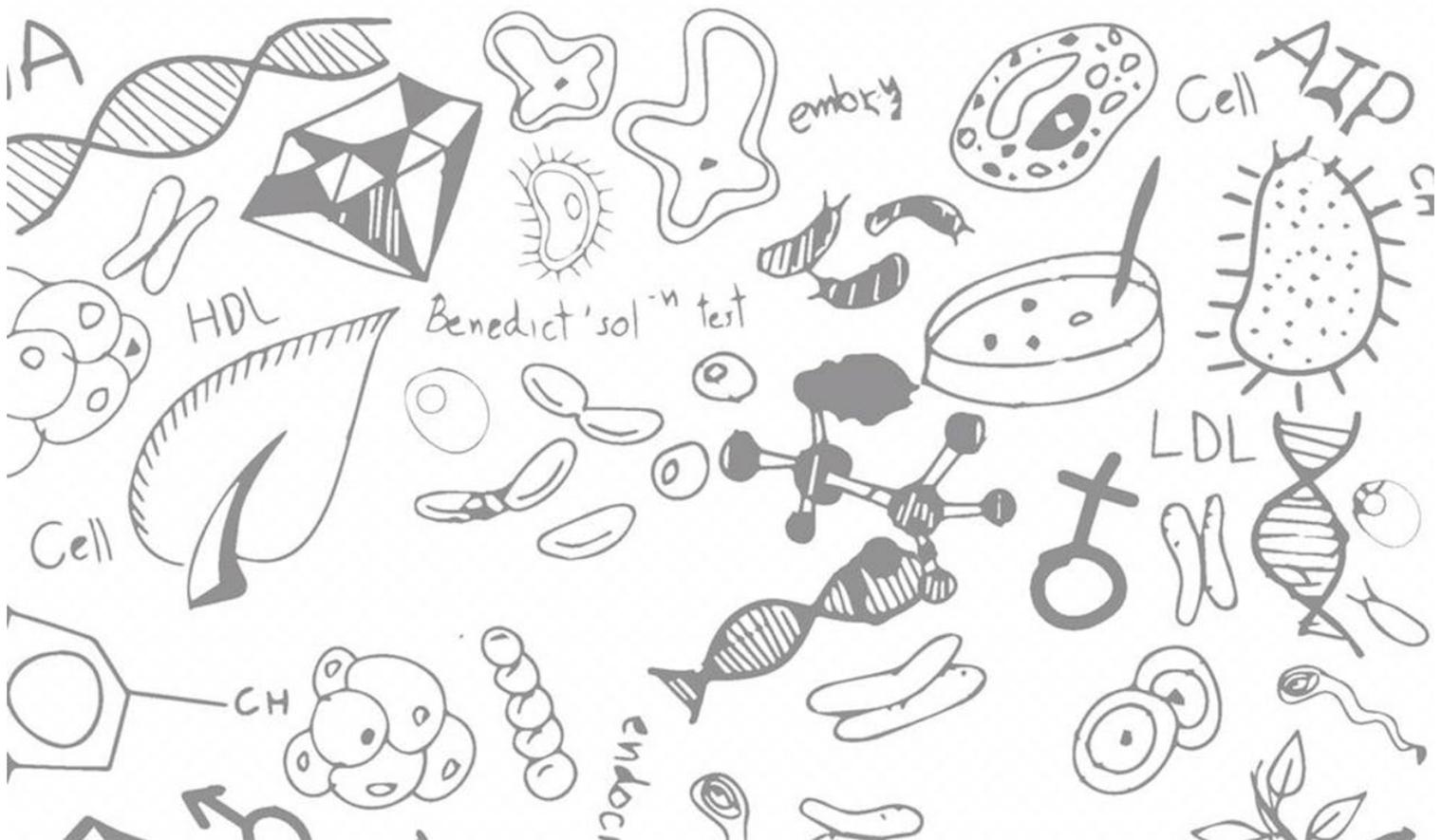


BIOLOGÍA

INGRESO MEDICINA 2020

FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS

Universidad Nacional de Santiago del Estero



PROGRAMA MODULO DE BIOLOGÍA INGRESO MEDICINA 2020

Unidad 1: Clasificación de los seres vivos

Métodos de estudio de las células: Organización y función de las células procariotas y eucariotas. Diferencias entre los tipos celulares. Virus. (*Libro Introducción a la Biología Celular, 3° edición, Alberts y col., páginas 1-26*).

Taxonomía. Nomenclatura binomial. Clasificación jerárquica. Sistema taxonómico actual. Dominios Archaea, Bacteria y Eukarya: características generales y ejemplos de organismos. Reinos Protista, Fungi, Plantae y Animalia: características generales y ejemplos de organismos. (*Libro Biología de Curtis y col. y col., páginas 441-453*).

Unidad 2: Célula

Organización estructural y funcional de la célula animal.

Membranas lipídicas: Funciones y características de los lípidos e hidratos de carbono. Tipos de lípidos. Proteínas de membrana. Hidratos de carbono asociados. Transporte a través de membranas. (*Libro Introducción a la Biología Celular, 3° edición, Alberts y col., páginas 363-381 y 387-409*).

Mitocondria: Estructura. Generación de energía. Fosforilación oxidativa. Transporte de Electrones. (*Libro Introducción a la Biología Celular, 3° edición, Alberts y col., páginas 453-476*).

Compartimientos y Transportes Intracelulares: Núcleo. Peroxisomas. Retículo Endoplasmático Liso y Rugoso. Aparato de Golgi. Lisosomas. Transporte Vesicular. Endocitosis. Fagocitosis. Pinocitosis. (*Libro Introducción a la Biología Celular, 3° edición, Alberts y col., páginas 495-528*).

Comunicación celular. Mecanismos Generales. Ligando. Receptores. Segundo Mensajeros. AMP cíclico. Calcio. Derivados de Lípidos. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 230-247*).

Citoesqueleto: Filamentos intermedios. Microtúbulos. Filamentos de actina. Proteínas motoras. Proteínas asociadas. Uniones celulares. (*Libro Introducción a la Biología Celular, 3° edición, Alberts y col., 571-599 y 700-708*).

División Celular: Ciclo celular. Fases G₁, G₂, S, G₀. Mitosis. Meiosis Sistemas de control del ciclo celular. Apoptosis. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 127-147*)

Unidad 3: Ácidos Nucleicos y Proteínas.

Estructura de los ácidos nucleicos (ADN y ARN). Dogma central de la biología molecular. Replicación del ADN. Reparación del ADN. Concepto de gen y estructura, promotor y secuencias reguladoras. Transcripción. Código Genético. Traducción de proteínas y estructuras proteicas. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 172-210*).

Unidad 4: Tejidos, Órganos y Sistemas

Matriz extracelular. Tejido Epitelial. Tejido conjuntivo. Tejido Muscular. Tejido Cartilaginoso. Tejido Nervioso. **Sistema Musculo-Esquelético.** Planos. Músculos. Tipos. Huesos. Clasificación. Huesos del Cráneo, Miembros Superiores e Inferiores, Columna Vertebral, Caja Torácica, Pelvis. Articulaciones. Clasificación. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 595-610*).

Sistema Nervioso: Neurona. Neuroglia. Sinapsis Estructura y Función general de: Sistema Nervioso Central y Periférico, Encéfalo, Medula espinal. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 611-619, 624-633, 651-658*).

Sistema Respiratorio. Estructura y Función general de: Nariz. Faringe. Laringe. Tráquea. Bronquios. Alveolos. (*Libro Biología de Curtis y col., páginas 686-696*).

Sistema Circulatorio. Estructura y Función general de: Corazón, Venas y Arterias, Sistema Linfático. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 698-711](#)).

Aparato Digestivo. Estructura y Función general de: Boca, Faringe, Esófago, Estómago, Intestino Delgado y Grueso, Ano, Glándulas anexas. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 712-722](#)).

Sistema Urinario. Estructura y Función general de: Riñones, Pelvis Renal, Uréteres, Vejiga. Uretra. **Aparato Reproductor. Masculino.** Estructura y Función general de: Testículos, Epidídimo, Conducto Deferente, Vesículas Seminales, Pene. **Femenino.** Estructura y Función general de: Ovarios, Trompas de Falopio, Útero, Vagina, Vulva. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 782-793](#)).

Unidad 5: Desarrollo embrionario

Gametogénesis. Fecundación. Segmentación. Gastrulación. Estructuras derivadas del endodermo, mesodermo y ectodermo. Implantación. Etapas del desarrollo del embrión humano. ([Apunte *Embriología*, Dr. M. Luque, FCM-UNSE](#))

Unidad 6: Herencia y Genética

Leyes de Mendel. Concepto de alelos, genotipo, fenotipo. Caracteres dominantes y recesivos. Homocigosis, heterocigosis. Excepciones a las leyes de Mendel: codominancia, alelos múltiples, herencia ligada al sexo, herencia poligénica. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 148-171 y 353-365](#))

