



Secretaría de Educación de Medellín
Institución Educativa Fe y Alegría Aures
“Educar para la vida con dulzura y firmeza”
Planeación de Clase por Semana
Guía de trabajo
2021



Área: Ciencias Naturales y Educación Ambiental	Asignatura: Biología	Grado: 6°	Intensidad Horaria: 2h/semana
Profesores: Edilberto Rodas Cardona Saúl Antonio Taborda	Año: 2021	Periodo: 2	Tiempo: 10 Semanas
Entorno: Vivo	Procesos: Celular y Organísmico		

Fecha

Segundo periodo académico, según se programa institucionalmente (se recomienda entregar hasta la quinta semana)

Contenidos de Aprendizaje (Temas) Escribir en el cuaderno

- Membranas permeables
- Membranas semipermeables
- Membranas impermeables.
- Los moneras (procariotas) y sus características celulares.
- Los protistas y sus características celulares.
- Los hongos y sus características celulares.
- Las plantas y sus características celulares.
- Los animales y sus características celulares.

Indicadores de logro (Desempeños). Solo informativo

- Clasifica membranas de los seres vivos de acuerdo con su permeabilidad frente a diversas sustancias.
- Clasifica organismos en grupos taxonómicos de acuerdo con las características de sus células.
- Identifica organismos (animales o plantas) de su entorno y los clasifica usando gráficos, tablas y otras representaciones siguiendo claves taxonómicas simples.
- Clasifica los organismos en diferentes dominios, de acuerdo con sus tipos de células (procariota, eucariota, animal, vegetal).
- Explica la clasificación taxonómica como mecanismo que permite reconocer la biodiversidad en el planeta y las relaciones de parentesco entre los organismos.
- Identifica recursos renovables y no renovables y los peligros a los que están expuestos debido al desarrollo de los grupos humanos.
- Es consciente del efecto de la acción humana sobre la naturaleza y el medio ambiente.
- Manifiesta actitudes y opiniones responsables frente a la conservación de los recursos naturales.

Actividades y Recursos. Solo informativo

Las estrategias empleadas para el trabajo de aula en la institución educativa Fe y Alegría Aures, del área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental son:

1. Solución de problemas
2. La investigación como estrategia pedagógica
3. Aprendizaje por proyectos

Para realizar sus productos académicos, como los **contenidos temáticos (talleres)**, los diferentes **tipos de preguntas**, sus preguntas de **investigación**, **exposiciones** y ampliar la información sobre los contenidos temáticos, los estudiantes deben **usar la biblioteca que tengan disponible**, sus **textos** y **computador si lo tienen**, las explicaciones y orientaciones del docente en clases virtuales, los **correos** que el profesor envía con la información necesaria para que resuelvan sus trabajos, los encuentros en Hangouts, Meet, Zoom y WhatsApp, más la **plataforma Moodle**.

Los registros de los **contenidos de aprendizaje (temas)**, las preguntas y los avances del proyecto de investigación se elaboran **a mano** y **en el cuaderno de Biología**, pues **leer** y **escribir** le permite disfrutar de sus propios logros y aprender de sus equivocaciones. Se pretende, además, orientar hacia el uso adecuado del vocabulario, tanto en la expresión oral como en la escrita, por este motivo escribir o hablar con coherencia permite una mejor comunicación, pues se evitan repeticiones mecánicas que no permiten

comprender, interpretar, valorar, crear ni enjuiciar los conocimientos.

Recuerde elaborar y presentar mínimo 20 preguntas con Tipo I, IV, y abiertas, como ya se le ha enseñado a hacerlas (ver metodología) y continuar con su **proyecto de investigación en su hogar**.

