

**Aspectos generales**

<b>Título:</b>	CURSO BÁSICO: BIOLOGIA CELULAR
<b>Semestre:</b>	2025-2
<b>Sede:</b>	Instituto de Biotecnología UNAM
<b>Horario:</b>	Martes y Jueves 9:00 AM - Duración 3 hrs.
<b>No. sesiones:</b>	29
<b>Duración de la sesión:</b>	3.00
<b>Cupo total:</b>	10
<b>Observaciones:</b>	<p>Metodología de enseñanza: Presentación oral del profesor y/o de los alumnos con el apoyo de material audiovisual. Análisis y discusión de libros de texto, revisiones y artículos especializados con la participación activa de los alumnos.</p> <p>Clases: Martes y Jueves 9:00 AM - Duración 3 hrs.</p> <p>Evaluación: La calificación final la constituyen: el promedio general de las evaluaciones de cada sección, la cual será definida con el (la) profesor(a) o profesores de cada sección -en general hay una evaluación escrita de cada sección la cual se realiza la tarde del lunes siguiente al término la cada sección- (75%); la calificación del examen departamental (15%), y la calificación de la exposición de los proyectos de investigación de cada alumno (10%).</p> <p>Exposición del proyecto de investigación: Los alumnos presentarán su proyecto de investigación en inglés a un profesor visitante, tanto el investigador(a) y la fecha quedan por confirmar. El objetivo de esta actividad es que los estudiantes piensen y ubiquen en que área de la Biología Celular se encuentran sus proyectos de investigación (la razón por la que tomaron el curso, o por la que el curso les sirve para entender su proyecto). La exposición será de 10 min. y 5 min. para la discusión del proyecto. Los estudiantes deberán permanecer en cada una de las exposiciones y participar activamente en la discusión.</p> <p>Presentación de proyecto 10 de abril 2025</p> <p>Examen departamental 8 de mayo 2025</p>

**Tutor responsable**

<b>Nombre:</b>	DENHI SCHNABEL PERAZA
<b>Entidad:</b>	Instituto de Biotecnología
<b>Email:</b>	<a href="mailto:denhi.schnabel@ibt.unam.mx">denhi.schnabel@ibt.unam.mx</a>
<b>Teléfono:</b>	7773291663

**Métodos de evaluación**

MÉTODO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Departamental	1	15%
examen	9	75%
Presentación	1	10%

**Integrantes**

INTEGRANTE	ROL	HORAS	ACTIVIDAD COMPLEMENTARIA
DENHI SCHNABEL PERAZA	Responsable	9.00	
ARNAUD JACQUES MARCEL RONCERET	Profesor invitado (MDCBQ)	3.00	
CHRISTOPHER DAVID WOOD	Profesor invitado (MDCBQ)	3.00	
CLAUDIA MARTINEZ ANAYA	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	
ENRIQUE SALAS VIDAL	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	
HELENA PORTA DUCOING	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	
JOSEPH DUBROVSKY	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	
MA. DEL CARMEN BELTRAN NUÑEZ	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	
OMAR HOMERO PANTOJA AYALA	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00	

PATRICIA LEÓN MEJÍA	Profesor invitado (MDCBQ)	7.00
PAVEL ISA	Profesor invitado (MDCBQ)	3.00
ROSANA SÁNCHEZ LÓPEZ	Profesor invitado (MDCBQ)	8.00
SVETLANA SHISHKOVA	Profesor invitado (MDCBQ)	6.00
TOMAS DAVID LÓPEZ DÍAZ	Profesor invitado (MDCBQ)	12.00