Unidad 7: Evolución

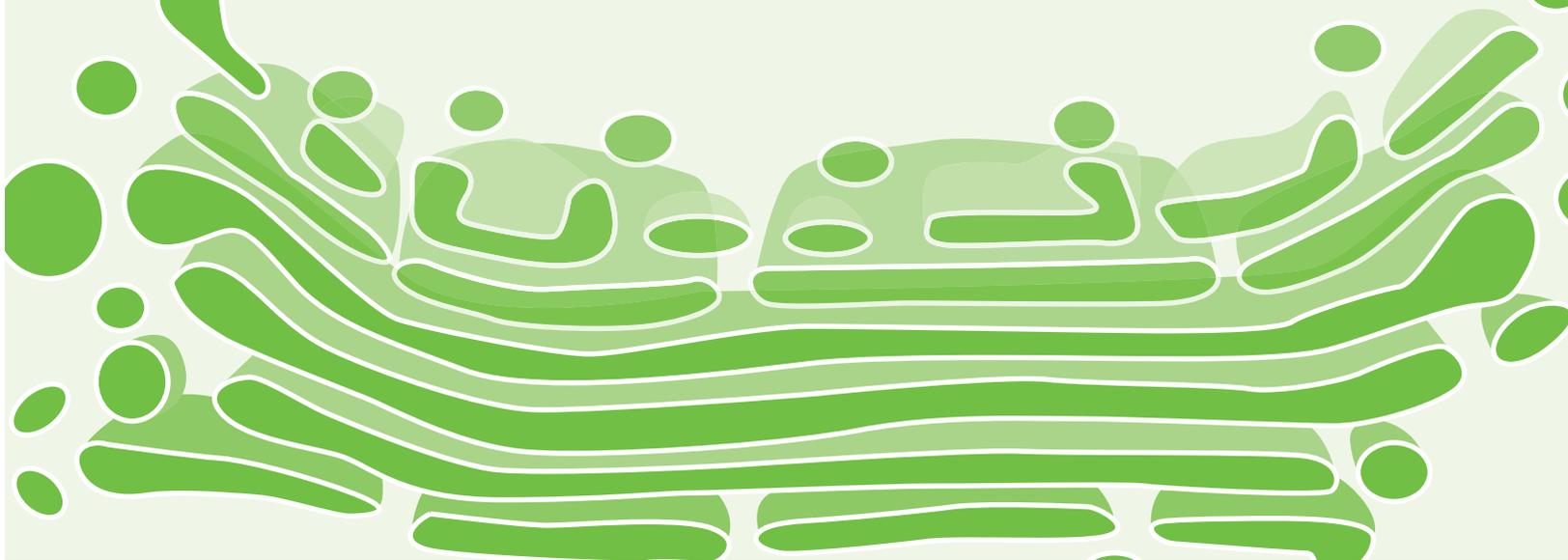
Teoría de Darwin-Wallace: premisas fundamentales. Teoría sintética de la evolución. Las bases genéticas de la evolución: genética de las poblaciones, aptitud, variabilidad. Procesos del cambio evolutivo: procesos que cambian las frecuencias génicas, tipos de selección natural. La adaptación. Origen de las especies: concepto de especie, la especiación, modelos de especiación. Macroevolución: concepto, patrones de macroevolución. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 331-351](#)).

Unidad 8: Estructura y dinámica de las poblaciones

Patrones de crecimiento de las poblaciones. Patrones de mortalidad. Estructura de edades. Densidad y disposición espacial. La población y su entorno. Nicho ecológico. Capacidad de carga. Competencia entre individuos. Dispersión y migración. Interacciones entre poblaciones: Competencia, Depredación, Parasitismo, comensalismo, Mutualismo. ([Libro *Biología de Curtis y col.*, páginas 907-926](#))

Bibliografía

- ALBERTS, Bruce y colaboradores. *Introducción a la Biología Celular*. 3° Edición. Editorial Médica Panamericana, 2011.
- CURTIS, Helena y colaboradores. *Biología*. 7° Edición. Editorial Médica Panamericana, 2008.
- LODISH, Harvey y colaboradores. *Biología Celular y Molecular*. 7° Edición. Editorial Médica Panamericana, 2016.



1

CAPÍTULO UNO

Introducción a las células

¿Qué significa estar vivo? Las personas, las petunias y las algas de un estanque están vivos; las piedras, la arena y las brisas de verano, no. ¿Pero cuáles son las propiedades fundamentales que caracterizan a los seres vivos y los distinguen de la materia inerte?

La respuesta comienza con un hecho básico que, en la actualidad, los biólogos dan por supuesto, pero que marcó una revolución en el pensamiento cuando fue establecido por primera vez hace 170 años. Todos los organismos vivos están formados por **células**: unidades pequeñas rodeadas de una membrana que contienen una solución acuosa concentrada de sustancias químicas y dotadas de la extraordinaria capacidad para crear copias de sí mismas mediante el crecimiento y la división en dos células (fisión). Las células aisladas son las formas de vida más simples. Los organismos superiores, como el hombre, son comunidades de células que derivan del crecimiento y la división de una célula fundadora única: cada animal, vegetal u hongo es una colonia extensa de células individuales que cumplen funciones especializadas, coordinadas por sistemas complejos de comunicación.

Las células, por lo tanto, son las unidades fundamentales de la vida, y la *biología celular* es el medio al que debemos recurrir para encontrar la respuesta a la pregunta de qué es la vida y cómo funciona. Con una comprensión más profunda de la estructura, la función, el comportamiento y la evolución de las células, podemos comenzar a tratar los grandes problemas históricos de la vida en la Tierra: sus orígenes misteriosos, su diversidad asombrosa y la invasión de cada hábitat concebible. Además, la biología celular puede proporcionarnos respuestas a los interrogantes sobre nosotros mismos: ¿De dónde venimos? ¿Cómo nos desarrollamos a partir de un solo oocito fecundado? ¿Cómo es que cada uno de nosotros es diferente de otras personas de la Tierra? ¿Por qué enfermamos, envejecemos y morimos?

En este capítulo, comenzaremos por explorar la gran variedad de formas que pueden presentar las células y también daremos una mirada preliminar a la maquina-

UNIDAD Y DIVERSIDAD DE LAS CÉLULAS

LAS CÉLULAS BAJO EL MICROSCOPIO

LA CÉLULA PROCARIONTE

LA CÉLULA EUCARIONTE

ORGANISMOS MODELO

ria química que todas las células tienen en común. Luego, consideraremos cómo se hacen visibles las células bajo el microscopio y qué podemos ver cuando observamos su interior. Por último, analizaremos cómo se pueden aprovechar las semejanzas de los organismos vivos para lograr una comprensión coherente de todas las formas de vida de la Tierra, de la bacteria más pequeña al roble más grande.

UNIDAD Y DIVERSIDAD DE LAS CÉLULAS

Los biólogos celulares suelen referirse a “la célula” sin especificar ninguna en particular. Sin embargo, las células no son todas iguales y, de hecho, pueden ser sumamente diferentes. Se estima que existen, por lo menos, 10 millones –quizá 100 millones– de especies distintas de organismos vivos en el mundo. Antes de sumergirnos en la biología celular, debemos considerar: ¿qué tiene en común una bacteria con las células de una mariposa; qué tienen en común las células de una rosa con las de un delfín? Y, ¿de qué manera se diferencian?

Las células varían muchísimo en su aspecto y su función

Comencemos con el tamaño. Una célula bacteriana –p. ej., un *Lactobacillus* de un trozo de queso– mide unos pocos **micrómetros** (μm) de longitud, lo que equivale a alrededor de 25 veces menos que el diámetro de un pelo humano. El huevo de una rana –que también es una célula única– tiene un diámetro aproximado de 1 mm. Si establecemos una escala en la cual el *Lactobacillus* tuviera el tamaño de una persona, el huevo de la rana tendría una altura equivalente a 800 m.

Las células también varían ampliamente en su forma y su función. Considérese la galería de células que se ilustran en la **figura 1-1**. La célula nerviosa típica del cerebro humano está considerablemente extendida; envía sus señales eléctricas a lo largo de una protrusión delgada que es 10.000 veces más larga que ancha y recibe señales de otras células a través de una masa de prolongaciones más cortas que brotan de su cuerpo como las ramas de un árbol. Un *Paramecium* en una gota de agua de estanque tiene la forma de un submarino y está cubierto por decenas de miles de cilios, extensiones pilosas cuyo movimiento ondulante desplaza a la célula hacia adelante haciéndola rotar a medida que avanza. La célula de la superficie de una planta es un prisma aplanado inmóvil rodeado de una cubierta rígida de celulosa, con un revestimiento externo de cera impermeable. La bacteria *Bdellovibrio* es un torpedero con forma de salchicha impulsado por un *flagelo* similar a un tirabuzón que está unido a su extremo posterior, donde actúa como propulsor. Un neutrófilo o un macrófago del cuerpo de un animal se desplaza por sus tejidos, cambia de forma constantemente y fagocita restos celulares, microorganismos extraños y células muertas o moribundas.

Algunas células sólo están revestidas de una membrana muy delgada; otras aumentan esta cubierta delicada con una capa externa con la que forman *paredes celulares* rígidas, o se rodean de un material mineralizado, duro, como el que se encuentra en el hueso.

Las células también son notablemente diversas en cuanto a sus requerimientos químicos y actividades. Algunas necesitan oxígeno para vivir; para otras, éste es letal. Algunas requieren poco más que aire, luz solar y agua como materiales básicos; otras necesitan una mezcla de moléculas complejas producidas por otras células. Algunas parecen ser fábricas especializadas en la producción de sustancias particulares, como hormonas, almidón, grasa, látex o pigmentos. Mientras que las células del músculo, queman combustible y realizan trabajo mecánico; otras son generadores de electricidad, como las células musculares modificadas de la anguila eléctrica.

