9.3.2.1. Profase
    - 9.3.2.2. Prometáfase
    - 9.3.2.3. Metafase





- 9.3.2.4. Anafase
- 9.3.3. Citocinesis
- 9.3.4. Mitosis atípicas
- 9.4. Meiosis
  - 9.4.1. Significado biológico
  - 9.4.2. Vegetal
  - 9.4.3. Animal
  - 9.4.4. Primera división meiótica
    - 9.4.4.1. Leptoteno
    - 9.4.4.2. Cigoteno
    - 9.4.4.3. Paquiteno
    - 9.4.4.4. Diploteno
    - 9.4.4.5. Dictioteno
    - 9.4.4.6. Diacinesis
    - 9.4.4.7. Prometáfase I
    - 9.4.4.8. Metafase I
    - 9.4.4.9. Anafase I
    - 9.4.4.10. Telófase I
  - 9.4.5. Segunda división meiótica
  - 9.4.6. Muerte celular
    - 9.4.6.1. Necrosis
    - 9.4.6.2. Apoptosis
    - 9.4.6.3. Entosis
- 9.5. Sincronización de la dinámica cromosómica y de la división celular en bacterias

### **c. METAS PEDAGÓGICAS**

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Uso del microscopio óptico”, el estudiante será capaz de:**

- i. Esquematizar la estructura básica de microscopios ópticos.
- ii. Identificar las funciones de cada uno de los componentes de microscopios ópticos.
- iii. Explicar los fundamentos físicos en los que se basa la microscopía óptica.
- iv. Justificar el empleo de las diferentes técnicas de microscopía según el caso biológico particular.



**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Técnicas de extracción, separación y análisis de moléculas biológicas”, el estudiante será capaz de:**

- a) Citar las fases consecutivas durante el aislamiento, purificación y análisis de ácidos nucleicos y proteínas.
- b) Comprender los fundamentos fisicoquímicos en los que se basa la difracción de rayos X para el análisis de moléculas biológicas.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estudios biológicos”, el estudiante será capaz de:**

- a) Comprender la aplicabilidad biotecnológica de los distintos métodos de estudios biológicos.
- b) Esquematizar la estructura básica de microscopios electrónicos.
- c) Identificar las funciones de cada uno de los componentes de microscopios electrónicos.
- d) Explicar los fundamentos físicos en los que se basa la microscopía electrónica.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estructura y función celular: Membrana celular”, el estudiante será capaz de:**

- a) Interrelacionar las distintas funciones de la membrana.
- b) Interpretar los estudios realizados sobre la estructura de la membrana.
- c) Correlacionar la estructura de las proteínas de membrana con sus funciones.
- d) Explicar la función de los lípidos en términos de fluidez de la membrana.
- e) Describir en términos moleculares y termodinámicos el movimiento de sustancias a través de las membranas.
- f) Describir las características del espacio extracelular.



- g) Analizar las interacciones de las células con los materiales extracelulares.
- h) Identificar las interacciones de las células entre sí.
- i) Comprender la función de las zonas de oclusión en el sellado del espacio extracelular.
- j) Comprender la función de las uniones comunicantes como mediadores de la comunicación intercelular.
- k) Correlacionar la estructura molecular de las paredes celulares con sus funciones biológicas.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estructura y función celular: Señalización celular”, el estudiante será capaz de:**

- a) Identificar los elementos básicos de los sistemas de señalización celular.
- b) Describir en términos moleculares el funcionamiento de los mensajeros extracelulares y sus receptores.
- c) Describir en términos moleculares el funcionamiento de los receptores unidos a proteína G y sus segundos mensajeros.
- d) Describir los mecanismos de transducción de señal.
- e) Identificar la función del calcio como mensajero intracelular.
- f) Identificar la función del óxido nítrico como mensajero intercelular.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estructura y función celular: Orgánulos”, el estudiante será capaz de:**

- a) Calcular el balance energético en los procesos metabólicos celulares.
- b) Comprender las fases del metabolismo oxidativo en la mitocondria.



- c) Identificar la función de las mitocondrias en la formación de ATP.
- d) Correlacionar la traslocación de protones con el establecimiento de una fuerza electromotriz.
- e) Identificar las funciones de los peroxisomas.
- f) Correlacionar la estructura de los cloroplastos con su función biológica.
- g) Comprender el metabolismo fotosintético.
- h) Comprender el funcionamiento de las unidades fotosintéticas y los centros de reacción.
- i) Describir en términos moleculares el proceso de fijación de carbono y síntesis de carbohidratos.
- j) Interpretar la información obtenida de la autoradiografía, de la proteína verde fluorescente, del análisis bioquímico de las fracciones celulares y de los sistemas libres de células en el estudio de las endomembranas.
- k) Citar los distintos tipos de transporte en vesículas y sus funciones.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estructura y función celular: Citoesqueleto y matriz celular”, el estudiante será capaz de:**

- a) Identificar los distintos componentes del citoesqueleto celular.
- b) Comprender los fundamentos de las técnicas empleadas en el estudio de citoesqueleto.
- c) Explicar en términos moleculares los procesos relacionados al movimiento de estructuras intracelulares.
- d) Explicar en términos moleculares los procesos relacionados a la locomoción celular.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Estructura y función celular: Núcleo”, el estudiante será capaz de:**

- a) Comprender el rol central del núcleo eucariota y sus partes en los procesos celulares.