Evaluación y Actividades a Valorar. Solo informativo

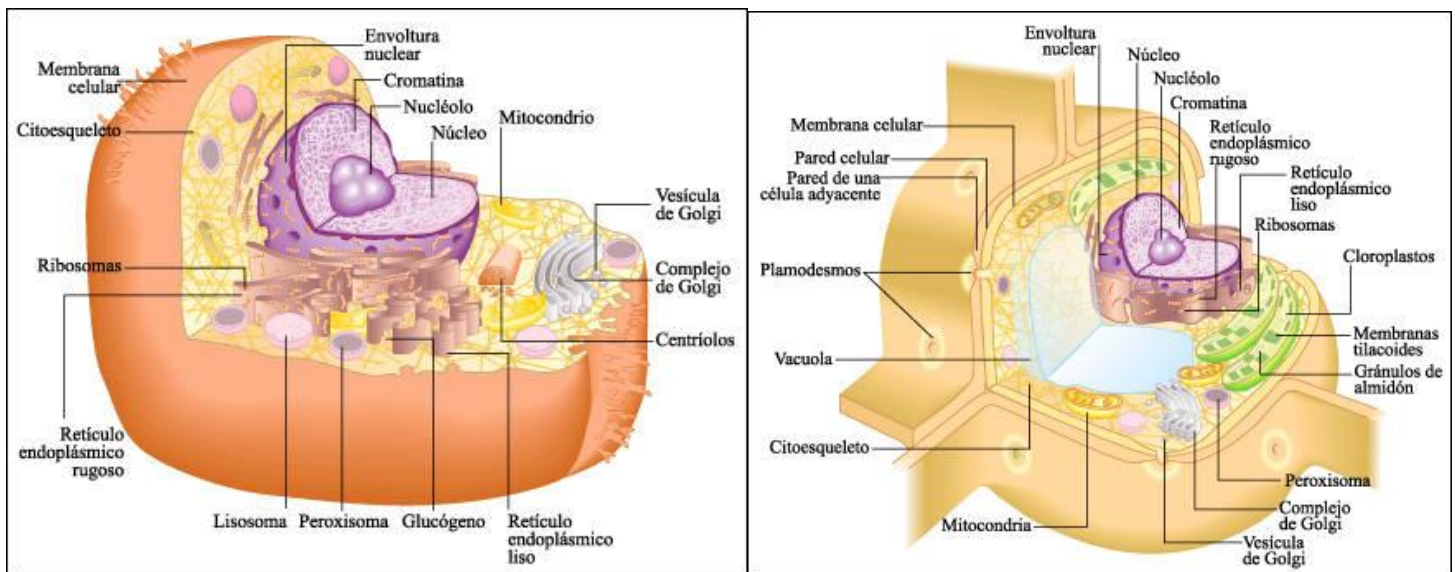
- Trabajo individual.
- Ejercicios escritos y orales.
- Exposición individual de temas del periodo.
- Exposición sobre avances del proyecto de investigación.
- Talleres elaborados en el cuaderno de Biología.
- Presentación de mínimo 20 preguntas con Tipo I, IV, y abiertas.
- Evaluación de Periodo
- Autoevaluación: Una al final de cada periodo
- Coevaluación: Una al final de cada período
- Heteroevaluación: Una al final de cada período.

Lea con atención el documento para resolver sobre membranas permeables, membranas semipermeables y membranas impermeables. **Consulte** para **ampliar** los siguientes conceptos, ejemplos e ilustraciones que no estén contenidas aquí. Recuerde consignar los **conceptos** con las **ilustraciones** (lámina, dibujo, diagrama, esquema, fotografía o fotocopia) con su respectivo pie de foto, es decir, explicando que quiere representar con dicha ilustración.

Ampliar, además de escribir los demás contenidos de aprendizaje (Temas), los siguientes aspectos:

- Los moneras (procariotas) y sus características celulares.
- Los protistas y sus características celulares.
- Los hongos y sus características celulares.
- Las plantas y sus características celulares.
- Los animales y sus características celulares

La Célula



Celular y Organísmico

Las células no solo constituyen las unidades básicas del cuerpo humano sino que también funcionan en la ejecución de todas las actividades que el cuerpo necesita para su supervivencia. Aunque hay más de 200 tipos celulares diferentes, la mayoría de las células tienen características comunes que les permiten desempeñar sus diversas funciones. El componente vivo de la célula es el **protoplasma**, que está subdividido en el **citoplasma** y el **nucleoplasma** (véanse los **Gráficos 1-1** y **1-2**). El protoplasma también contiene material inerte, como cristales y pigmento.

CITOPLASMA

Plasmalema

Las células tienen una membrana, el **plasmalema**, que sirve como barrera estructural selectiva entre la célula y su entorno. Esta bicapa fosfolipídica con **proteínas integrales** y **periféricas** y **colesterol** incluidos en ella funciona

- en el reconocimiento intercelular,
- en la exocitosis y la endocitosis,
- como sitio receptor para moléculas de transmisión de señales, como las **proteínas G** (**Cuadro 1-1**), y
- como iniciador y regulador del sistema de mensajeros secundarios.

Los materiales pueden introducirse en la célula por varios mecanismos, por ejemplo:

- **pinocitosis** (captación inespecífica de moléculas en una solución acuosa),
- **endocitosis mediada por receptores** (captación específica de sustancias, como las lipoproteínas de baja densidad) o
- **fagocitosis** (captación de material en partículas).

Los productos de secreción pueden abandonar la célula por dos mecanismos: **constitutivo** o **regulado**.

- La **secreción constitutiva**, que utiliza vesículas sin cubierta de clatrina, es el mecanismo por defecto que no necesita una señal extracelular para la liberación y, por ende, el producto de secreción (p. ej., procolágeno) abandona la célula de un modo continuo.
- La **secreción regulada** necesita la presencia de vesículas de almacenamiento recubiertas de clatrina, cuyo contenido (p. ej., pre-enzimas pancreáticas) solo se libera después de iniciado un proceso de transmisión de señales extracelular.

La fluidez del plasmalema es un factor importante en los procesos de síntesis de membrana, endocitosis y exocitosis, lo mismo que en el **transporte de membrana** (véase el **Gráfico 1-3**), dado que conserva la membrana conforme se transfiere a través de los diversos compartimientos celulares. El grado de fluidez es afectado,

- de modo directo, por la temperatura y el grado de insaturación de las colas de ácidos grasos de los fosfolípidos de la membrana y,

- de modo indirecto, por la cantidad de colesterol que contiene.

