

Pág. 143

PARA COMENZAR

- Mereschkowski estableció en su teoría de la simbiogénesis que la simbiosis y la incorporación de simbioses eran las únicas formas de poder evolucionar a formas más complejas. Esto derivó en la simbiología evolutiva.
- Mereschkowski estudiaba líquenes y Margulis bacterias. Las bacterias son organismos procariotas, mientras que los líquenes surgen de la asociación simbiótica de un hongo y un alga.
- Las arqueobacterias son organismos unicelulares procariotas que se diferencian de las bacterias en que no tienen peptidoglucanos en la pared celular, su membrana presenta isoprenoides ramificados en lugar de ácidos grasos, su ADN está asociado a histonas como el de los organismos eucariotas y presentan varias clases de ARN polimerasas.
- La ventaja de la compartimentación del interior celular es que, de este modo, no hay interferencias entre las reacciones químicas que se producen en cada uno de los compartimentos.
- Porque el aparato de Golgi se forma a partir de cisternas desprendidas del retículo endoplasmático, y las vacuolas, los lisosomas y los peroxisomas proceden de las vesículas generadas en el retículo endoplasmático y en el aparato de Golgi.
- Según la teoría de la endosimbiosis de Margulis, el primer organismo eucariota surgió de la asociación de una arqueobacteria anaerobia con una espiroqueta.
- Considera que los cloroplastos proceden de cianobacterias que fueron ingeridas para, posteriormente, ser digeridas, pero en lugar de esto, permanecieron en el interior celular aportando alimento a la célula, la cual les proporcionaba protección, es decir, se originó una endosimbiosis. Lo mismo sucedió con las bacterias aeróbicas, que generan energía química a partir de materia orgánica y oxígeno, que dieron lugar a las mitocondrias. La membrana externa procede de la membrana de la vacuola y la membrana interna de la membrana plasmática bacteriana.

Pág. 145

- 1 Las ribosomas.
- 2 Las enzimas son de naturaleza proteica y los ribosomas son los encargados de la biosíntesis de proteínas. Por tanto, al ser las células pancreáticas muy activas en la síntesis de enzimas digestivas, deben poseer un número muy elevado de ribosomas.
- 3 En el citosol, las subunidades de los ribosomas se encuentran separadas, pero una vez que comienza la síntesis de una proteína las dos subunidades se unen y los ribosomas se acoplan con un ARNm.
- 4 El retículo endoplasmático liso o agranular (REL) no presenta ribosomas, y el retículo endoplasmático rugoso o granular (RER) posee ribosomas en su cara externa.
El retículo endoplasmático liso está constituido por una red de túbulos, unidos al retículo endoplasmático rugoso, que se expande por todo el citoplasma. El retículo endoplasmático

rugoso está formado por cisternas comunicadas entre sí. Además, presenta las denominadas vesículas de transporte. Se comunica con el retículo endoplasmático liso y con la parte externa de la envoltura nuclear.

Aunque en general las funciones del retículo endoplasmático son la síntesis de proteínas y de lípidos, la adición a ellos de glúcidos y la transformación de las sustancias tóxicas en sustancias no tóxicas, cada uno de ellos posee funciones específicas.

- 5 Porque en estas células se sintetizan una gran cantidad de esteroides y la síntesis de lípidos es la actividad principal del retículo endoplasmático liso.
- 6 En las células musculares en reposo, el retículo endoplasmático liso bombea iones calcio (Ca^{2+}) al lumen y, al llegar un impulso nervioso, estos iones salen rápidamente de este al citosol, posibilitando su contracción.

Pág. 146

- 7 La cara *cis* del aparato de Golgi es la cara en la que los sáculos forman una superficie plana o convexa. Es la cara más próxima al núcleo. Así pues, la cara *cis* es la que queda en la parte superior del dibujo, próxima al retículo endoplasmático de color morado.
La cara *trans* es la cara en la que los sáculos forman una superficie cóncava, son gruesos y en los extremos se forman las vesículas. Es la cara más alejada del núcleo. Así pues, la cara *trans* es la que está situada en la parte inferior del dibujo, próxima a la membrana plasmática.
- 8 El aparato de Golgi está formado por:
 - Vesículas de transición que provienen del núcleo y del retículo endoplasmático y aportan sustancias al aparato de Golgi.
 - Vesículas intercisternas que transportan el contenido de los sáculos, de cisterna a cisterna, de la cara *cis* a la cara *trans*.
 - Vesículas de secreción que acumulan el contenido molecular antes de expulsarlo al exterior.