87/87

## Introducción

### Introducción.

Todos los organismos vivos, ya sean unicelulares o multicelulares, estamos constituidos por células. Nuestro cuerpo esta formado por trillones de células que funcionan de manera coordinada para mantener la homeostasis. Aunque todas las células del organismos contiene el mismo genoma, las funciones específicas que cada una realiza y que permiten la vida, se determinan durante el desarrollo embrionario, gracias a la expresión coordinada de distintos genes, los cuales codifican para las proteínas estructurales y funcionales que permiten la diferenciación de cada tipo celular del organismo (en animales: hepatocitos, neuronas, linfocitos etc., en plantas: células guardia, pelos radiculares, colenquima etc.). Sin embargo, a lo largo de la vida del organismo el funcionamiento normal de la células se ve alterada por diferentes estímulos medioambientales como: virus, patógenos, radiación, temperatura, falta o exceso de nutrientes. A estos estímulos la célula responde activando, una vez más, programas específicos de expresión genética que le permiten contender con dichos insultos y regresar a la homeostasis o morir en beneficio del organismo.

Por tanto, consideramos que entender a nivel molecular como funciona la célula es parte esencial de la formación de los estudiantes de posgrado en ciencias bioquímicas.

## Objetivos

El propósito de este curso es revisar los conceptos básicos de la biología celular de eucariontes, enfocándose en los principios comunes, tomando los ejemplos más relevantes en animales, plantas y micro-organismos

## Temario

### Temario.

#### I. Visualizando las células.

##### 1 clase

Chris Wood.

28 de enero 2025

1. Microscopía de luz.
2. Microscopía de fluorescencia.
3. Microscopía confocal.
4. Microscopía electrónica.

#### II. La Estructura de la Membrana Celular y el Transporte a través de las Membranas Celulares

##### 4 clases

Carmen Beltrán y Omar Pantoja.

30 enero, 4, 6 y 11 de febrero 2025

### 1. La estructura de la membrana

1. Algunas funciones de la membrana plasmática.
2. La bicapa lipídica.

-Composición: lípidos y características

-Estructura

-Propiedades

1. Lamelas, micelas, liposomas
2. Fluidez de la membrana
3. Asimetría de la bicapa lipídica
4. Composición lipídica de diferentes membranas

### 2. Proteínas de la membrana

1. Ejemplos de proteínas de membrana y sus funciones
2. Modelos de membrana (modelo del sandwich (Davson-Danielli), modelo del mosaico fluido (Singer & Nicolson) y microdominios de membrana (generalidades).
3. Tipos de asociación de proteínas con la membrana plasmática
4. Asimetría de la membrana.
5. Métodos para el estudio de proteínas de membrana:

-Reconstitución: solubilización con detergentes, fuerza iónica y agentes caotrópicos

-Cristalografía de rayos X.

-Criofractura.

-FRAP ("fluorescence recovery after photobleaching"). Aplicación a la cuantificación de movimiento lateral de proteínas de superficie y de lípidos.

### 3. Transporte a través de las membranas celulares

1. Principios

-Difusión, primera y segunda ley de Fick; coeficiente de permeabilidad

-Potencial químico, energía libre y potencial químico; actividad del agua y presión osmótica

-Potencial químico de iones, potencial eléctrico, electroneutralidad y capacitancia de la membrana; coeficiente de actividad para iones; ecuación de Nernst;

1. Proteínas acarreadoras y transporte activo

-Transportadores activos primarios

-Transportadores activos secundarios

-Transportadores pasivos

1. Canales iónicos y propiedades eléctricas de las membranas

-El modelo eléctrico de la membrana

-Tipos de canales iónicos

-Estructura molecular de los canales iónicos

-Propiedades de los canales iónicos

## III. Señalización Celular: Percepción y Transducción de Señales

4 clases

**Tomas David López**

13,18,20 y 25 de febrero 2025.

### 1. Generalidades

1. La señalización como una respuesta celular de adaptación al medio ambiente mediada por receptores.

-Distintos niveles y mecanismos de comunicación célula/célula

-Principios generales de la señalización en los organismos vivos:

1. Receptores específicos para un ligando
2. Efectores específicos de un receptor
3. Hormonas
4. Gases

5. Los receptores se clasifican en cuatro grandes categorías:

-Acoplados a proteínas G,

-Receptores con actividad de canales iónicos,

-Receptores con actividad de tirosin cinasa,

-Receptores sin actividad enzimática intrínseca.