Los iones y otras moléculas hidrófilas son incapaces de atravesar la bicapa lipídica, pero moléculas pequeñas no polares, como el oxígeno y el dióxido de carbono, al igual que moléculas polares sin carga, como el agua y el glicerol, se difunden con facilidad a través de esta bicapa. Proteínas integrales de paso múltiple especializadas, que reciben el nombre de **proteínas de membrana transportadoras**, intervienen en la transferencia de sustancias (p.ej., moléculas hidrófilas, iones) a través del plasmalema. El transporte a través de la membrana celular puede ser

- **pasivo** en favor de un gradiente iónico o de concentración (no necesita energía y se clasifica en dos tipos: **difusión simple** y **difusión facilitada** a través de canales iónicos proteicos o proteínas transportadoras) o
- **activo** solo a través de proteínas transportadoras (consume energía; por lo general, en contra de un gradiente).

Los **canales iónicos proteicos** pueden ser canales **sin compuertas** o **con compuertas**. Los primeros están siempre abiertos, mientras que los canales iónicos con compuertas necesitan que haya un estímulo (alteración del voltaje, estímulo mecánico, presencia de un ligando, proteína G, sustancia neurotransmisora, etc.) que abra las compuertas. Estos **ligandos** y **sustancias neurotransmisoras** son tipos de moléculas de señal. Las **moléculas de señal** pueden ser hidrófobas (solubles en lípidos) o hidrófilas y se utilizan en la comunicación intercelular.

- Las moléculas liposolubles se difunden a través de la membrana celular para activar **sistemas de mensajeros intracelulares** mediante su unión a moléculas receptoras ubicadas en el citoplasma o en el núcleo.
- Las moléculas de señal hidrófilas inician una secuencia de respuestas específica mediante su unión a **receptores** (proteínas integrales) incluidos en la membrana celular.

Las **proteínas transportadoras**, a diferencia de los canales iónicos, pueden permitir el paso de moléculas con gasto de energía o sin él. Si el material debe transportarse contra un gradiente de concentración, las proteínas transportadoras pueden utilizar mecanismos impulsados por ATP o concentraciones diferenciales de iones sodio para lograr el movimiento deseado. A diferencia de lo que ocurre con los canales iónicos, los materiales que deben transportarse se unen a la superficie interna de la proteína transportadora. El material puede transportarse

- en forma individual (**uniporte**) o
- en conjunto con otra molécula (transporte acoplado) y las dos sustancias pueden desplazarse
 - o en la misma dirección (**simporte**) o
 - o en direcciones opuestas (**antiporte**).

CUADRO 1-1 • Funciones y ejemplos de proteínas G heterotriméricas*

Tipo	Función	Ejemplos
G _s	Activa la adenilato ciclasa y conduce a la formación de cAMP que activa proteínas cinasas	La unión de la adrenalina a los receptores β-adrenérgicos aumenta las concentraciones de cAMP en el citosol
G _i	Inhibe la adenilato ciclasa e impide la formación de cAMP, con lo que no se activan proteínas cinasas	La unión de la adrenalina a los receptores α ₂ -adrenérgicos disminuye las concentraciones de cAMP en el citosol
G _q	Activa la fosfolipasa C y conduce a la formación de inositol trifosfato y diacilglicerol, lo que permite la entrada de calcio en la célula para activar la proteína cinasa C	La fijación de antígeno a la IgE unida a membrana causa la liberación de histamina por los mastocitos
G _o	Abre canales de K ⁺ para que el ión entre en la célula y cierra canales de Ca ²⁺ , con lo que se inhiben la entrada y la salida del calcio	Se induce la contracción del músculo liso
G _{olf}	Activa la adenilato ciclasa en las neuronas olfatorias, lo que abre canales de sodio con compuerta sensibles al cAMP	La unión de sustancias odoríferas a los receptores asociados con proteínas G inicia la generación de impulsos nerviosos
G _t	Activa la cGMP fosfodiesterasa en la membrana celular de los bastones y conduce a la hidrólisis del cGMP, cuyo resultado es la hiperpolarización del plasmalema de los bastones de la retina	La activación fotónica de la rodopsina determina la estimulación de los bastones
G _{12/13}	Activa la familia Rho de GTPasas que controlan la formación de la actina y la regulación del citoesqueleto	Se facilita la migración celular

*cAMP, adenosina monofosfato cíclico; cGMP, guanosina monofosfato cíclico; IgE, inmunoglobulina E

Las células poseen varios orgánulos u organoides distintos, muchos de los cuales están formados por membranas cuya composición bioquímica es semejante, pero no idéntica, a la del plasmalema.

Mitocondrias

Las **mitocondrias** (véase el **Gráfico 1-2**) están compuestas por una membrana externa y otra interna, con un compartimiento interpuesto entre ambas que recibe el nombre de **espacio intermembrana**. La membrana interna se pliega para formar estructuras aplanadas laminares (o estructuras tubulares, en las células productoras de esteroides) llamadas **crestas** y limita un espacio lleno de líquido viscoso denominado **matriz mitocondrial**.