- 9 El dictiosoma es cada una de las agrupaciones de cisternas que componen el aparato de Golgi.
La cisterna es un tipo de vesícula discooidal que, dispuesta en paralelo junto a otras y con las vesículas de secreción, constituyen el aparato de Golgi.
- 10 Entre las principales funciones del aparato de Golgi destacan:
 - Transporte. Este aparato es el principal responsable del transporte de sustancias dentro de la célula. Sus membranas, al formar vesículas, permiten transportar un gran número de moléculas procedentes del retículo endoplasmático.
 - Maduración. Contiene gran cantidad de proteínas de tipo enzimático, que transforman las sustancias iniciales durante su recorrido por los sáculos.
 - Acumulación y secreción de proteínas. Muchas proteínas, del retículo endoplasmático, varían su estructura o alteran

las secuencias de aminoácidos y se activan. Después se concentran y pasan a las vesículas de secreción.

- Glucosilación de lípidos y proteínas. Los oligosacáridos se unen a los lípidos y a las proteínas y dan lugar a glucolípidos y a glucoproteínas de membrana.
- Síntesis de polisacáridos. Como, por ejemplo, los proteoglucanos de la matriz extracelular y los glúcidos constitutivos de la pared celular vegetal.

Pág. 147

- 11 Ambos son lisosomas y se han formado en el aparato de Golgi. El acrosoma de un espermatozoide es un lisosoma primario que almacena solo enzimas digestivas en su interior. Sin embargo, el grano de aleurona de una semilla es un lisosoma secundario que almacena tanto enzimas digestivas como proteínas, que serán digeridas por las propias enzimas digestivas.
- 12 Los lisosomas primarios solo presentan enzimas digestivas en su interior, mientras que los lisosomas secundarios contienen sustratos en proceso de digestión, porque anteriormente se han unido a una vacuola con materia orgánica.
- 13 Los lisosomas tienen una membrana plasmática con las proteínas de la cara interna muy glucosiladas. Estas glucoproteínas impiden que las enzimas hidrolasas ataquen la membrana interna del lisosoma.

Pág. 148

- 14 En las células animales, las vacuolas suelen ser pequeñas y generalmente se denominan vesículas. Por el contrario, las vacuolas de las células vegetales suelen ser muy grandes, en general, solo hay una o dos en cada célula y su membrana recibe el nombre de tonoplasto.

Pág. 149

- 15 Para los primeros organismos anaeróbicos el O_2 era un elemento tóxico. Los peroxisomas transforman el O_2 en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) por medio de la enzima oxidasa. Este H_2O_2 es un compuesto altamente tóxico que se destruye gracias a la enzima catalasa. En ambas reacciones la energía se libera en forma de calor. De esta forma, los peroxisomas son capaces de defender a la célula de la toxicidad del oxígeno.

Pág. 150

- 16 Las crestas mitocondriales son invaginaciones de la membrana mitocondrial interna que incrementan su superficie y, por tanto, su capacidad metabolizadora. Es una membrana bastante impermeable y carece de colesterol. En ella se localizan las proteínas que permiten realizar la respiración mitocondrial (permeasas, citocromos y las ATP sintasas).

Pág. 151

- 17 Las ATP sintasas se encuentran sobre las crestas mitocondriales y permiten fosforilar el ADP y transformarlo en ATP gracias al paso de H^+ desde el espacio intermembranoso hasta la matriz mitocondrial.
- 18 Es el conjunto de mitocondrias de una célula.
- 19 En la membrana interna de las mitocondrias se realiza la fosforilación oxidativa, que es la etapa final de la respiración mitocondrial. En la cadena respiratoria se junta el hidrógeno procedente de la materia orgánica con el oxígeno y se libera energía que queda almacenada en moléculas de ATP, gracias a las enzimas ATP sintasas.
- 20 En la respiración celular se distinguen dos etapas:
 - Ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico. Es la etapa inicial, se realiza en la matriz mitocondrial y se desprende dióxido de carbono.
 - Cadena respiratoria o fosforilación oxidativa. Es la etapa final, se produce en la membrana interna y se libera agua y energía en forma de ATP.

Pág. 152

- 21 La síntesis de ATP en los cloroplastos se produce en la membrana de los tilacoides mediante las ATP sintasas.
- 22 Los sistemas enzimáticos que efectúan el transporte de electrones y las ATP sintasas, ambos localizados en la membrana tilacoidal.