1. Segundos mensajeros
2. Otras proteínas que participan en señalización:

-Proteínas con actividad de GTPasa

-Moléculas adaptadoras

-Cinasas y fosfatasas

1. Las moléculas que participan en señalización son modulares

### 2. Receptores acoplados a proteínas G y sus efectores

1. Vía de señalización: receptor, proteína G, adenilciclase/fosfodiesterasa
2. Ejemplos
3. Niveles de regulación de esta vía.

### 3. Receptores con actividad de tirosin cinasa y Ras

1. La unión con el ligando induce una dimerización del receptor y promueve la Autofosforilación
2. Ras: un miembro de la superfamilia de interruptores intracelulares
3. Papel de las proteínas adaptadoras y de los factores intercambiadores de nucleótidos de guanina en la interacción entre los receptores con actividad de tirosin cinasa y ras

### 4. La vía de las MAPK

1. Las señales captadas por Ras son transmitidas a una cascada de enzimas intracelulares con actividad de serin/treonin cinasa
2. Reguladores de la vía de las MAPK: 14.3.3 y Ksr
3. Diferentes MAPK responden a diferentes estímulos.

### 5. Segundos mensajeros

1. cAMP

-Producción y regulación

-Algunas de sus funciones en el metabolismo celular y del organismo

### 1. Fosfoinosítidos y $Ca^{2+}$

-Receptores de IP<sub>3</sub>

-Receptores de rianodina

1. DAG y PKCs
2. cGMP
3. NO

### 6. Interacción y regulación de las vías de señalización

1. Compartimentalización y temporalidad de las señales intracelulares
2. Una misma molécula puede participar en varias vías de señalización
3. Modulación de las señales:

-Endocitosis de los receptores

-Regulación de la actividad enzimática

-Proteínas reguladoras negativas

-Ubiquitinación

### 7. De la membrana al núcleo

1. Factores de transcripción
2. Distintos niveles de regulación

## IV. La Compartimentalización Celular y la Distribución Intracelular de las Proteínas.

### El Tráfico Vesicular en las Vías Secretorias y Endocíticas

#### 5 clases

**Rosana Sánchez y Patricia León.**

27 de febrero y 4, 6, 11 y 13 de marzo 2025.

#### 1. Compartimentalización de la célula eucariote

1. Organélos y su función: núcleo, mitocondria, plástidos, microcuerpos, retículo endoplasmico, Golgi, membrana plasmática, pared celular.
2. Síntesis y transporte de proteínas a organelos: co-traducciona y post-traducciona
3. Características generales (comunes) de transporte de proteínas a organelo

-Secuencia líder que interactúa con proteínas de membrana

-Procesamiento de secuencia líder

-Dependiente de energía

-Asistencia de chaperonas

1. Características generales de chaperonas

#### 2. Retículo Endoplásmico

- a) Función y organización: RE rugoso y liso
- b). Composición y síntesis de lípidos

- c). Síntesis y translocación de proteínas
- d). Modificación post-traduccional de proteínas (glicosilación, puentes disulfuro, etc.)
- e). Proteínas residentes del RE

### 3. Complejo de Golgi

1. Estructura (cisternas) y Funciones
2. Síntesis y transporte de lípidos
3. Modificación de proteínas
4. Organización: modelo estático vs modelo dinámico (maduración de cisternas)

### 4. Tráfico vesicular

1. Tipos de vesículas
2. Modelo de vesículas
3. Etapas en el tráfico vesicular
4. Transporte anterógrado y retrógrado

### 5. Endocitosis y exocitosis

1. Endocitosis, generalidades
2. Mecanismos: fagocitosis, pinocitosis, etc.
3. endosomas
4. caveolae y rafts
5. Exocitosis

### 4. Microcuerpos.

1. Características de los microcuerpos

-Tipos de microcuerpos (glioxisoma, peroxisoma, glicosoma)