- b) Describir en términos moleculares la estructura de los cromosomas de células eucariotas.
- c) Describir la función de las partículas ribonucleoproteicas no-nucleolares.

**Al finalizar el estudio y práctica de la Unidad “Ciclo celular y su control”, el estudiante será capaz de:**

- a) Describir en términos moleculares las fases del ciclo celular.
- b) Describir la cadena de eventos que se suceden en la Fase M.
- c) Reconocer la importancia y las consecuencias biológicas de la meiosis.
- d) Citar los distintos tipos de muerte celular y las diferencias subyacentes.

**VI. METODOLOGÍA (consideraciones generales para el abordaje académico)**

La metodología formativa incluirá:

1. Clases magistrales en las que el profesor planteará los fundamentos teóricos de la asignatura y resolverá las dudas y cuestiones planteadas por el alumno.
2. Prácticas en el laboratorio de microscopía en las que se efectuará el análisis de micrografías y la observación de preparaciones cito-histológicas.
3. Seminarios para la realización de trabajos en grupo por parte de los alumnos sobre temas relacionados con los contenidos de la asignatura.
4. Ejercicios prácticos y consultas bibliográficas utilizando una plataforma de *e-learning*.
5. Tutorías personalizadas (presenciales y *on-line*) en las que el profesor orientará al alumno en su labor de estudio y resolverá las dudas que le plantee.

**VII. MEDIOS AUXILIARES**



- i. Pizarra, marcadores y borrador
- ii. Textos básicos y de consulta
- iii. Publicaciones científicas
- iv. Cañón multimedia
- v. Herramientas computacionales de representación, modelado o simulación y otros programas informáticos
- vi. Plataforma de educación virtual

## **VIII. ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE**

La asignatura tiene por objeto dar una panorámica introductoria de los conceptos más modernos de la Biología Molecular y Celular, incluyendo elementos de Ingeniería Genética y Biotecnología, además de contribuir a generar en el alumno el interés por la experimentación científica, a través del aprendizaje de un nuevo vocabulario específico, de la resolución de problemas, de la realización de experimentos y del análisis crítico de experimentos clásicos y recientes tomados de la literatura.

Como detallado en el punto VII serán utilizadas estrategias educacionales consistentes en clases magistrales, laboratorios, autoaprendizaje, investigación, seminarios, problemas de análisis crítico, lectura de artículos originales y revisiones, redacción científica y lo más importante, involucrar al alumno en su proceso de educación. Esta no sólo es la base para un aprendizaje duradero sino también ayuda a brindar un sentimiento de pertenencia en el proceso. Mediante esta estrategia se persigue involucrar a los en su propia educación.

Los alumnos serán requeridos en lo que respecta a buscar información por ellos mismos, no sólo en las páginas de un libro de texto. De esta manera, los alumnos aprenderán, además de utilizar los recursos disponibles, a buscar material relacionado a determinado tópico y reportar de manera eficiente lo que han encontrado.

Se pretende también adoptar una visión educacional más moderna, i.e. aquella que se aleja de los numerosos *tests* y que en reemplazo utiliza otros métodos para evaluar el progreso de los alumnos, como los reportes de laboratorio que imitan artículos de investigación originales, reportes de investigación y presentaciones, reportes de literatura científica y artículos tópico-específicos. Con esta estrategia



se pretende que los alumnos tengan mayores oportunidades de demostrar proficiencia en esas habilidades que los educadores modernos consideran necesarias para realizar progresos en el futuro. Antes que sólo envolver a los alumnos con el método científico en algún punto de su formación de pregrado, se pretende integrar el paradigma de la investigación desde el primer día del desarrollo programático.

La estrategia propuesta pretende también enseñar a los alumnos cómo realizar preguntas apropiadas, cómo diseñar experimentos e interpretar datos y cómo utilizar los recursos disponibles antes que enfocarse en cómo recordar datos.