Pág. 153

- 23 Los cloroplastos que se engloban dentro de los cromoplastos. Su principal diferencia con los leucoplastos es que los primeros contienen pigmentos que dan color, mientras que los segundos son incoloros y almacenan sustancias como almidón o proteínas.
- 24 Las cianobacterias son bacterias verdes fotosintéticas.

Pág. 154

SABER HACER

- 25 R. G. En los filamentos del alga se distingue un núcleo central y largos cloroplastos con el borde dentado y aspecto helicoidal.
- 26 R. G. En el citoplasma se perciben una serie de gránulos rojizo-anaranjados, de forma ovoide o esférica que son los cromoplastos. También se observa el núcleo redondeado, la presencia de gránulos de almidón de forma arriñonada y en las células menos alteradas por la compresión se ven grandes vacuolas incoloras.
- 27 Se observan amiloplastos con diferentes formas. Dichos orgánulos están formados por capas que rodean una zona central (denominada hilio), que puede ocupar el centro del plasto o estar lateralizado.

Pág. 155

- 28 No en sentido estricto. La interfase se considera como el periodo en el cual no se produce la mitosis, por tanto, no se puede decir que sea una fase de la mitosis. Lo que sí es correcto decir es que, como el ADN se duplica durante la interfase, sin este proceso, no podría darse luego la mitosis.

Pág. 156

- 29 El ANR nucleolar (ARNn) se encuentra en el nucléolo, el pre-ARN mensajero o transcrito primario (ARNm) se encuentra en las zonas de la cromatina en las que se transcribe un gen que codifica proteínas, el ARN pequeño nucleolar (ARNpn) se encuentra en el nucléolo, y el ADN, en la cromatina.
- 30 Porque en el ADN del núcleo es donde está la información necesaria para sintetizar todas las proteínas: las enzimas, las proteínas receptoras de membrana, las proteínas de los ribosomas, las proteínas del citoesqueleto, las histonas, etc.
- 31 Una posibilidad es por la fusión de las membranas de las células contiguas; en un solo citoplasma hay dos o más núcleos, estructura que se denomina sincitio. Otra opción es por una serie de divisiones sucesivas del núcleo, sin que vaya acompañada de sendas divisiones del citoplasma. Así se genera una estructura denominada plasmodio.
- 32 El radio del núcleo (r) mide aproximadamente 1,3 cm y el radio del citoplasma (R) mide aproximadamente 2 cm.

$$\begin{aligned} \text{RNP} &= \frac{V_n}{V_c - V_n} = \frac{4/3\pi r^3}{4/3\pi R^3 - 4/3\pi r^3} = \\ &= \frac{4/3\pi(1,3)^3}{4/3\pi(2^3 - 1,3^3)} = \frac{2,197}{8 - 2,197} = \mathbf{0,378} \end{aligned}$$

- 33 En las células vegetales el núcleo interfásico suele ser discoidal y, generalmente, se encuentra en posición lateral. En las células animales el núcleo interfásico suele ser esférico y se encuentra en posición central.

Pág. 157

- 34 No podría salir el ARNm y, por tanto, no se podrían fabricar proteínas. Tampoco podrían entrar las proteínas del tipo: ADN polimerasas, ARN polimerasas, histonas y las proteínas del ARNn; por tanto, no se podría duplicar el ADN, no se podría formar la fibra de cromatina de 100 Å, ni el ARNn, ni las partículas pre-ribosómicas.
- 35 Para regular qué proteínas pueden entrar o salir y cuáles no, y para regular también la salida de las subunidades ribosómicas.
- 36 Como en las células eucariotas hay unas cuantas moléculas de ADN (a diferencia de las procariontes, que tan solo tienen una) que se enrollan sobre sí mismas para evitar enredarse entre sí, muy probablemente quedarían condensadas en lugares muy distantes, por lo que sería más difícil coordinar

la replicación del ADN, la recombinación genética en la meiosis y el reparto final de los cromosomas.

- 37 Porque las fibras de cromatina que forman los cromosomas presentan puntos de unión con la lámina nuclear, y determinadas proteínas de esta se asocian a las proteínas de la membrana interna de la cubierta nuclear.

Pág. 158

- 38 ADN polimerasas, ARN polimerasas, ribonucleoproteínas, histonas y nucleótidos. La razón es porque son las moléculas necesarias para la duplicación del ADN, para la síntesis de ARN y para la formación de las subunidades ribosómicas.
- 39 Gracias a una red proteica fibrilar y al hecho de encontrarse en estado de gel.
- 40 La zona granular del nucléolo está formada por ARN ribosómico asociado a proteínas, contiene las subunidades ribosómicas 60 S y 40 S.
- 41 Porque es en el ADN donde está la información sobre cómo sintetizar el ARN nucleolar y sobre su secuencia de nucleótidos.