-Organelo con membrana sencilla

-Funciones de microcuerpos

1. Biogénesis de microcuerpos

-Peroxinas o Pex, proteínas involucradas en la biogénesis de peroxisoma

1. Translocación de proteínas a microcuerpos (peroxisoma como modelo)

-Proteínas codificadas en núcleo y sintetizadas en poli-ribosomas libres en citoplasma

-Proteínas son importadas a peroxisoma con estructura plegada, maduras, procesadas y ensambladas

-Hay translocación de oligómeros por un mecanismo no identificado

-Importe a peroxisoma requiere de chaperonas (HSP70) e hidrólisis de ATP

1. Mecanismo de translocación de proteínas a peroxisoma:

I Tipo PTS1

-Señal es tripéptido C-terminal consenso tipo SKL

-Presente en la mayoría de las proteínas de matriz

-Receptor Pex5p (citósólico) se une a SKL

-Receptor de Pex5p es Pex13p

II Tipo PTS2

-Nonapéptido próximo N-terminal

- Señal bipartita
- Consenso: (R/K)(L/V/I)X5(H/Q)(L/A)
- Pocas proteínas presentan PTS2
- Receptor citosólico Pex7p
- Receptor de Pex7p es Pex14p

#### 5. Vacuola y lisosoma.

1. Estructura y composición
2. Función: células vegetales, animales y hongos
3. Biogénesis
4. Translocación citoplasma-organelo-citoplasma
5. Transporte mediado por receptores: hidrolasas con M6P como modelo animal
6. Transportadores membranales de vacuola (ATPasas, acuaporinas)
7. Transportadores específicos (sacarosa, auxinas, alcaloides, saponinas, etc.)

#### 6. Transporte núcleo-citoplasma

Organización y ensamblaje de la membrana nuclear

1. Estructura y organización del poro nuclear
2. Tipos de transporte: difusión pasiva, difusión facilitada, importe mediado por señal-receptor, exparte mediado por señal-receptor
3. Componentes del sistema de transporte:

-Moléculas cargo

-Secuencias señal transporte nuclear

-Receptor

-Adaptador

-Ciclo Ran-GTPasa

1. Mecanismo de importación de proteínas a núcleo
2. Mecanismo de exportación de proteínas de núcleo
3. Mecanismo de transporte de UsnRNA núcleo-citoplasma
4. Mecanismo de exportación de tRNA de núcleo
5. Mecanismo de exportación de mRNA de núcleo
6. Mecanismo de ensamblaje y transporte de ribosomas
7. Generalidades de la regulación del transporte núcleo-citoplasma

-Tasa de transporte

-Máxima apertura del NPC

-Localización de receptores

-Ciclo Ran-GTPasa

-Fosforilación/defosforilación de proteínas cargo, receptores, etc.

-Metilación de argininas

1. -Splicing de pre-mRNA's, etc.

#### 7. Mitocondria.

1. Función, organización y origen de la mitocondria
2. Organización genoma mitocondrial
3. Biogénesis de la mitocondria
4. Estructura de la membrana mitocondrial
5. Síntesis de proteínas en citoplasma y en mitocondria

## 6. Translocación de proteínas sintetizadas en citoplasma (generalidades)

-Complejo TOM

-Complejo TIM

1. Translocación de proteínas a matriz (particularidades)
2. Translocación de proteínas (a partir de citosol y de matriz) a membrana interna (particularidades)
3. Translocación de proteínas a espacio intermembranal (a partir de citosol y de matriz) (particularidades)
4. Translocación de proteínas a membrana externa (particularidades)
5. Comunicación mitocondria-retículo endoplásmico

## 8. Plástidos.

1. Tipos de plástidos
2. Función, organización y origen de los plástidos
3. Organización genoma plástidico (cloroplasto como modelo)
4. Biogénesis (división) del cloroplasto
5. Estructura de las membranas del cloroplasto
6. Síntesis de proteínas en citoplasma y en el estroma
7. Translocación de proteínas sintetizadas en citoplasma (generalidades)

-Complejo TOC

-Complejo TIC

1. Translocación de proteínas a stroma (particularidades)
2. Translocación de proteínas a membrana interna (particularidades)
3. Translocación de proteínas a tilacoide (particularidades)
4. Translocación de proteínas a membrana externa (particularidades)
5. Comunicación mitocondria-cloroplasto

## V. El Citoesqueleto

### 2 clases

**Claudia Martínez**

18 y 20 de marzo 2025.