Ciertas modificaciones especializan tanto a la célula que la despojan de la posibilidad de reproducirse. Esta especialización no tendría sentido en especies de células que viven aisladas. En cambio, en un organismo pluricelular existe una división del trabajo entre las células, lo que permite que algunas se especialicen en un grado extremo para tareas particulares, esto las vuelve dependientes de las otras

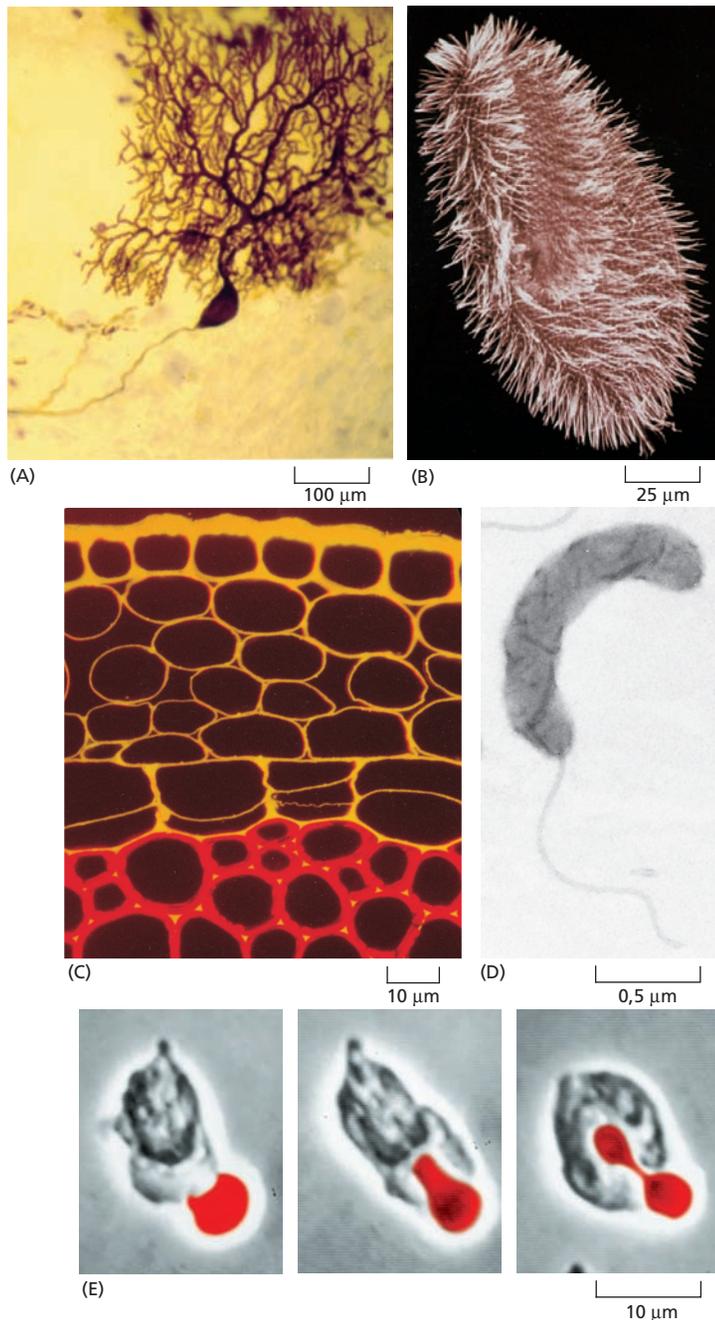


Figura 1-1. Las células presentan una gran variedad de tamaños y formas. (A) Célula nerviosa del cerebelo (parte del cerebro que controla el movimiento). Esta célula tiene prolongaciones sumamente ramificadas, mediante las cuales recibe señales de hasta otras 100.000 células nerviosas. (B) *Paramecium*. Este protozoo —una sola célula gigante— nada gracias a los cilios propulsores que cubren su superficie. (C) Corte del tallo de una planta joven en el que la celulosa está teñida de rojo, y otro componente de la pared celular, la pectina, de anaranjado. La capa más externa de las células se encuentra en el extremo superior de la foto. (D) Bacteria pequeña, *Bdellovibrio bacteriovorus*, que utiliza un flagelo terminal para impulsarse. Esta bacteria ataca, mata y se alimenta de otras bacterias más grandes. (E) Leucocito humano (neutrófilo) que se acerca y fagocita un glóbulo rojo. (A, cortesía de Constantino Sotelo; B, cortesía de Anne Fleury, Michel Laurent y André Adoutte; D, cortesía de Murry Stein; E, cortesía de Stephen E. Malawista y Anne de Boisfleury Chevance).

PREGUNTA 1-1

Es fácil reconocer la “vida”, pero es difícil definirla. El diccionario define a la vida como “el estado o calidad que distingue a los seres u organismos vivos de los muertos y de la materia inorgánica, que se caracterizan principalmente por el metabolismo, el crecimiento y la capacidad para reproducirse y responder a estímulos”. Por lo general, los libros de biología son algo más elaborados; por ejemplo, de acuerdo con un texto difundido, los organismos vivos:

1. Son notablemente organizados en comparación con los objetos inanimados naturales.
 2. Presentan homeostasis, lo que permite el mantenimiento de un medio interno relativamente constante.
 3. Se reproducen.
 4. Crecen y se desarrollan a partir de orígenes simples.
 5. Obtienen energía y materia del medio ambiente y las transforman.
 6. Responden a estímulos.
 7. Se adaptan a su medio ambiente.
- Otorgue una puntuación a usted, a una aspiradora y a una papa de acuerdo con estas características.

células para muchos requerimientos básicos. Incluso la necesidad más básica, la de transmitir las instrucciones genéticas a la generación siguiente, es delegada a especialistas: el óvulo y el espermatozoide.

Las células vivas tienen propiedades básicas similares

Pese a la extraordinaria diversidad de plantas y animales, el hombre ha reconocido desde tiempos inmemoriales que estos organismos tienen algo en común, algo que les da derecho a ser considerados organismos vivos. Gracias a la invención del microscopio, quedó claro que las plantas y los animales son conjuntos de células, que las células también puede existir como organismos independientes y que cada célula está viva en el sentido de que puede crecer, reproducirse, convertir la energía de una forma a otra, responder a su ambiente, etcétera. Pero, aunque fue bastante fácil reconocer la vida, resultó sumamente difícil establecer en qué sentido todos los organismos vivos se parecían entre sí. Los libros de textos debieron definir la vida en términos generales abstractos relacionados con el crecimiento y la reproducción.

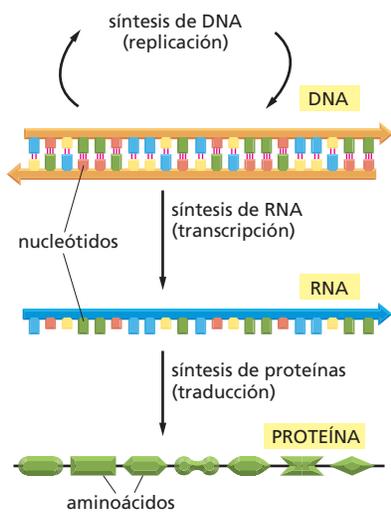


Figura 1-2. En todas las células vivas, la información genética fluye del DNA al RNA (transcripción) y del RNA a las proteínas (traducción). Estos procesos son conocidos en conjunto como expresión génica.

Los descubrimientos de la bioquímica y de la biología molecular hicieron desaparecer este problema de una manera notable. Si bien presentan infinitas variaciones en su aspecto exterior, todos los organismos vivos son fundamentalmente similares en el interior. En la actualidad, se sabe que las células se parecen de un modo asombroso en los detalles de sus propiedades químicas y que comparten la misma maquinaria para la mayoría de las funciones básicas. Todas las células están compuestas por las mismas clases de moléculas que participan en los mismos tipos de reacciones químicas (tratado en el cap. 2). En todos los organismos vivos, las instrucciones genéticas –genes– están almacenadas en moléculas de DNA, escritas en el mismo código químico, construidas con los mismos componentes básicos químicos, interpretadas esencialmente por la misma maquinaria química y duplicadas de la misma forma para permitir la reproducción del organismo. De esta forma, en cada célula, las extensas cadenas de polímeros de DNA están formadas con el mismo conjunto de cuatro monómeros, denominados *nucleótidos*, unidos en distintas secuencias como las letras de un alfabeto para transmitir información diferente. En cada célula, las instrucciones contenidas en el DNA son leídas, o *transcriptas*, en un conjunto de polímeros químicamente relacionados denominado RNA (Fig. 1-2). Las moléculas de RNA cumplen diversas funciones, pero la clase principal actúa como *RNA mensajero*: a su vez, los mensajes transportados por estas moléculas son *traducidos* a otro tipo de polímero denominado *proteína*.

Las moléculas proteicas dominan el comportamiento de la célula y actúan como soporte estructural, catalizadores químicos, motores moleculares, etcétera. Las proteínas están compuestas por *aminoácidos*, y todos los organismos vivos utilizan el mismo conjunto de 20 aminoácidos para fabricar proteínas. Pero los aminoácidos están unidos en secuencias diferentes, que confieren a cada tipo de molécula proteica una forma tridimensional diferente, o *conformación*, así como distintas secuencias de letras forman distintas palabras. De esta manera, la misma maquinaria bioquímica básica ha servido para generar toda la gama de organis-



(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 1-3. Todos los organismos vivos están formados por células. Una bacteria, una mariposa, una rosa y un delfín están compuestos por células que tienen propiedades similares y operan de acuerdo con los mismos principios básicos. (A, cortesía de Tony Brain y Science Photo Library; C, cortesía de John Innes Foundation; D, cortesía de Jonathan Gordon, IFAW).

mos vivos (Fig. 1-3). En los capítulos 4-8, se analiza con más detalle la estructura y la función de las proteínas, el RNA y el DNA.

Si las células son la unidad básica de la materia viviente, nada inferior a la célula puede ser denominado con propiedad de estructura viviente. Los virus, por ejemplo, son paquetes compactos de información genética –en forma de DNA o de RNA– revestido en general por proteínas, pero carecen de la capacidad de reproducirse por sí mismos. En cambio, se copian sólo parasitando la maquinaria reproductiva de las células que invaden. Por lo tanto, los virus son zombis químicos: son inertes e inactivos cuando están fuera de las células hospedadora, pero ejercen un control nocivo una vez ingresan.

En apariencia, todas las células actuales han evolucionado a partir del mismo antepasado

La célula se reproduce mediante la duplicación de su DNA y la posterior división en dos células, con transmisión de una copia de las instrucciones genéticas codificadas en el DNA a cada una de sus células hijas. Por eso, las células hijas se parecen a la célula madre. Sin embargo, la copia no siempre es perfecta, y las instrucciones, en ocasiones, son adulteradas por *mutaciones* que modifican el DNA. En consecuencia, las células hijas no siempre coinciden exactamente con la célula madre.