Hay más nucléolos en las células secretoras de enzimas porque, como las enzimas son proteínas, son necesarios muchos ribosomas, y esto implica un nucléolo grande o unos cuantos nucléolos pequeños, ya que es el ARN nucleolar el que da lugar a los diferentes ARN ribosómicos.

Pág. 159

- 42 No es correcta, ya que la heterocromatina facultativa es aquella que en un mismo individuo está condensada en unos tipos de células pero no en otros.

Pág. 161

- 43 En los humanos no puede haber células somáticas con un número impar de cromosomas salvo que se haya producido una mutación, como pasa, por ejemplo, en el síndrome de Down, en el que hay tres ejemplares del cromosoma 21 en lugar de dos, que es lo normal (uno heredado del padre y otro heredado de la madre), o en el síndrome de Klinefelter, en el que hay dos cromosomas X y un cromosoma Y.

En los gametos humanos hay un número impar de cromosomas, concretamente 23, excepto que se hayan producido determinadas mutaciones.

Pág. 162

PARA REPASAR

- 44 Durante el transporte de moléculas en la célula, las vesículas de transición procedentes del retículo endoplasmático se unen a la cara *cis* de los dictiosomas del aparato de Golgi.
- 45 La parte proteica de las glucoproteínas de la membrana plasmática tiene su origen en el retículo endoplasmático

rugoso, donde los ribosomas las sintetizan a partir de la información contenida en el ARNm. Una vez formadas, penetran en el interior de los sáculos del retículo, para pasar después a quedarse en el interior de las vesículas de transición que llegan al aparato de Golgi, donde son glucosiladas mediante la unión de cadenas de oligosacáridos. Más tarde, en el interior de las vesículas de secreción, llegan a la membrana plasmática, donde se integran.

- 46** Los lisosomas secundarios reciben el nombre de vacuolas digestivas heterofágicas cuando el sustrato digerido procede del exterior por fagocitosis o pinocitosis. Se llaman vacuolas autofágicas cuando el sustrato orgánico digerido es una estructura propia de la célula, por ejemplo, una mitocondria vieja, un sáculo, etc.
- 47** a) Mitocondrias.
b) Vacuola pulsátil.
c) Aparato de Golgi.
d) Ribosomas, retículo endoplasmático rugoso.
e) Retículo endoplasmático liso.
f) Mitocondrias.
g) Citosol.
h) Aparato de Golgi.
i) Cloroplastos.
j) Aparato de Golgi.
- 48** La ATP sintasa es un complejo enzimático que se encarga de la síntesis de ATP. Se sitúa en la cara interna de las membranas mitocondriales internas y en la cara externa de los tilacoides de los cloroplastos. El paso de H^+ a través del complejo ATP sintasa, que se produce a favor del gradiente químico de H^+ , proporciona la energía necesaria para la formación del ATP.
- 49** La detoxificación es el proceso de degradación oxidativa que sufren determinadas sustancias tóxicas en el interior de la célula. Esta actividad la realizan el retículo endoplasmático y los peroxisomas.

50 A. Mitocondrias	B. Cloroplastos
Función principal: respiración mitocondrial.	Función principal: fotosíntesis.
Presente en todas las células eucariotas.	Presente en células vegetales.
Sus dimensiones oscilan entre 1 y 4 μm de largo y entre 0,3 y 0,8 μm de ancho.	Miden entre 3 y 19 μm de diámetro mayor y entre 1 y 2 μm de diámetro menor.
Se originaron a partir de bacterias fagocitadas que no fueron digeridas, sino que se quedaron en simbiosis en el citosol de una célula eucariota primitiva.	Proceden de cianobacterias que fueron fagocitadas y que, en lugar de ser digeridas, quedaron en simbiosis con una célula eucariota primitiva.