Las mitocondrias

- tienen una función que consiste en **producir ATP** mediante un mecanismo de acoplamiento quimiosmótico que utiliza una secuencia específica de complejos enzimáticos y sistemas de translocación de protones (la **cadena de transporte de electrones** y las **partículas elementales** que contienen ATP sintetasa) incluidos en sus crestas
- en el **tejido adiposo multilocular** (“grasa parda”) generan calor en lugar de producir ATP.
- también contribuyen a la **síntesis** de ciertos **lípidos** y **proteínas** y en su matriz contienen las enzimas del **ciclo del ácido tricarbóxico (ciclo de Krebs)**, moléculas de **DNA circular** y gránulos matriciales
- aumentan en cantidad por medio de la **fisión binaria**.

Ribosomas

Los **ribosomas** son orgánulos no membranosos bipartitos pequeños que existen en la forma de partículas individuales que no confluyen hasta que se inicia la síntesis proteica. Las dos subunidades son de tamaño y composición desiguales. La subunidad mayor tiene un coeficiente de sedimentación de 60S, mientras que el de la menor es 40S (véase el **Cuadro 1-2**). Cada subunidad está compuesta por proteínas y rRNA, y en conjunto actúan como un “taller” interactivo que no solo provee una superficie sobre la cual ocurre la síntesis proteica sino que también funciona como catalizador que facilita esa síntesis.

Retículo endoplasmático

El **retículo endoplasmático** está compuesto por túbulos, sacos y membranas laminares aplanadas que ocupan

CUADRO 1-2 • Composición del ribosoma

Subunidad	Tamaño	Cantidad de proteínas	Tipos de rRNA
Mayor	60S	49	5S 5,8S 28S
Menor	40S	33	18S

rRNA, ácido ribonucleico ribosómico; S, unidades Svedberg

una gran parte del espacio intracelular (véase el **Gráfico 1-2**). Hay dos tipos de retículo endoplasmático: liso y rugoso.

- El **retículo endoplasmático liso** (SER) tiene entre sus funciones la síntesis de **colesterol** y **lípidos** y la **desintoxicación** de ciertos fármacos y toxinas (como los barbituratos y el alcohol). Además, en las células musculares esqueléticas este orgánulo está especializado para secuestrar y liberar iones calcio y, en consecuencia, regula la contracción y la relajación muscular.
- El **retículo endoplasmático rugoso** (RER), cuya superficie citoplasmática tiene moléculas receptoras para ribosomas y partículas de reconocimiento de señal (conocidas como **riboforinas** y **proteínas de acoplamiento**, respectivamente), está en continuidad con la **membrana nuclear externa**. La función del RER consiste en la **síntesis** y la **modificación de proteínas** que tendrán que **envasarse**, así como en la síntesis de lípidos y proteínas de membrana.

Para la síntesis proteica se necesitan el mRNA (portador del código), los tRNA (portadores de aminoácidos) y los ribosomas (véase el **Gráfico 1-4**). Las proteínas que no tienen que ser envasadas se sintetizan en los **ribosomas** libres en el citosol, mientras que las **proteínas no citosólicas** (proteínas lisosómicas, de secreción y de membrana) se sintetizan en ribosomas que se translocan a la superficie del **retículo endoplasmático rugoso**. El complejo de mRNA y ribosomas recibe el nombre de **polisoma** o **polirribosoma**.

- La **hipótesis de la señal** postula que los mRNA codificadores de proteínas no citosólicas tienen un segmento inicial constante, el **codón de señal**, que codifica un **péptido de señal**.
- Cuando el mRNA llega al citoplasma, se asocia con la subunidad menor de un ribosoma. La subunidad menor tiene un sitio de unión para el mRNA y tres sitios de unión (A, P y E) para los tRNA.

Una vez que se ha completado el proceso de la iniciación se reconoce el **codón de inicio** (AUG, para el aminoácido metionina) y el **tRNA iniciador** (que porta la metionina) se une al **sitio P** (sitio de unión para el peptidil-tRNA), la subunidad ribosómica mayor, que tiene sitios A, P y E correspondientes, se une a la subunidad menor y la síntesis proteica puede comenzar.

El codón siguiente es reconocido por el aminoacil-tRNA adecuado, que entonces se une al **sitio A** (sitio de unión para el aminoacil-tRNA). La metionina se desacopla del tRNA iniciador (en el sitio P) y se forma un **enlace peptídico** entre los dos aminoácidos (con la formación de un **dipéptido**), de modo que el tRNA en el sitio P pierde su aminoácido y el tRNA en el sitio A tiene ahora dos aminoácidos unidos a él. La formación de este enlace peptídico es catalizada por la enzima **peptidil transferasa**, una parte de la subunidad ribosómica mayor.

Conforme se establece el enlace peptídico, la subunidad mayor se desliza en relación con la subunidad menor y los tRNA unidos oscilan justo lo suficiente para hacer que se muevan apenas un poco, de modo que el tRNA iniciador (que perdió su aminoácido en el sitio P) se desplaza hacia el **sitio E** (sitio de salida, *exit* en inglés) y el tRNA que tiene dos aminoácidos unidos a él se mueve del sitio A al sitio P, lo cual deja vacante el sitio A.