Las mutaciones –los cambios del DNA– pueden generar una descendencia con modificaciones negativas (porque las células hijas son menos capaces de sobrevivir y de reproducirse), positivas (porque son más aptas para sobrevivir y reproducirse) o neutras (porque son genéticamente diferentes, pero igual de viables). La lucha por la supervivencia elimina a las primeras, favorece a las segundas y tolera a las terceras. Los genes de la generación siguiente serán los genes de los sobrevivientes. De manera intermitente, el patrón de descendencia puede verse complicado por la reproducción sexual, donde dos células de la misma especie se fusionan y los DNA respectivos se reúnen; de este modo, las cartas genéticas se barajan de nuevo, se reparten y se distribuyen en nuevas combinaciones a la generación próxima, y se vuelve a poner a prueba su valor para la supervivencia.

Estos principios simples de cambio genético y selección, aplicados reiteradamente a través de miles de millones de generaciones celulares, son la base de la **evolución**: el proceso mediante el cual las especies vivas se van modificando y adaptando de manera gradual a su ambiente en formas cada vez más sofisticadas. La evolución proporciona una explicación sorprendente aunque convincente de por qué las células son tan similares en sus aspectos esenciales: todas han heredado sus instrucciones genéticas del mismo antepasado común. Se estima que esta célula ancestral existió entre 3.500 millones y 3.800 millones de años atrás, y debemos suponer que contenía un prototipo de la maquinaria universal de toda la vida en la Tierra actual. A través de las mutaciones, sus descendientes se diversificaron de modo gradual ocupando cada hábitat terrestre con organismos vivos aprovechando el potencial de la maquinaria de una infinita variedad de maneras.

Los genes proporcionan las instrucciones que determinan la forma, la función y el comportamiento complejo de la célula

El **genoma** de la célula –es decir, la biblioteca completa de información genética de su DNA– proporciona un programa genético que le informa a la célula cómo funcionar y, en el caso de células vegetales y animales, cómo convertirse en organismos con cientos de tipos celulares diferentes. En un vegetal o un animal, estas células pueden ser extraordinariamente variadas, como se analiza en el capítulo 20. Los adipocitos, las células cutáneas, las células óseas y las células nerviosas parecen tan disímiles como puede ser cualquier célula. No obstante, todos estos *tipos celulares diferenciados* se generan durante el desarrollo embrionario a partir de un solo oocito fecundado, y todos contienen copias idénticas del DNA de la especie. Sus caracteres diversos provienen de la forma en la que las células utili-

PREGUNTA 1-2

Las mutaciones son errores del DNA que modifican el plan genético de la generación anterior. Imagine una fábrica de calzado. ¿Esperaría que los errores (es decir, cambios involuntarios) en la copia del diseño del zapato indujeran mejoras en los zapatos producidos? Explique su respuesta.

zan sus instrucciones genéticas. Distintas células *expresan* diferentes genes; es decir, sus genes producen ciertas proteínas y no otras, lo que depende de las señales que ellas y sus células ancestrales han recibido de su entorno.

Por lo tanto, el DNA no es sólo una lista de compras que especifica las moléculas que cada célula debe tener, y una célula no es sólo un conjunto de todos los elementos de la lista. Cada célula es capaz de llevar a cabo una variedad de tareas biológicas, según su medio y su historia, utilizando la información codificada en el DNA para guiar sus actividades. Más adelante, se describirá en detalle cómo el DNA define tanto los elementos de la lista de la célula como las reglas que deciden el momento y el lugar donde se deben fabricar estos elementos.

LAS CÉLULAS BAJO EL MICROSCOPIO

En la actualidad, se dispone de la tecnología para descifrar los principios básicos que rigen la estructura y la actividad de la célula. Pero la biología celular comenzó sin estos recursos. Los primeros biólogos celulares comenzaron observando simplemente tejidos y células, después los abrieron o los cortaron para intentar ver su contenido. Lo que vieron fue para ellos profundamente desconcertante: un conjunto de objetos diminutos y apenas visibles cuya relación con las propiedades de la materia viva parecía un misterio inescrutable. No obstante, este tipo de investigación visual fue el primer paso hacia el conocimiento y sigue siendo esencial en el estudio de la biología celular.

Por lo general, las células son muy pequeñas, demasiado pequeñas para observarlas a simple vista. No se las visualizó hasta el siglo xvii, cuando se inventó el microscopio. A partir de ese momento y durante cientos de años, todo lo que se supo sobre las células se descubrió con este instrumento. Los *microscopios ópticos*, que utilizan la luz visible para iluminar las muestras, todavía son piezas vitales del equipo del laboratorio de biología celular.

Si bien estos instrumentos, en la actualidad, incorporan muchas mejoras complejas, las propiedades de la luz en sí misma fijan un límite a la precisión del detalle que puedan revelar. Los microscopios electrónicos, inventados en la década de los treinta, sobrepasan este límite mediante el empleo de haces de electrones en lugar de haces de luz como fuente lumínica, lo que amplía mucho la capacidad para visualizar los detalles sutiles de las células e incluso posibilita la visualización individual de algunas moléculas de mayor tamaño. La *lámina 1-1* (pp. 8-9) presenta una revisión de los principales tipos de microscopios utilizados para examinar células.

La invención del microscopio óptico condujo al descubrimiento de las células

La invención del microscopio óptico dependió de los avances en la producción de las lentes de cristal. En el siglo xvii, se perfeccionaron las lentes hasta el punto que se pudieron usar para fabricar microscopios simples. Con el empleo de un instrumento de este tipo, Robert Hooke examinó un trozo de corcho y en 1665 le informó a la Royal Society of London (Sociedad Real de Londres) que el corcho estaba compuesto por un conjunto de cámaras diminutas, que denominó “células”. El nombre de “célula” se mantuvo, aunque las estructuras que Hooke describió eran sólo las paredes celulares que quedaron después de que murieran las células vegetales vivas que se encontraban en su interior. Más adelante, Hooke y su contemporáneo holandés Antoni van Leeuwenhoek pudieron observar células vivas, lo que reveló un mundo oculto lleno de organismos microscópicos móviles.

Casi durante 200 años, el microscopio óptico sería un instrumento exótico, accesible sólo para pocas personas con recursos económicos. Recién en el siglo xix comenzó a ser ampliamente utilizado para la observación de las células. La aparición de la biología celular como una ciencia independiente fue un proceso gradual al que contribuyeron muchas personas, aunque en general se considera que su nacimiento oficial

PREGUNTA 1-3

Usted está involucrado en un ambicioso proyecto de investigación: el de crear vida en un tubo de ensayo. Para ello hierve una mezcla rica de extracto de levadura y aminoácidos en un recipiente junto con una pizca de las sales inorgánicas que son esenciales para la vida. Usted sella el recipiente y lo deja enfriar. Después de varios meses, el líquido sigue limpio y no hay signos de vida. Un amigo sugiere que la exclusión del aire fue un error, ya que la mayoría de los organismos vivos requieren oxígeno. Usted repite el experimento, pero en esta oportunidad deja el recipiente expuesto a la atmósfera. Para su gran deleite, el líquido se torna turbio al cabo de unos cuantos días y con el microscopio observa pequeñas células que claramente están creciendo y dividiéndose. ¿Este experimento demuestra que usted logró generar una nueva forma de vida? ¿Cómo rediseñaría el experimento para permitir la entrada de aire en el recipiente pero eliminar a la vez la posibilidad de que la contaminación explique los resultados? (Para una respuesta ya enunciada revise los experimentos de Louis Pasteur).

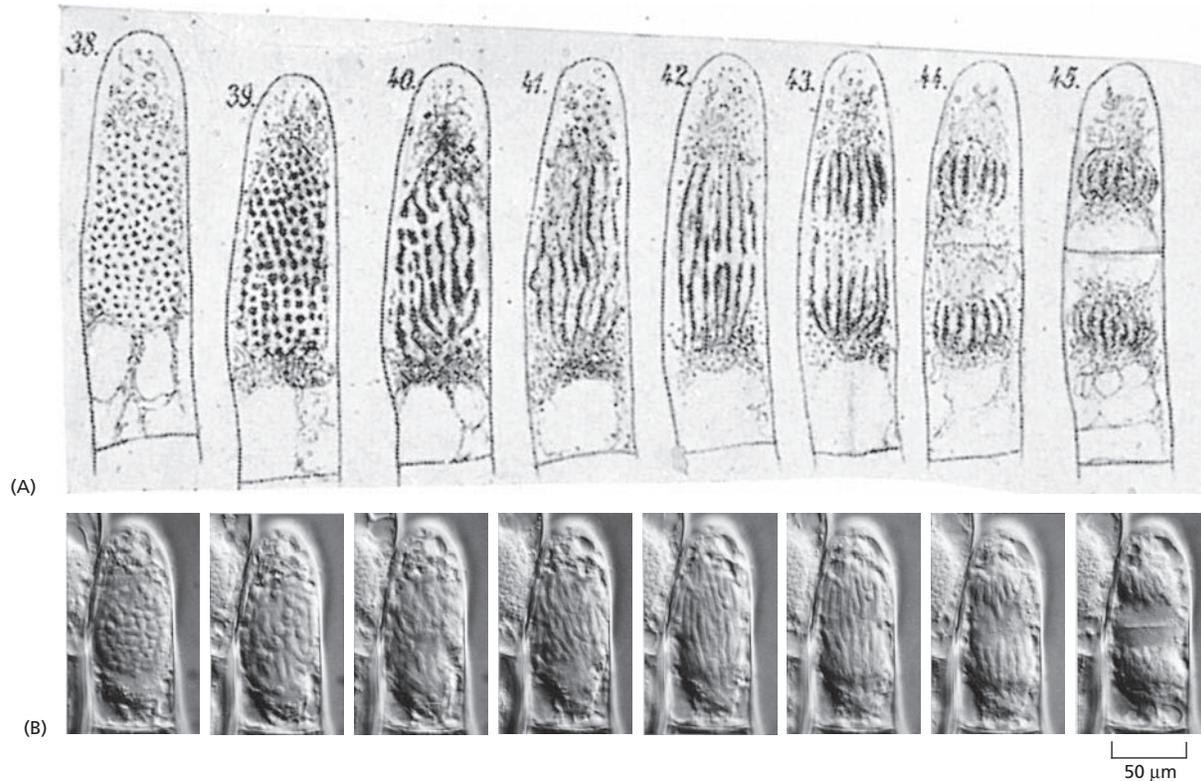


Figura 1-4. Las nuevas células se forman por división de células existentes. (A) En 1880, Eduard Strasburger dibujó una célula vegetal viva (una célula pilosa de la flor de *Tradescantia*), que observó mientras se dividía en dos células hijas en un período de 2,5 horas. (B) Una célula viva comparable fotografiada recientemente con un microscopio óptico moderno. (B, cortesía de Peter Hepler).

está marcado por dos publicaciones: la del botánico Matthias Schleiden en 1838 y la del zoólogo Theodor Schwann en 1839. En estos artículos, Schleiden y Schwann documentaron los resultados de una investigación sistemática de los tejidos de plantas y animales con el microscopio óptico y mostraron que las células eran los componentes básicos de todos los tejidos vivos. Sus trabajos y los de otros microscopistas del siglo XIX, condujeron lentamente a la idea de que todas las células vivas se forman por la división de células preexistentes, un principio denominado a veces *teoría celular* (Fig. 1-4). La idea de que los organismos vivos no se generan en forma espontánea, sino que pueden ser generados sólo por organismos preexistentes fue combatida con vehemencia, pero finalmente se confirmó mediante los experimentos realizados en la década de 1880 por Louis Pasteur.