- 51** a-2; b-6; c-4; d-3; e-1; f-7; g-5; h-9; i-8.
- 52** a) Citoplasma de las células musculares.
b) Citosol de las células.
c) Membrana de los tilacoides y membrana interna mitocondrial.
d) Matriz mitocondrial.
- 53** Porque las fibras de cromatina que forman los cromosomas presentan puntos de unión con la lámina nuclear, y determinadas proteínas de esta se asocian a las proteínas de la membrana interna de la cubierta nuclear.
- 54** En función del número de cromátidas, están los cromosomas profásicos y metafásicos con dos cromátidas y, los cromosomas anafásicos y telofásicos con una sola cromátida. Dentro de los cromosomas con dos cromátidas se distinguen cuatro tipos en función de la posición del centrómero:
- Cromosoma metacéntrico. El centrómero se localiza en la mitad del cromosoma.
 - Cromosoma submetacéntrico. El centrómero está desplazado y los brazos cromosómicos son ligeramente desiguales.
 - Cromosoma acrocéntrico. Los brazos cromosómicos son muy desiguales.
 - Cromosoma telocéntrico. El centrómero se encuentra en el telómero.
- 55** Presenta un corpúsculo de Barr, como las células de las mujeres.
- 56** Todas las células somáticas de un individuo poseen el mismo número de cromosomas, se trata de células diploides o $2n$, siendo n el número de tipos diferentes de cromosomas. Estas células presentan dos juegos de cada tipo de cromosoma, uno heredado de un progenitor y otro heredado del otro.
- 57** Porque la cantidad de ADN es mucho menor en las células procariotas que en las células eucariotas.

Pág. 163

PARA PROFUNDIZAR

- 58** a) 47 cromosomas.
b) Se trata de los cromosomas de una célula diploide porque hay dos ejemplares de cada tipo. El valor de $2n$ de esta persona es 47 cromosomas.
c) Se trata de un hombre, porque tiene el cromosoma Y, y este cromosoma contiene el gen de la información determinante de los testículos.
d) Hay 24 tipos de cromosomas. El valor de n es 24. Si fuera del otro sexo, el valor de n sería 23.
e) Cada cromosoma tiene dos cromátidas. Pertenecen a la profase.
f) Los cromosomas del recuadro pequeño son los heterocromosomas o cromosomas sexuales. El resto son los autosomas o cromosomas autosómicos.

- g)** Los criterios seguidos son el tamaño y, dentro del mismo tamaño, la posición del centrómero.
- h)** Las características de cada grupo son:
- Grupo A: cromosomas muy largos y metacéntricos.
 - Grupo B: cromosomas largos y submetacéntricos.
 - Grupo C: cromosomas medianos y metacéntricos o submetacéntricos.
 - Grupo D: cromosomas medianos y acrocéntricos o telocéntricos.
 - Grupo E: cromosomas pequeños y metacéntricos o submetacéntricos.
 - Grupo F: cromosomas muy pequeños y metacéntricos.
 - Grupo G: cromosomas muy pequeños y acrocéntricos.
- i)** Por longitud y forma, el cromosoma X pertenece al grupo C y el cromosoma Y pertenece al grupo E o al G.

- 59** La estructura de la microfotografía corresponde con el aparato de Golgi. Está constituido por cisternas apiladas y vesículas de secreción (ver página 146 del libro del alumno). Sus principales funciones son el transporte, maduración, acumulación y secreción de proteínas procedentes del retículo endoplasmático; la glucosilación de lípidos y proteínas; y la síntesis de polisacáridos.
- 60** Las sustancias sintetizadas en el retículo endoplasmático rugoso se transfieren al aparato de Golgi, donde son modificadas. Las enzimas hidrolíticas de los lisosomas se sintetizan en el retículo endoplasmático rugoso y después se modifican en el aparato de Golgi, que es el orgánulo que genera la mayoría de los lisosomas.
- 61** Respuesta en la web.
- 62** R. L.
- 63** R. L.

Pág. 165

CIENCIA EN TU VIDA

- 64** La edad máxima de cada especie está relacionada con aquella que necesita para generar una diversidad de descendientes que asegure su supervivencia.
- 65** Porque el niño nace a partir de células germinales que se han mantenido jóvenes durante toda la vida de la madre y del padre. La edad de la madre sí influye en los hijos; con la edad aumenta el riesgo de enfermedades congénitas como, por ejemplo, el síndrome de Down.
- 66** Porque existe un riesgo muy elevado de que se transformen en células cancerosas.
- 67** Se basa en la existencia de los llamados genes reguladores de la longevidad. Todas las células están programadas para vivir, envejecer y morir. Tienen un número limitado de divisiones tras las cuales entran en un periodo de senescencia celular. Es lo que se conoce como «reloj biológico».
- 68** El no cuidar la dieta puede llevar a un exceso de glucosilación en las proteínas, lo que provoca

ensanchamiento de las arterias y alteraciones renales. Una dieta rica en alimentos antioxidantes, como frutas y verduras, acompañado de ejercicio diario, es la mejor recomendación contra el envejecimiento prematuro celular.

69 R. L.