Conforme ocurre este desplazamiento, la subunidad ribosómica menor se mueve por la distancia de un solo codón a lo largo del mRNA, de modo que las dos subunidades ribosómicas otra vez están alineadas una con respecto a la otra y el sitio A queda ubicado sobre el codón siguiente en la cadena del mRNA.

Cuando el tRNA nuevo con su aminoácido asociado ocupa el sitio A (suponiendo que su anticodón sea complementario del codón recién expuesto en el mRNA), el tRNA iniciador se desprende del sitio E y abandona el ribosoma. El dipéptido se desacopla del tRNA en el sitio P y se establece un enlace peptídico entre el dipéptido y el aminoácido nuevo, con lo cual se forma un tripéptido.

De nuevo el tRNA vacío se desplaza hacia el sitio E para desprenderse del ribosoma, mientras que el tRNA portador del tripéptido se mueve del sitio A al sitio P. Así, la cadena peptídica se alarga para formar la proteína con secuencia de señal.

El citosol contiene proteínas que se conocen como **partículas de reconocimiento de la señal (SRP)**.

- Una SRP se une a cada secuencia de señal e inhibe la continuación de la síntesis proteica y el ribosoma completo se desplaza hacia el RER.
- Un **receptor para la partícula de reconocimiento de la señal**, una proteína transmembrana que está ubicada en la membrana del RER, reconoce y orienta de modo adecuado al ribosoma.
- El acoplamiento del ribosoma determina el movimiento del complejo SRP-ribosoma hacia un translocador de proteínas, un poro en la membrana del RER.
- La subunidad mayor del ribosoma se une al translocador de proteínas con la formación de un sello hermético, lo cual alinea el poro del ribosoma con el poro del translocador.
- La partícula de reconocimiento de la señal y el receptor de SRP abandonan el ribosoma, la síntesis proteica se reanuda y la cadena proteica en formación puede introducirse en la cisterna del RER a través del canal hidrófilo que perfora el translocador de proteínas.
- Durante este proceso, la enzima **peptidasa de la señal**, ubicada en la cisterna del RER, escinde la secuencia de señal de la cadena polipeptídica en crecimiento.
- Una vez que se ha completado la síntesis proteica, las dos subunidades ribosómicas se separan del RER y quedan libres en el citosol.

La proteína neosintetizada se modifica en el RER por glucosilación y por formación de enlaces disulfuro, que transforman la proteína lineal en su forma globular.

Aparato de Golgi, red *cis*-Golgi y red *trans*-Golgi

El **aparato (complejo) de Golgi** está compuesto por un cúmulo de vesículas, túbulos y cisternas aplanadas, limitados por membrana, que muestra una orientación específica. Cada complejo de Golgi tiene

- una cara convexa de entrada, conocida como **cara o cisterna *cis***, que está más cerca del núcleo, y
- una cara cóncava de salida, denominada **cara o cisterna *trans***, que se orienta hacia la membrana celular.
- Entre las caras *cis* y *trans* hay varias **cisternas intermedias** (véase el **Gráfico 1-2**).

El complejo de Golgi no solo **envasa** sino que también **modifica** las macromoléculas sintetizadas en la superficie del RER. Las proteínas neosintetizadas pasan de la región del RER conocida como **elemento transicional del retículo endoplasmático** al

- **cúmulo vesiculotubular (VTC)**, antes llamado ERGIC) por medio de **vesículas de transferencia**, cuya membrana está recubierta de la proteína coatómero II (COPII) y por ello reciben el nombre de vesículas con cubierta de COPII. Desde el VTC, las proteínas pasan a
- la red *cis*-Golgi, probablemente a través de vesículas con cubierta de COPI (coatómero I).
- Las proteínas continúan su camino a través de las cisternas *cis*, intermedias y *trans* del aparato de Golgi (probablemente) por medio de vesículas con cubierta de COPI (o, según algunos autores, por maduración cisternal).
- Los oligosacáridos lisosómicos se fosforilan en el VTC, en la cisterna *cis* o en ambos sitios;
- en las cisternas intermedias se extraen grupos de manosa y se añaden galactosa y ácido siálico (**glucosilación terminal**), mientras que
- en la cisterna *trans* ocurre la fosforilación y la sulfatación de residuos de aminoácidos seleccionados.

La **clasificación** y el **envasado** final de las macromoléculas están a cargo de la **red *trans*-Golgi (TGN)**.

- Los receptores de manosa 6-fosfato presentes en la TGN reconocen y envasan las enzimas destinadas a los lisosomas.
 - o Estas **enzimas lisosómicas** abandonan la TGN en vesículas con cubierta de clatrina.
- Las **proteínas de secreción regulada** se separan y también se envasan en vesículas con cubierta de clatrina.
- Las **proteínas de membrana** y las proteínas destinadas a la secreción constitutiva (no regulada) se envasan en vesículas sin cubierta de clatrina.