### 1. Características generales del citoesqueleto

1. Movilidad y forma celular
2. Citocinesis y transporte vesicular
3. Organizador del citoplasma

### 2. El citoesqueleto de actina

1. Las propiedades de la actina (actina G y actina F)
2. La dinámica de polimerización y despolimerización
3. Las proteínas asociadas y motores moleculares: miosinas
4. El músculo "una máquina molecular especializada"
5. Movimiento celular y *continuum* : matriz extracelular-membrana- citoplasma

### 3. La tubulina y los microtubulos

1. Tipos de tubulina y sus propiedades
2. La dinámica de polimerización y despolimerización de tubulina
3. Proteínas asociadas y motores moleculares: kinesina y dineína
4. Centrosomas, centriolos, cilios y flagelos

5. Ciclo celular y mitosis
6. Citocinesis y formación del septo celular en levaduras y plantas

#### 4. Los filamentos intermedios

1. Propiedades generales y función de los filamentos intermedios
2. Dinámica de ensamble de las laminas nucleares y el ciclo celular
3. Uniones celulares (desmosomas y hemidesmosomas)
4. Patogenia de los filamentos intermedios

#### 5. El citoesqueleto como un integrador de señales extra e intracelulares

1. Componente esencial de la transducción de señales
2. Ingber y la teoría de la "transeguridad"
3. Filogenia del citoesqueleto y citoesqueleto bacteriano
4. Interconexión de los elementos del citoesqueleto

## VI) Uniones y Adhesiones entre Células y la Matriz Extracelular

### 3 clases

Pavel Isa y Svetlana Shishkova

25 y 27 de marzo y 1 de abril 2025.

#### 1. Conceptos generales

Introducción a conceptos y elementos básicos de la comunicación entre células animales y entre células vegetales. Similitudes y diferencias.

#### 2. La comunicación y los contactos entre las células animales

1. Cómo se comunican las células animales
2. Introducción a conceptos y elementos básicos de la comunicación entre células animales.
3. Uniones Celulares: Descripción estructural y funcional de los diferentes tipos de contactos entre las células animales y entre éstas y su la matriz extracelular.

-Uniones estrechas

-Uniones de anclaje:

-Contacto con filamentos de actina

-Adhesión célula-célula (e.g. cinturones de adhesión)

-Adhesión célula-matriz extracelular (e.g. contactos focales)

-Contacto con filamentos intermedios

-Adhesión célula-célula (desmosomas)

-Adhesión célula-matriz extracelular (hemidesmosomas)

-Uniones comunicantes

-Uniones "gap"

#### 3. La comunicación y los contactos entre las células vegetales

### 1. Cómo se comunican las células vegetales

-Introducción a conceptos y elementos básicos de la comunicación entre células vegetales.

#### 1. Tipos de contactos y uniones entre las células vegetales

-Plasmodesmos: estructura y función

-Migración de células vegetales: el tubo polínico

-Proteínas en la membrana de las células vegetales que contactan la matriz extracelular: conceptos generales

### 4. La matriz extracelular de animales (MECA)

1. Su función y estructura general.

2. Componentes de la MECA: glicosaminoglicanos (GAGs), hyaluronano, proteoglicanos, colágenas, elastina, fibronectina, y otras glicoproteínas (tenascina, laminina, entactina, etc.).

3. Regulación de los componentes de la MECA (e.g. recambio)

4. Los receptores celulares para la MECA

-Señalización a través de las integrinas

### 5. La pared celular o matriz extracelular de plantas (MECP)

1. Su función y estructura general: organización de la pared celular y su distribución en los diferentes tejidos de la planta.