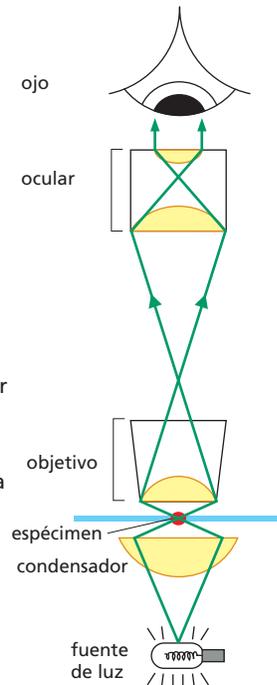
El principio de que las células se generan sólo a partir de células preexistentes y que heredan de éstas sus características es la base de la biología y le da al tema una cualidad particular: en biología, las preguntas sobre el presente están ineludiblemente vinculadas con preguntas sobre el pasado. Para comprender por qué las células y los organismos actuales se comportan como lo hacen, necesitamos conocer su historia desde los orígenes imprecisos de las primeras células en la Tierra. La teoría de la evolución de Darwin, publicada en 1859, aportó la clave para comprender esta historia, al demostrar cómo la variación aleatoria y la selección natural pueden determinar la producción de organismos con características nuevas, adaptados a nuevas formas de vida. La teoría de la evolución explica cómo surgió la diversidad entre los organismos que comparten un antepasado común. Al combinarla con la teoría celular, nos ofrece una visión global de la vida, desde sus inicios hasta la actualidad, como un gran árbol genealógico de células individuales. Si bien este libro trata fundamentalmente sobre el funcionamiento celular actual, el tema de la evolución aparecerá una y otra vez.

Células, orgánulos e incluso moléculas pueden visualizarse con el microscopio

Si se realiza un corte muy delgado de un tejido vegetal o animal, y se lo coloca bajo el microscopio óptico, se observará que el tejido está dividido en miles de



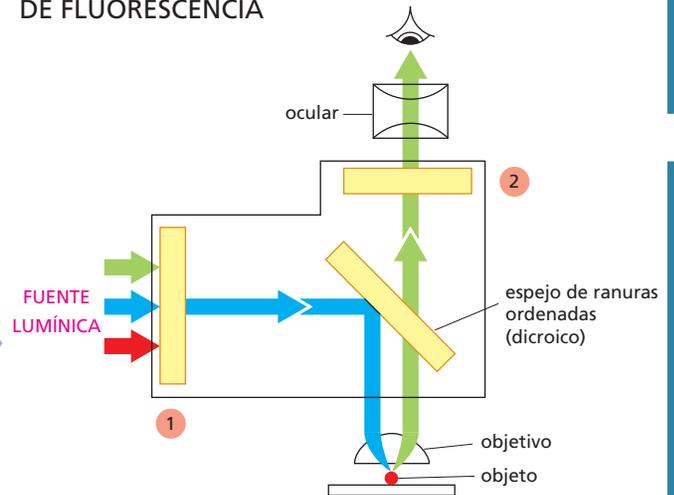
MICROSCOPIO ÓPTICO



trayectoria de la luz en un microscopio óptico

El microscopio óptico permite aumentar las imágenes de las células hasta 1.000 veces y resolver detalles de tan solo 0,2 μm (una limitación impuesta por el carácter ondulatorio de la luz, no por la calidad de las lentes). Se requieren tres elementos para visualizar células en un microscopio óptico. Primero, se debe enfocar una luz brillante sobre el espécimen mediante las lentes del condensador. Segundo, el espécimen debe estar cuidadosamente preparado para permitir que la luz lo atraviese. Tercero, se debe alinear un sistema apropiado de lentes (objetivo y ocular) para enfocar una imagen del espécimen en el ojo.

MICROSCOPIA DE FLUORESCENCIA



Los colorantes fluorescentes utilizados para teñir las células se detectan con la ayuda de un microscopio de fluorescencia. Éste es similar a un microscopio óptico, excepto que la luz atraviesa dos sistemas de filtros. El primero **1** filtra la luz antes de que alcance el espécimen y sólo deja pasar las longitudes de onda que excitan al colorante fluorescente usado. El segundo **2** bloquea esta luz y sólo deja pasar las longitudes de onda emitidas por el colorante fluorescente. Los objetos teñidos se ven de color brillante sobre un fondo oscuro.



(A)



(B)



(C)

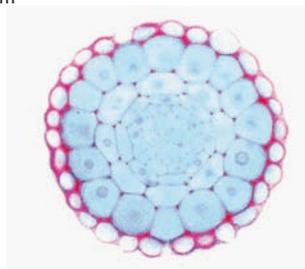
OBSERVACIÓN DE CÉLULAS VIVAS

La misma célula animal viva (fibroblasto), no teñida, en cultivo visualizada con (A) microscopio de campo claro, (B) microscopio de contraste de fase, (C) microscopio de contraste de interferencia. Los dos últimos sistemas aprovechan las diferencias con que la luz atraviesa regiones de la célula con diferentes índices de refracción. Las tres imágenes se pueden obtener con el mismo microscopio sólo mediante el intercambio de los componentes ópticos.

50 μm

MUESTRAS FIJADAS

La mayoría de los tejidos no son lo suficientemente pequeños ni transparentes para realizar un examen microscópico directo. En consecuencia, por lo general se los fija químicamente y se los secciona en cortes muy delgados que pueden ser colocados en un portaobjetos de vidrio y, después, se los tiñe para revelar diferentes componentes de las células. Aquí se muestra un corte teñido de una raíz de una planta (D). (Cortesía de Catherine Kidner).

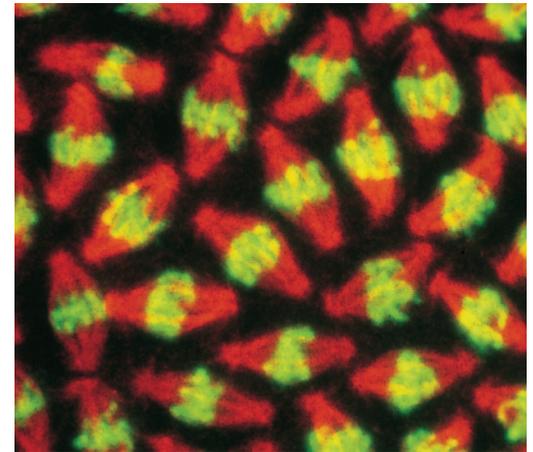


(D)

50 μm

SONDAS FLUORESCENTES

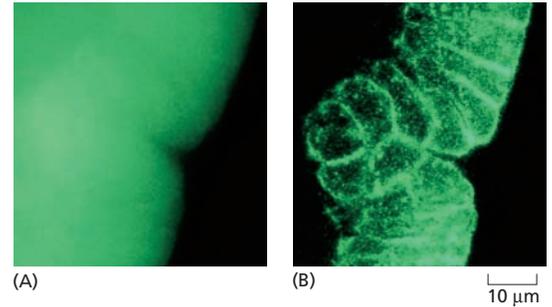
Núcleos en división de un embrión de mosca observado con un microscopio de fluorescencia después de la tinción con colorantes fluorescentes específicos.



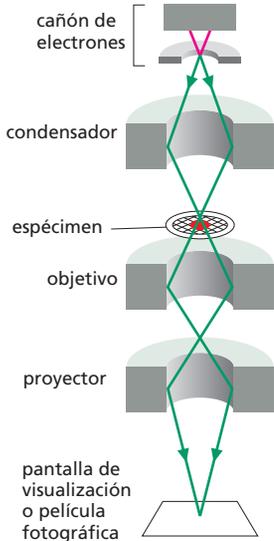
Los colorantes fluorescentes absorben la luz a una longitud de onda y la emiten en otra más larga. Algunos de estos colorantes se unen específicamente a determinadas moléculas de las células y pueden revelar su localización cuando se las examina con un microscopio de fluorescencia. Aquí se muestra el DNA (verde). Otros colorantes se pueden acoplar a moléculas de anticuerpos, que después sirven como reactivos muy específicos y versátiles que se unen selectivamente a macromoléculas particulares, lo que nos permite ver su distribución celular. En el ejemplo presentado, una proteína de microtúbulos del huso mitótico está teñida de rojo con un anticuerpo fluorescente. (Cortesía de William Sullivan).