Cabe destacar que el material puede atravesar el complejo de Golgi de un **modo anterógrado**, como se acaba de describir, lo mismo que de un **modo retrógrado**, lo cual ocurre en algunas situaciones, como cuando proteínas “fugitivas” que son residentes del RER o de una cisterna par-

ticular del aparato de Golgi tienen que ser devueltas a sus compartimientos de origen en vesículas con cubierta de COPI.

Endosomas

Los **endosomas** son compartimientos intermedios dentro de la célula que se utilizan para destruir materiales que han sufrido endocitosis, fagocitosis o autofagocitosis, y para la formación de los lisosomas. Los endosomas

- tienen en su membrana **bombas de protones** que bombean H⁺ hacia adentro del orgánulo para acidificar el interior de este compartimiento.
- constituyen etapas intermedias en la formación de los lisosomas.

Los receptores permiten la endocitosis de una concentración de ligandos mucho mayor que la que sería posible sin su participación. Este proceso recibe el nombre de **endocitosis mediada por receptores** y comprende la formación de una **vesícula endocítica con cubierta de clatrina** que, después de separarse de la membrana celular y quedar libre dentro del citoplasma, se desprende de su cubierta de clatrina y se fusiona con un **endosoma temprano**.

- Los **endosomas tempranos** están ubicados en la periferia celular, contienen complejos receptor-ligando y su carácter ácido (pH 6) determina que los receptores se desacoplen de sus ligandos.
- Los receptores suelen transportarse hacia un sistema de vesículas tubulares, los **endosomas de reciclaje**, desde donde se devuelven al plasmalema, mientras que los ligandos se translocan hacia los endosomas tardíos, situados más profundamente en el citoplasma.
- En los **endosomas tardíos**, el pH es todavía más ácido (pH 5,5). Muchos investigadores han indicado que los endosomas tempranos maduran hacia endosomas tardíos por medio de la fusión vesicular entre sí, al igual que la fusión con endosomas tardíos que se habían formado antes.

Lisosomas

Los **lisosomas** se forman mediante el uso de los **endosomas tardíos** como compartimiento intermedio.

- Tanto la membrana de los lisosomas como las enzimas lisosómicas se envasan en la TGN y
- se envían en **vesículas con cubierta de clatrina** separadas hacia los endosomas tardíos para formar los **endolisosomas**, los cuales luego maduran hasta convertirse en **lisosomas**.

Estas vesículas limitadas por membrana, cuyas bombas protónicas son la causa de su interior muy ácido (pH 5), contienen diversas **enzimas hidrolíticas** que actúan en la **digestión intracelular**. Estas enzimas

- degradan ciertas macromoléculas, partículas fagocitadas (**fagolisosomas**) y material autofagocitado (**autofagolisosomas**).

- Con frecuencia, los restos no digeribles de la degradación lisosómica permanecen en la célula encerrados en vesículas que reciben el nombre de **cuerpos residuales**.
- Es probable que la membrana lisosómica mantenga su integridad porque los dominios intraluminales de las proteínas de la membrana están glucosilados en grado mucho mayor que en otras membranas, lo cual impide su degradación.

Peroxisomas

Los **peroxisomas** son orgánulos limitados por membrana que contienen **enzimas oxidativas** como la **urato oxidasa**, la **D-aminoácido oxidasa** y la **catalasa**. Estos orgánulos actúan

- en la formación de radicales libres (p. ej., superóxidos) que destruyen sustancias diversas y
- en la protección de la célula mediante la degradación del peróxido de hidrógeno por la catalasa.
- También intervienen en la **desintoxicación** de ciertas toxinas y en el alargamiento de algunos ácidos grasos durante la **síntesis de lípidos**.

La mayoría de las proteínas peroxisómicas se sintetizan en el citosol y no en el RER. Todos los peroxisomas se forman por **fisión** a partir de peroxisomas preexistentes.

Proteasomas

Los **proteasomas** son orgánulos pequeños con forma de barril que actúan en la degradación de proteínas citosólicas. Hay dos tipos de proteasomas: el más **grande**, con un coeficiente de sedimentación de **26S** y el más **pequeño**, de solo **20S**. El proceso de la proteólisis citosólica está muy bien regulado y el candidato proteico tiene que estar marcado con

varias moléculas de **ubiquitina** antes de que se permita su destrucción por el sistema proteasómico 26S. El proteasoma 20S degrada proteínas que son **oxidadas** por especies reactivas de oxígeno para formar carbonilos proteicos.

Citoesqueleto

El **citoesqueleto** está compuesto por una colección de proteínas filamentosas que no solo actúan como almacén estructural de la célula sino que también intervienen en el **transporte** de materiales dentro de ella desde una región citoplasmática hasta otra, y le confieren la capacidad de tener **movimiento** y de sufrir la división celular. Los componentes del citoesqueleto comprenden

- **microtúbulos** (que consisten en heterodímeros de tubulinas α y β organizados en 13 protofilamentos),
- **filamentos finos** (de actina), también conocidos como **microfilamentos** (los filamentos finos actúan en el movimiento de las células de un sitio a otro, así como en el movimiento de regiones en la célula con respecto a sí misma) y
- **filamentos intermedios**, que son más gruesos que los filamentos finos y más delgados que los filamentos gruesos. Su función consiste en proveer una armazón estructural para la célula y en resistir las fuerzas mecánicas aplicadas a las células (**Cuadro 1-3**).
- Los **filamentos gruesos**, que se mencionan aquí pero tradicionalmente no se consideran como elemento principal del citoesqueleto, están compuestos de miosina, una proteína asociada con los filamentos de actina (AFAP), e interaccionan con los filamentos finos para facilitar el movimiento celular a lo largo de una superficie o el movimiento de regiones celulares con respecto a la célula.