2. Ensamblaje y síntesis de la pared celular.

3. Componentes de la MECP

-Celulosa, hemi-celulosa y otros carbohidratos: estructura y funciones conocidas o propuestas.

-Las proteínas estructurales, las proteínas de adhesión y su interacción con la MECP y la superficie celular: estructura y funciones conocidas o propuestas.

-Los receptores celulares

## VII. La Muerte Celular

**2 clases: Helena Porta**

3 y 8 de abril 2025.

### 1. El concepto de muerte celular programada y apoptosis

Establecer las diferencias entre el concepto funcional (e.g., muerte celular programada, muerte fisiológica) y el concepto mecanístico (e.g., apoptosis) de la muerte celular. Mencionar ejemplos en plantas y animales para expresar estos conceptos. Por ejemplo, en el caso de muerte celular programada mencionar la muerte celular asociada al desarrollo embrionario, y en el caso de muerte fisiológica mencionar aquella que se da en ciertas patologías como la infección por patógenos en plantas y el cáncer o enfermedades degenerativas en animales. Describir el modelo de *Caenorhabditis elegans* en la identificación de los genes que controlan la muerte celular programada.

### 2. Vías de activación de la apoptosis.

- Describir los elementos estructurales de la familia de bcl-2. Destacar que en esta familia existen miembros que tienen actividad anti-apoptótica y otros pro-apoptótica. Establecer como sus dominios estructurales definen su actividad. Destacar las interacciones moleculares que existen entre ellos y otros interactores relevantes.

- Describir la actividad bioquímica de las caspasas y sus posibles substratos. Destacar como autocatalíticamente se puede procesar el zimógeno de la caspasa para generar la forma activa. - Transmitir la idea de la cascada de procesamiento de caspasas. Finalmente mostrar como la interacción con miembros de la familia de bcl-2/ced-9 se controla la actividad de la caspasa-9/ced-3 en la mitocondria, a través de la interacción con Apaf-1/ced-4.

- Describir el mecanismo de activación muerte celular por TNF y Fas-L. Mencionar las interacciones moleculares intracelulares que se dan a través del "dominio de muerte" y el "dominio efector de muerte". Destacar el papel central de la caspasa-8.

- Describir la activación a partir del retículo endoplásmico.

3. Señales que regulan la muerte celular.

4. Otras formas de muerte celular: Autofagia, piroptosis y necrosis

## VIII. El Ciclo y la Mecánica de la División Celular

2 clases

Iossif Doubrovski Jankovsky

22 y 24 de abril 2025.

### 1. Estrategias generales del ciclo celular

Los ciclos mitótico, meiótico y sus variantes. Las diferentes maneras en que se pueden dividir las células: división nuclear sin división celular (formación de un sincicio), división celular sin duplicación del material genético (i.e., meiosis) duplicación del material genético sin división nuclear o celular (i.e., cromosomas politénicos, endospermo del maíz, etc.), división celular sin crecimiento celular (i.e. segmentación en los primeros estadios embrionarios de algunos metazoarios). Mencionar los ejemplos apropiados en las plantas o en los animales. El concepto del ciclo celular.

### 2. El ciclo celular embrionario y el papel del "MPF":

La historia de la identificación de p34 y de las ciclinas. Examinar la función de los principales reguladores del ciclo, CDKs y ciclinas, fundamentado en el descubrimiento del MPF en la progresión de la meiosis del oocito de *Xenopus laevis* (i.e., entrada a mitosis). Enfatizar sobre la actividad bioquímica de las CDK, las ciclinas y otros reguladores.

### 3. Las levaduras y la genética del ciclo celular:

El análisis detallado de los componentes y sus interacciones. Analizar los reguladores del ciclo celular en base a los estudios genéticos en las levaduras. En particular destacar la conservación de las maquinarias que controlan a las transiciones  $G_2$ -M y  $G_1$ -S. También incluir a otros reguladores (quinasas y fosfatasas) que regulan la actividad de las CDKs. Resaltar la conservación de estos componentes en el humano y en las plantas.