Para las prácticas se proponen:

- Centrifugación-Fraccionamiento celular
- Diferenciaciones de la membrana celular
- Técnicas de coloración celular
- Métodos de esterilización de instrumental utilizado en biología celular molecular
- Tinción de Feulgen
- Introducción a la bioinformática aplicada
- Cilios y flagelos (Preparación/Observación/Interpretación de láminas)
- Impregnación Argéntica Nucleolar
- Mitosis y Meiosis (Preparación/Observación/Interpretación de láminas)
- Muerte celular (Observación/Interpretación de láminas)

## **IX. EVALUACIÓN (consideraciones generales para la evaluación del proceso)**

Se evaluarán tanto los conocimientos teóricos adquiridos, como la capacidad de relación entre los conocimientos teóricos y prácticos, y la exposición de trabajos y seminarios individuales y/o colectivos, y su capacidad para asimilar los conocimientos expuestos por estas vías. Para esta evaluación se realizarán pruebas presenciales y no presenciales, considerándose la participación del alumno en las actividades individuales *on-line* mediante la plataforma virtual.



## **X. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- ALBERTS B. Biología Molecular de la Célula. 5th ed. Ediciones Omega, 2010.
- COOPER G. M., HAUSMAN R. E., WRIGHT N. La célula. 5th ed. Marbán, 2009.
- JIMÉNEZ L. F., MERCHANT H. Biología Celular y Molecular. Pearson Educación, 2003.
- KARP G. Biología celular y molecular: conceptos y experimentos. 6th ed. Mc-Graw Hill Interamericana, 2011. ISBN : 9786071505040.
- LODISH H. Biología Celular y Molecular. 5th ed. Editorial Médica Panamericana, 2005.
- LOSICK R. M., SHAPIRO L. Cell Biology of Bacteria. Cold Spring Harbor, 2010.

## **COMPLEMENTARIA**

- CASSIMERIS L., LINGAPPA V. R., PLOPPER G. Lewin's Cells. Jones and Bartlett Publishers, 2010.
- CELIS J. E., CARTER N., SIMONS K., SMALL J. V., HUNTER T., SHOTTON D. Cell Biology, Four-Volume Set: A Laboratory Handbook. 3rd ed. Academic Press, 2005.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

---

PLAN 2011

- COX G. Optical Imaging Techniques in Cell Biology. CRC Press, 2006.
- DE ROBERTIS E. D., HIB J., PONZIO R. Biología celular y molecular de De Robertis. 15th ed. El Ateneo, 2006.
- EGERTON R. F. Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM. Springer, 2005.
- FRANK J. Three-Dimensional Electron Microscopy of Macromolecular Assemblies: Visualization of Biological Molecules in Their Native State. 2nd ed. Oxford University Press, USA, 2006.
- GOLDMAN R. D., SWEDLOW J. R., SPECTOR D. L. Live Cell Imaging: A Laboratory Manual. 2nd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2009.
- GREEN D. R. Means to and End: Apoptosis and Other Cell Death Mechanisms. Cold Spring Harbor, 2010.
- HYNES R. O., YAMADA K. M. Extracellular Matrix. Cold Spring Harbor Laboratory, 2011.
- KARLSSON C., ED. « Light Microscopy ». Nature Cell Biology. Disponible en:  
<<http://www.nature.com/milestones/milelight/index.html>>
- LEWIN B. Lewin's Genes X. Jones and Bartlett, 2011.
- MURPHY D. B. Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging. Wiley-Liss, 2001.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA

PLAN 2011

- NATH D., ED. « Membrane biology ». Nature. 2005, Vol. 438, n°7068, p. 577-621. Disponible en:  
<[http://www.nature.com/nature/supplements/insights/membrane\\_biology/index.html](http://www.nature.com/nature/supplements/insights/membrane_biology/index.html)>
  
- NATH D., DHAND R., EGGLESTON A., EDS. « Building a Cell ». Nature. 2010, Vol. 463, n°7280, p.445-492.  
Disponible en:  
<http://www.nature.com/nature/supplements/insights/buildingacell/index.html>
  
- NELSON W. J., FUCHS E. Cell-Cell Junctions. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 2010.
  
- PANIAGUA R. Citología e Histología Vegetal y Animal. 4th ed. McGraw-Hill Interamericana, 2007.
  
- SASSONE-CORSI P., FULLER M. T., BRAUN R. Germ Cells. Cold Spring Harbor Laboratory, 2011.
  
- WATSON J. D., MYERS R. E., CAUDY A. A., WITKOWSKI J. A. DNA Recombinante: Genes y Genomas. 3rd ed. Artmed, 2009.
  
- WRIGHT A., CAMPBELL P. « Physics and the Cell ». Nature Physics. October 2010,. Vol. 6, n°10, p. 725-758.  
Disponible en:  
<http://www.nature.com/nphys/insight/physics-cell/index.html>