CUADRO 1-3 • Principales filamentos intermedios

Tipo	Ubicación	Función
Queratina	Células epiteliales Células del pelo y las uñas	Sostén; soporte de la tensión; resistencia al estiramiento; se asocia con desmosomas, hemidesmosomas y tonofilamentos; marcador inmunohistoquímico para tumores de origen epitelial
Vimentina	Células mesenquimáticas, condroblastos, fibroblastos, células endoteliales	Sostén estructural; forma una estructura similar a una jaula alrededor del núcleo; marcador inmunohistoquímico para tumores de origen mesenquimático
Desmina y vimentina	Músculo: liso y estriado, esquelético y cardíaco	Vinculan las miofibrillas entre sí y con el resto del citoesqueleto; la desmina es un marcador inmunohistoquímico para tumores de origen muscular
GFAP* y vimentina	Astrocitos, oligodendrocitos, células de Schwann y neuronas	Sostén; la GFAP es un marcador inmunohistoquímico para tumores de la neuroglia
Neurofilamentos	Neuronas	Sostén de axones y dendritas; marcador inmunohistoquímico para tumores de origen neuronal
Láminas A, B y C	Revisten la superficie interna de la envoltura nuclear de todas las células	Organizan y arman la envoltura nuclear; mantienen la organización de la cromatina asociada con la carioteca

*GFAP, proteína ácida fibrilar glial

Los microtúbulos también establecen relaciones con proteínas llamadas **proteínas asociadas con los microtúbulos (MAP)**, las cuales permiten que orgánulos, vesículas y otros componentes del citoesqueleto se unan a ellos.

- La mayoría de los microtúbulos tienen su origen en el **centro organizador de microtúbulos (MTOC)** de la célula, ubicado cerca del aparato de Golgi.
- Estos elementos tubulares del citoesqueleto sirven como vías para la translocación intracelular de orgánulos y vesículas y, durante la división celular, los cromosomas los utilizan para el desplazamiento hacia sus sitios adecuados.
- Dos MAP importantes, la **cinesina** y la **dineína**, son proteínas motoras que facilitan el movimiento anterógrado y retrógrado intracelular de orgánulos y vesículas, respectivamente.
- El **axonema** de los cilios y los flagelos, y la armazón interna de los centriolos, están formados en su mayor parte por microtúbulos.

Inclusiones

Las **inclusiones** citoplasmáticas, como los **lípidos**, el **glucógeno**, los **gránulos de secreción** y los **pigmentos**, también son componentes habituales del citoplasma. Muchas de estas inclusiones son de índole temporal, aunque en ciertas células algunos pigmentos (p. ej., la **lipofuscina**) se mantienen de modo permanente.

NÚCLEO

El **núcleo** está limitado por la **envoltura nuclear**, compuesta por una **membrana nuclear interna** y otra **externa**, con una **cisterna perinuclear** interpuesta entre las dos (véase el **Gráfico 1-2**). La membrana nuclear externa está tachonada de **ribosomas** y se continúa, en algunas partes, con el **retículo endoplasmático rugoso**. En varios sitios, las membranas interna y externa se fusionan para formar siluetas circulares conocidas como

- **poros nucleares**, que permiten la comunicación entre el nucleoplasma y el citoplasma.

- Estas perforaciones de la envoltura nuclear están resguardadas por conjuntos de proteínas que, en conjunto con las perforaciones, reciben el nombre de **complejos de poros nucleares** y proveen vías de paso reguladas para el transporte de materiales hacia el núcleo y desde este hacia el citoplasma. El núcleo alberga los **cromosomas** y es el sitio de la **síntesis del RNA**.
- En el núcleo se transcriben el **mRNA** y el **tRNA**, así como los **microRNA**,
- mientras que el **rRNA** se transcribe en la región del núcleo llamada **nucléolo**.

El nucléolo también es el sitio del armado de las proteínas ribosómicas y el rRNA en las subunidades mayor y menor de los **ribosomas**. Estas subunidades ribosómicas entran en el citosol por separado.

CICLO CELULAR

El **ciclo celular** está regulado por el sistema de control del ciclo celular, el cual no solo asegura que ocurra la secuencia correcta de acontecimientos en el momento adecuado sino que también los vigila y los controla. El ciclo celular se subdivide en cuatro fases: G_1 , S, G_2 y M.