MICROSCOPIO CONFOCAL

El microscopio confocal es un tipo especializado de microscopio de fluorescencia que construye una imagen por barrido del espécimen con un haz láser. El haz se enfoca en un solo punto a una profundidad determinada del espécimen, y un orificio en el detector permite que sólo la fluorescencia emitida desde este mismo punto sea incluida en la imagen. El barrido del haz por el espécimen genera una imagen definida del plano del foco: un corte óptico. Una serie de cortes ópticos a diferentes profundidades permite construir una imagen tridimensional. Aquí se muestra el embrión de un insecto teñido con una sonda fluorescente para actina (una proteína filamentososa). (A) La microscopía de fluorescencia convencional genera una imagen borrosa, debido a la presencia de estructuras fluorescentes por encima y por debajo del plano del foco. (B) La microscopía confocal proporciona un corte óptico que muestra con claridad las células individuales.

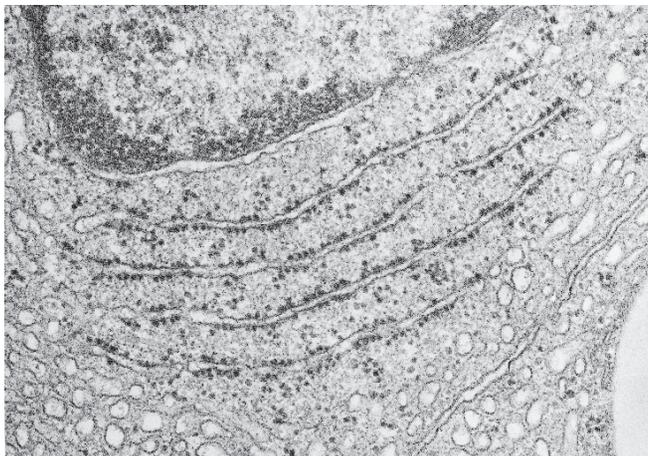


MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN



Courtesy of Philips Electron Optics, with permission from FEI Co.

La microfotografía electrónica de abajo muestra una pequeña región de una célula de un fragmento de testículo. El tejido ha sido fijado químicamente, incluido en plástico y seccionado en cortes muy delgados que se tiñeron con sales de uranio y de plomo. (Cortesía de Daniel S. Friend).

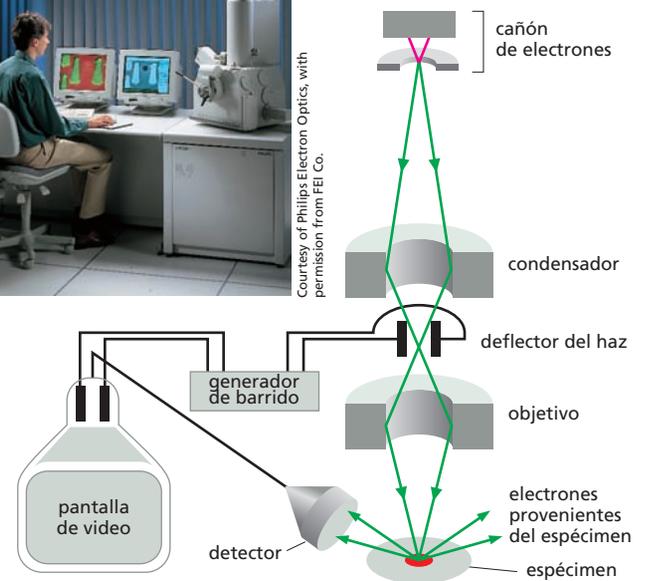


El microscopio electrónico de transmisión (MET) es, en principio, similar a un microscopio óptico, pero emplea un haz de electrones en lugar de un haz de luz, y bobinas magnéticas para enfocar el haz en lugar de lentes de cristal. El espécimen, que se coloca en el vacío, debe ser muy delgado. Por lo general, el contraste se introduce tiñendo el espécimen con metales pesados electrodenso que absorben o dispersan localmente electrones y los eliminan del haz cuando éste atraviesa la muestra. El MET tiene un aumento útil de hasta un millón de veces y, en muestras biológicas, puede resolver detalles de tan solo alrededor de 2 nm.

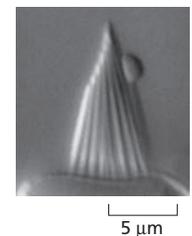
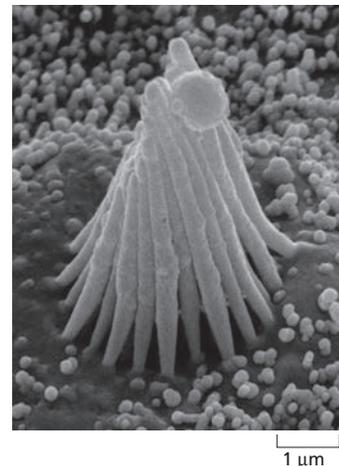
MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE BARRIDO



Courtesy of Philips Electron Optics, with permission from FEI Co.



En el microscopio electrónico de barrido (MEB), el espécimen, que ha sido cubierto con una película muy delgada de un metal pesado, es barrido por un haz de electrones dirigido a un foco por bobinas electromagnéticas que, en estos microscopios, actúan como lentes. La cantidad de electrones dispersados o emitidos mientras el haz bombardea cada punto sucesivo de la superficie del espécimen se mide mediante el detector, y se la usa para controlar la intensidad de los puntos sucesivos en una imagen reconstruida en una pantalla de video. El microscopio genera imágenes llamativas de objetos tridimensionales con gran profundidad de foco y puede resolver detalles en un rango de 2 a 20 nm, lo que depende del aparato.



Microfotografía electrónica de barrido de los estereocilios que se proyectan de una célula ciliada del oído interno (izquierda). Con fines comparativos, se muestra la misma estructura visualizada por microscopía óptica en el límite de su resolución (arriba). (Cortesía de Richard Jacobs y James Hudspeth).

Figura 1-5. Las células forman tejidos

vegetales y animales. (A) Células del extremo de la raíz de un helecho. Los núcleos están teñidos de rojo y cada célula está rodeada por una delgada pared celular (azul). (B) Células de los túbulos colectores del riñón. En este corte transversal, cada túbulo aparece como un anillo de células estrechamente agrupadas (con los núcleos teñidos de rojo). El anillo está rodeado de matriz extracelular, teñida de púrpura (A, cortesía de James Mauseh; B, de P.R. Wheather y col., *Functional Histology*, 2.ª ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987. Con autorización de Elsevier).

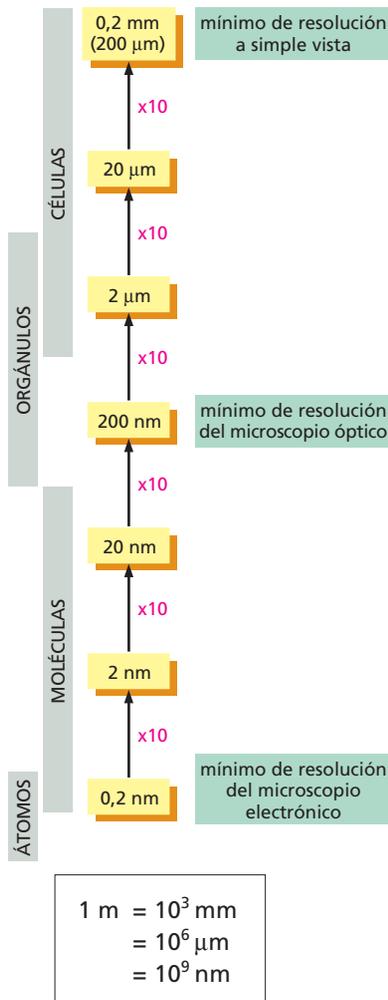
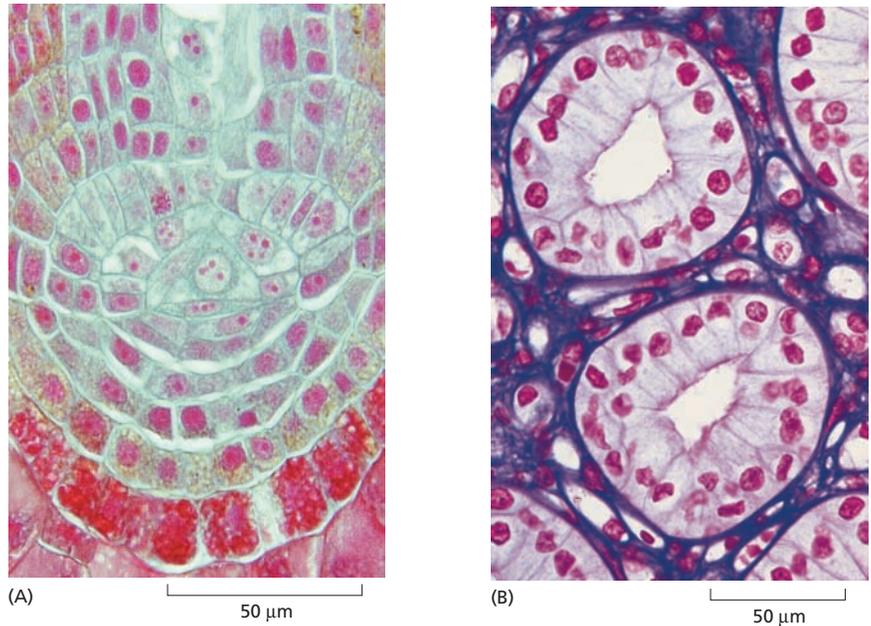