### 4. La mitosis

El complejo APC y su papel regulatorio. Describir la composición molecular y la actividad del complejo APC. Resaltar cómo su función define la progresión a través de las fases de la mitosis.

### 5. La citocinesis:

La mecánica de la distribución de los componentes celulares durante la fisión. Describir los mecanismos que controlan la distribución de los componentes celulares

### 6. El control de la división celular:

Los factores extracelulares y la mecánica de señalización que determina la entrada o la salida

del ciclo celular. Los mecanismos por los cuales la maquinaria del ciclo celular controla particularmente la entrada a la fase S o la entrada a la fase estacionaria o  $G_0$ . Destacar la

función de los supresores oncogénicos Rb y p53 y su interacción con la maquinaria que

regula el ciclo celular. La pérdida del control del ciclo celular en los tejidos cancerígenos.

## IX. Mecanismos Celulares del Desarrollo

4 clases

Enrique Salas, Denhí Schnabel y Arnaud Ronceret

29 de abril, 6, 13 y 20 de mayo 2025

### 1. Gametogénesis y fertilización en animales.

Las bases celulares de la gametogénesis y la fertilización incluyendo, en el primer caso, los fundamentos de la meiosis y, en el segundo, la señalización y procesos celulares que ocurren al momento que los gametos entran en contacto. Se debe referir a la doble fertilización que ocurre en plantas.

### 2. Movimientos morfogénicos y definición del plan de desarrollo

Los primeros eventos del desarrollo embrionario que llevan a la formación de la capas germinales y cómo de estas derivan en los tipos celulares que forman los principales tejido del organismo. Introducir al concepto de organizador y al de inducción.

### 3. La *drosophila* y la genética molecular de los patrones de formación.

Definición de patrones de desarrollo con énfasis en el eje antero-posterior. Establecer el concepto de homeosis y genes homeóticos.

### 4. El nemátodo: genes que controlan el desarrollo y las reglas de la conducta celular.

Definición de linaje y su integración a procesos de desarrollo.

### 5. Determinación celular y el concepto de los valores posicionales.

Concepto de determinación y principios de la diferenciación celular refiriéndose a la influencia de factores intrínsecos y extrínsecos en la definición del destino de una célula.

### 6. Diversificación celular

Introducir al concepto de célula troncal y las cascadas de diferenciación guiadas por genes maestros. Usar como posibles ejemplos: el sistema hematopoyético, el sistema nervioso y la miogénesis (de preferencia referirse a todos ellos y enfatizar en alguno).

### 7. Las moléculas en la morfogénesis.

Referirse a como moléculas extracelulares conservadas en la escala filogenética guían procesos del desarrollo. En particular mencionar las cascadas de transducción e interacciones entre sí de Hedgehog, Wnt, FGFs, y TGF-betas. Como ejemplos para explicar su función están la formación de apéndices (ala de la mosca, extremidad de los vertebrados); formación del pulmón en vertebrados o sistema respiratorio de la mosca; formación de estructuras del sistema nervioso.

### 8. Desarrollo de plantas: lo común y lo diferente con respecto a animales.

Doble fertilización y desarrollo embrionario. Tipos de meristemas del brote (meristemo apical del brote [SAM]: meristemo vegetativo, meristemo de inflorescencia, meristemo floral), sus zonas y funciones (mantenimiento de meristemas, fuente de células troncales, generación de nuevos primordios). Meristemo apical de la raíz (RAM). Meristemas indeterminados y determinados. Desarrollo de las raíces laterales. Control genético del desarrollo de plantas. Patrones de división celular e interacción entre células.

## Bibliografía

-Alberts et al. Molecular Biology of the Cell. Garland Publishing, Inc.

-Lodish et al. Molecular Cell Biology Freeman and Co.