- Durante la fase presintética, G_1 , la célula aumenta su tamaño y su contenido de orgánulos.
- En la **fase S** ocurre la síntesis del DNA (además de la síntesis de las histonas y de otras proteínas asociadas con los cromosomas) y la duplicación de los centriolos.
- Durante G_2 se acumula ATP, se completa la duplicación de los centriolos y se acumula tubulina para la formación del huso mitótico. G_1 , S y G_2 reciben el nombre colectivo de **interfase**.
- **M** representa la **mitosis**, que está subdividida en profase, prometafase, metafase, anafase y telofase (véase el **Cuadro 1-4**). El resultado es la división de la célula y de su material genético en dos células hijas idénticas.

La secuencia de los acontecimientos que ocurren en el ciclo celular está controlada por varias proteínas desencadenantes llamadas **ciclínas** y **quinasas dependientes de ciclínas**.

CUADRO 1-4 • Etapas de la mitosis

Etapa	Contenido de DNA	Características distintivas
Profase	El contenido de DNA se duplica en la fase S de la interfase (4n); además, se duplican los centriolos	La envoltura nuclear comienza a desintegrarse y el nucléolo desaparece. Los cromosomas se han duplicado y cada uno está compuesto por dos cromátides hermanas unidas entre sí a la altura del centrómero. Los centriolos migran hacia polos opuestos, donde actúan como centros organizadores de microtúbulos y dan origen a las fibras del huso y los rayos astrales.
Prometafase	El complemento de DNA es 4n	La envoltura nuclear desaparece. En los centrómeros se desarrollan los cinetocoros, centros organizadores microtubulares adicionales, y aparecen los microtúbulos cinetocóricos.
Metafase	El complemento de DNA es 4n	Los cromosomas se alinean en la placa ecuatorial del huso mitótico
Anafase	El complemento de DNA es 4n	Las cromátides hermanas se separan en el centrómero y cada una migra hacia un polo opuesto de la célula a lo largo del microtúbulo, un proceso denominado cariocinesis. Al final de la anafase comienza a formarse un surco de escisión o segmentación en la región ecuatorial de la célula.
Telofase	Cada célula hija nueva contiene un solo complemento de DNA (2n)	La profundización del surco de escisión restringe la continuidad entre las dos células hijas en desarrollo y da origen al cuerpo medio o intermedio. Por último, las dos células hijas se separan una de la otra, un proceso denominado citocinesis. Se vuelve a formar la envoltura nuclear, los nucléolos reaparecen y los cromosomas se dispersan, con los que surge un nuevo núcleo en interfase en cada célula hija.



CONSIDERACIONES CLÍNICAS

Enfermedades de almacenamiento lisosómico

Algunas personas sufren **enfermedades de almacenamiento lisosómico**, que consisten en una deficiencia hereditaria en la capacidad de los lisosomas para degradar el contenido de los endolisosomas. Uno de los ejemplos mejor caracterizados de estas enfermedades es la **enfermedad de Tay-Sachs**, que ocurre sobre todo en niños cuyos padres son descendientes de judíos del noroeste europeo. Dado que los lisosomas de estos niños no pueden catabolizar los gangliósidos GM2, debido a una deficiencia de hexosaminidasa, sus neuronas acumulan cantidades masivas de este gangliósido en endolisosomas de diámetros cada vez mayores. Conforme los endolisosomas aumentan de tamaño, la función neuronal se obstruye y el niño fallece hacia el tercer año de vida.

Enfermedad de Zellweger

La **enfermedad de Zellweger** es un trastorno hereditario autosómico recesivo que interfiere la biogénesis normal de los peroxisomas y entre cuyas características se encuentran los quistes renales, la hepatomegalia, la ictericia, la hipotonía muscular y la desmielinización cerebral, que trae como consecuencia un retraso psicomotor.

Cáncer

Estudios recientes han indicado que la mayor parte de los **cánceres** no surgen de mutaciones en genes indivi-

duales sino de la formación de aneuploidía. En efecto, dentro del mismo tumor, las configuraciones cromosómicas de las células individuales varían mucho y el contenido celular de DNA puede alcanzar del 50% al 200% del de la célula somática normal. Cabe destacar que en la mezcla y la recombinación de los cromosomas de las células cancerosas, fenómenos que dan la impresión de ser caóticos, parece que hay un orden, como en el linfoma de Burkitt, en el cual los cromosomas 3, 13 y 17 suelen mostrar translocaciones mientras que en los cromosomas 7 y 20 suelen faltar segmentos.

Hemocromatosis hereditaria

El almacenamiento excesivo de hierro en la **hemocromatosis hereditaria**, si no se trata, puede convertirse en un trastorno letal. La persona absorbe demasiado hierro, que se acumula en las células parenquimatosas de órganos vitales como el hígado, el páncreas y el corazón. Dado que puede afectar los órganos en una secuencia diferente, los síntomas varían y el diagnóstico puede ser difícil. El examen de la sangre en busca de concentraciones elevadas de ferritina y transferrina puede proveer el diagnóstico definitivo, que puede confirmarse mediante pruebas genéticas. Debido a que este es un trastorno hereditario, también se debe estudiar genéticamente a los parientes cercanos de las personas que padecen la enfermedad.