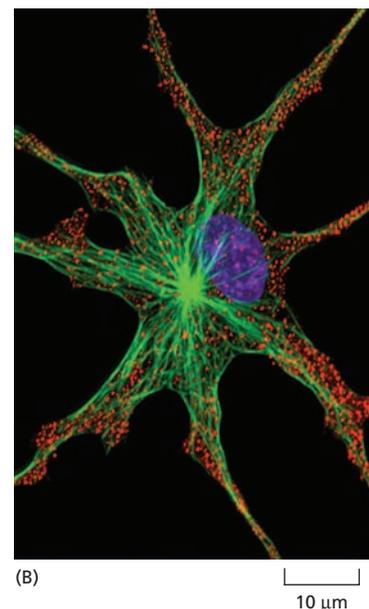
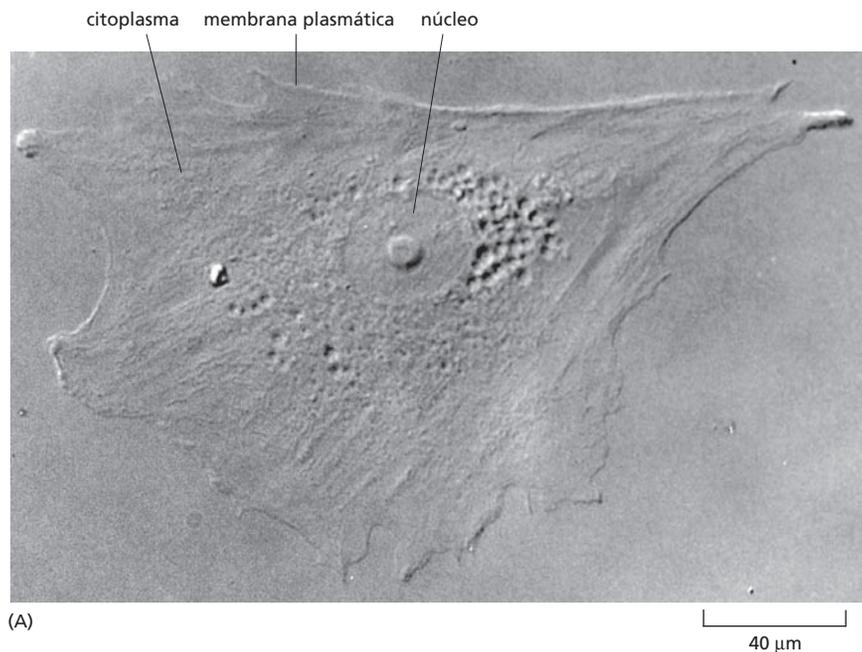
Figura 1-6. ¿Qué podemos observar? Este esquema indica los tamaños de las células y de sus componentes, y las unidades utilizadas para su medición.

células pequeñas. Éstas pueden estar estrechamente adosadas o separadas entre sí por una *matriz extracelular*, un material denso formado a menudo por fibras proteicas embebidas en un gel de polisacáridos (Fig. 1-5). Cada célula suele tener de 5 a 20 µm de diámetro (Fig. 1-6). Si se tuvo el cuidado de mantener la muestra en condiciones adecuadas, se verá que muestran signos de vida: hay partículas que se mueven dentro de ellas y, si se observa con paciencia, se podrá ver que una célula cambia de forma con lentitud y se divide en dos (véase Fig. 1-4 y el video acelerado de la división celular de un embrión de rana en la Película 1.1).

Es difícil observar la estructura interna de una célula, no sólo porque sus componentes son diminutos, sino también porque son transparentes y, en su mayor parte, incoloros. Un enfoque consiste en utilizar colorantes que tiñen los componentes celulares en forma diferencial (véase Fig. 1-5). Como alternativa, se puede aprovechar el hecho de que los componentes celulares tienen índices de refracción ligeramente distintos, como el cristal del agua, lo que determina que los rayos luminicos se desvían al pasar de un medio a otro. Las pequeñas diferencias del índice de refracción pueden ser percibidas mediante técnicas ópticas especializadas, y las imágenes resultantes se pueden intensificar aún más por procesamiento electrónico (véase Lámina 1-1, pp. 8-9).

La célula revelada de este modo presenta una anatomía particular (Fig. 1-7). Tiene límites bien definidos, que indican la existencia de una membrana de envoltura. En el centro, se destaca un cuerpo redondeado y grande, el *núcleo*. Alrededor de éste y ocupando el interior de la célula se encuentra el *citoplasma*, una sustancia transparente atestada de lo que, en principio, parece ser una mezcla de estructuras heterogéneas. Con un buen microscopio óptico, se puede comenzar a percibir y clasificar componentes específicos del citoplasma (Fig. 1-7B). Sin embargo, las estructuras de menos de 0,2 µm –alrededor de la mitad de la longitud de onda de la luz visible– no se pueden distinguir (los puntos separados por una distancia menor a ésta no son discernibles y aparecen como una mancha única).

En los últimos años, se han desarrollado nuevos tipos de microscopios fluorescentes, que utilizan métodos de iluminación y análisis de imágenes complejos para visualizar detalles varias veces más sutiles que esto. Sin embargo, para obtener el máximo aumento y la mejor resolución, se debe recurrir al microscopio electrónico, que puede revelar detalles de hasta unos pocos **nanómetros** (nm) (véase Fig. 1-6). Las muestras de células para el microscopio electrónico requieren una preparación cuidadosa. Más aun, para la microscopía óptica, en general se debe *fixar* el tejido (es decir, preservarlo mediante su inmersión en una solución química reactiva), sostenerlo mediante *inclusión* en una cera o resina sólida, se lo debe



seccionar en cortes finos, que se *tiñen* antes de su observación. Para el examen con el microscopio electrónico, se requieren procedimientos similares, pero los cortes deben ser mucho más delgados y no existe la posibilidad de observar células vivas hidratadas.

Cuando los cortes delgados son seccionados, teñidos y observados con el microscopio electrónico, gran parte de la mezcla de componentes celulares se reconocen con nitidez como orgánulos diferenciados: subestructuras separadas, discernibles, que sólo tienen una definición vaga con el microscopio óptico. Se visualiza una membrana delicada, de alrededor de 5 nm de espesor, que rodea a la célula, y se aprecian otras membranas similares que delimitan a muchos de los orgánulos del interior (Fig. 1-8A, B). La membrana externa se denomina *membrana plasmática*, mientras que las membranas que rodean a los orgánulos reciben el nombre de *membranas internas*. Con el microscopio electrónico, se pueden observar incluso algunas de las grandes moléculas individuales de una célula (Fig. 1-8C).

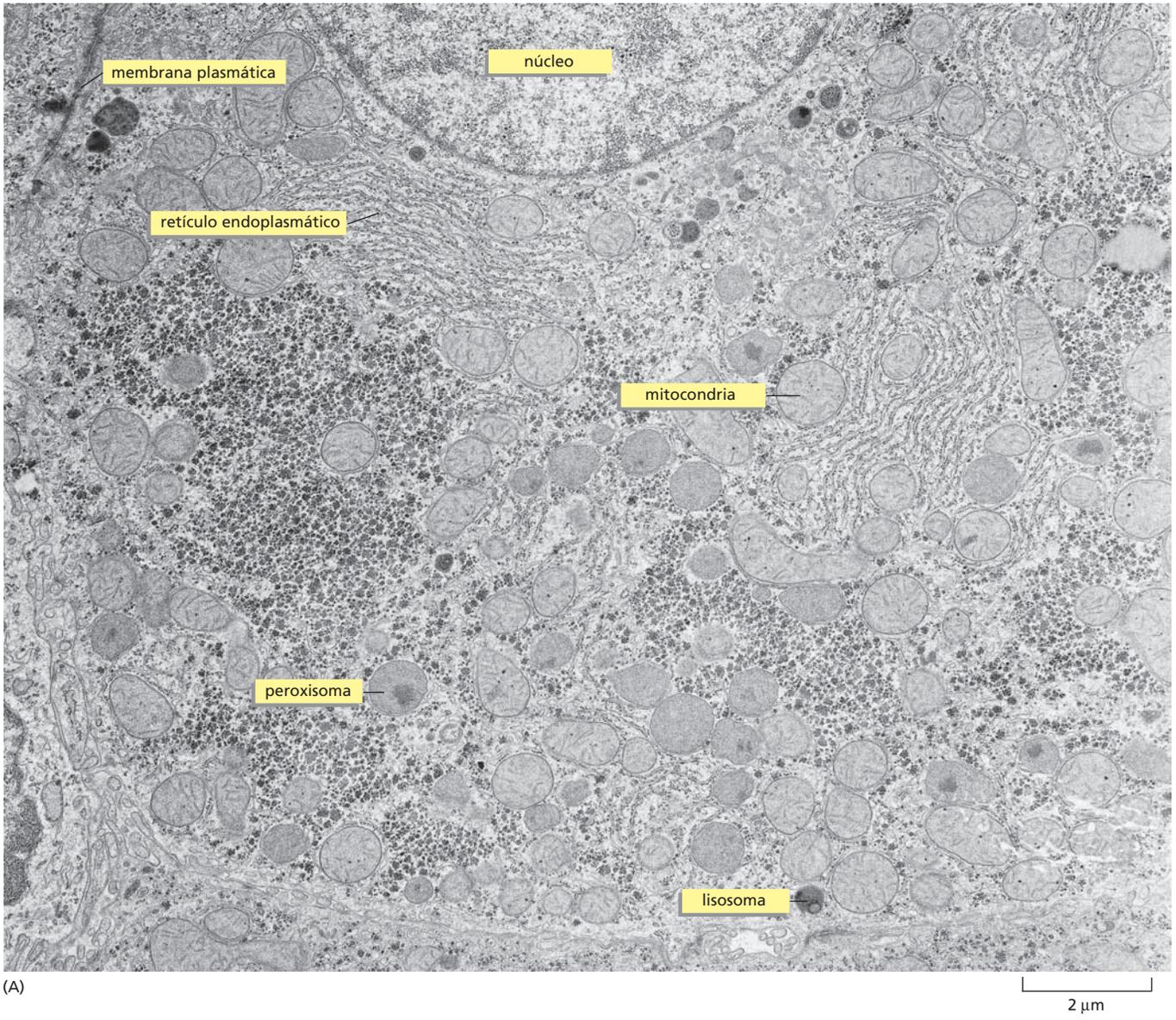
El tipo de microscopio electrónico utilizado para observar estos cortes finos de tejido se conoce como *microscopio electrónico de transmisión*. En principio, es similar al microscopio óptico, excepto que transmite un haz de electrones en lugar de un haz de luz a través de la muestra. Otro tipo de microscopio electrónico –el *microscopio electrónico de barrido*– dispersa electrones de la superficie de la muestra, por lo cual se utiliza para observar con detalle la superficie de las células y la de otras estructuras (véase Lámina 1-1, pp. 8-9). La microscopía electrónica permite a los biólogos observar la estructura de las membranas biológicas, que tienen sólo dos moléculas de espesor (descritas en detalle en el Cap. 11). Sin embargo, incluso los microscopios electrónicos más potentes no permiten visualizar los átomos individuales que constituyen las moléculas (Fig. 1-9).

El microscopio no es el único medio que utilizan los biólogos modernos para estudiar en detalle los componentes celulares. Se pueden aplicar técnicas como la cristalografía de rayos X, por ejemplo, para determinar la estructura tridimensional de las moléculas proteicas (analizada en el Cap. 4). Se describirán otros métodos para investigar el funcionamiento interno de las células a medida que aparezcan en el texto.

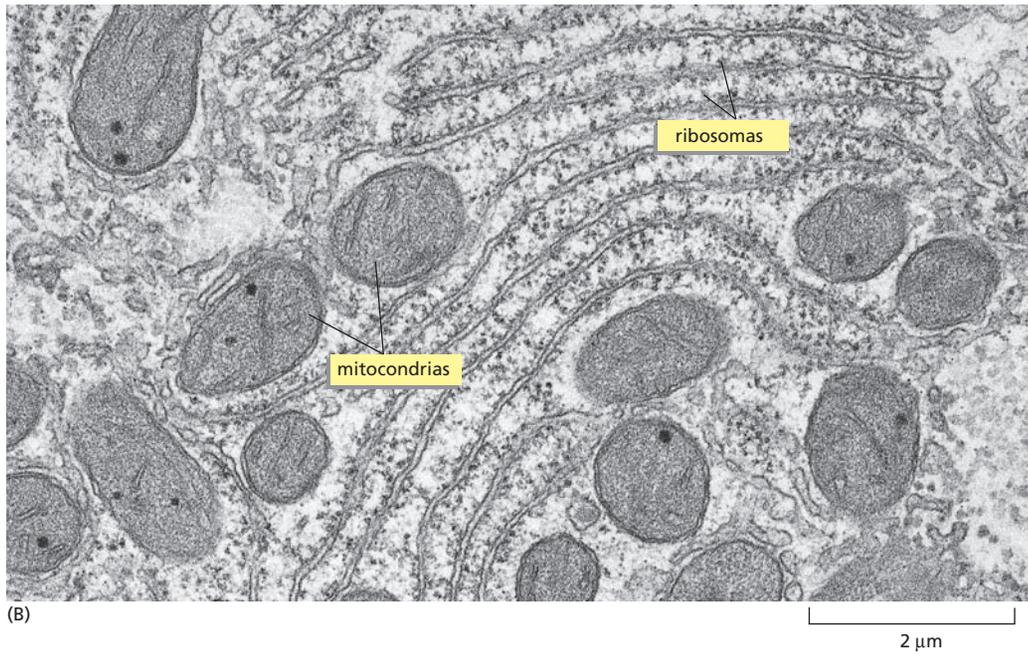
LA CÉLULA PROCARIONTE

De todos los tipos de células reveladas por el microscopio, las *bacterias* tienen la estructura más simple y son las que más se acercan a mostrar lo esencial de

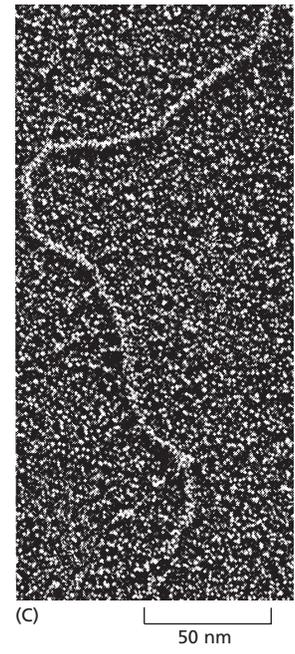
Figura 1-7. Las estructuras internas de una célula viva se pueden observar con el microscopio óptico. (A) Célula de la piel humana proveniente de un histocultivo fotografiada con un microscopio óptico utilizando óptica de contraste de interferencia (véase Lámina 1-1, pp. 8-9). El núcleo es particularmente prominente. (B) Célula pigmentaria de una rana, teñida con colorantes fluorescentes y visualizada con una microscopía confocal (véase Lámina 1-1). El núcleo se muestra en azul, los gránulos de pigmento en rojo y los microtúbulos –una clase de filamentos formados por moléculas de proteína del citoplasma– en verde. (A, cortesía de Casey Cunningham; B, cortesía de Steve Rogers e Imaging Technology Group).



(A)



(B)



(C)

Figura 1-8. (Página opuesta). Se puede observar la ultraestructura de una célula con el microscopio electrónico de transmisión. (A) Corte delgado de una célula hepática que muestra la enorme cantidad de detalles visibles. Se han señalado algunos de los componentes que se analizarán más adelante en el capítulo; son identificables por su tamaño y forma. (B) Una pequeña región del citoplasma con mayor aumento. Las estructuras más pequeñas que son claramente visibles corresponden a los ribosomas, cada uno de ellos integrado por alrededor de 80 a 90 macromoléculas individuales. (C) Porción de una molécula filiforme de DNA aislada de una célula y visualizada con el microscopio electrónico. (A y B, cortesía de Daniel S. Friend; C, cortesía de Mei Lie Wong).

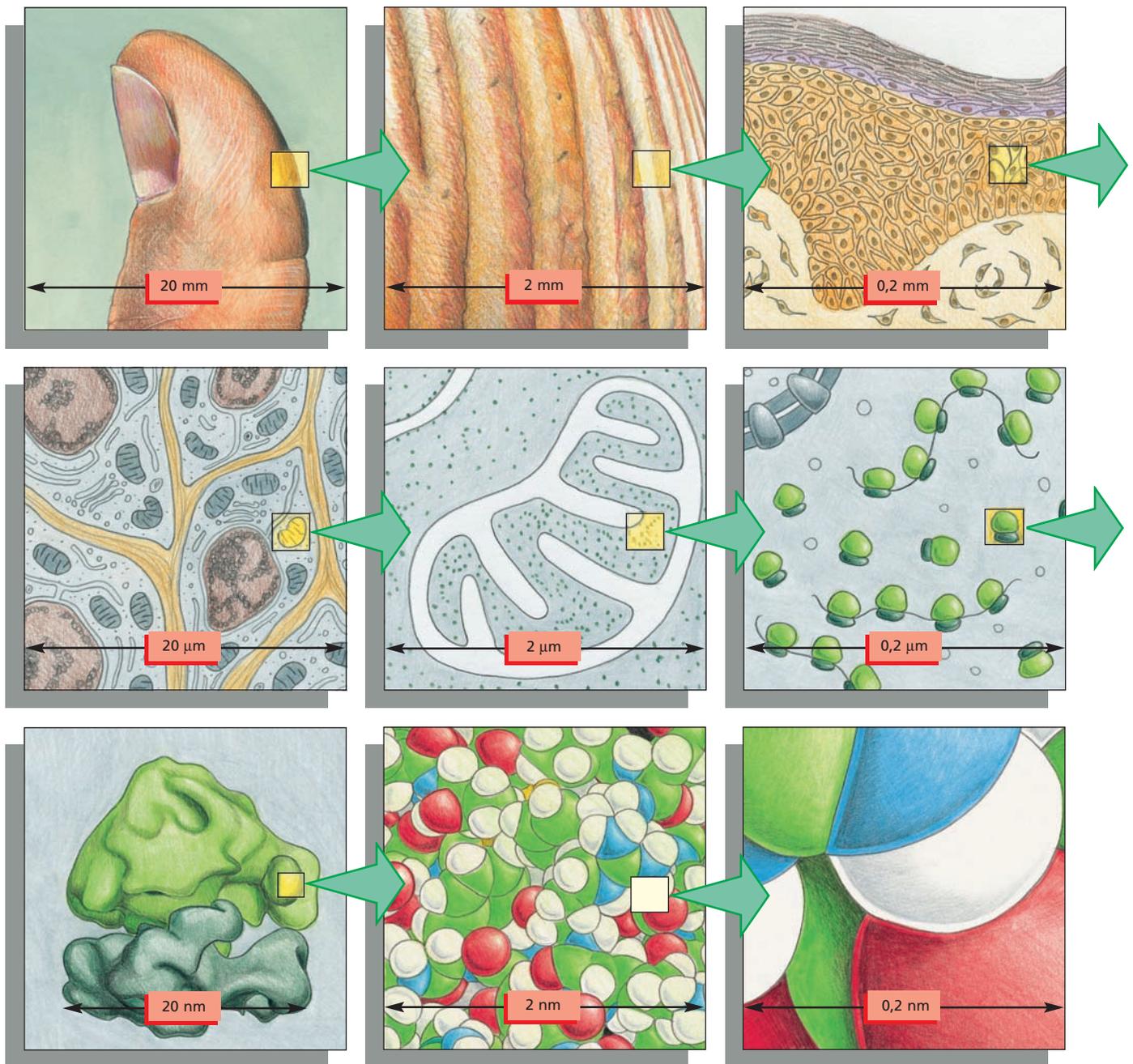
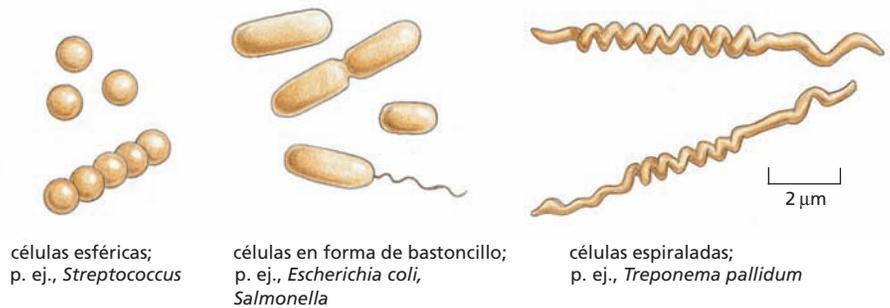


Figura 1-9. ¿Qué tamaño alcanzan la célula y sus componentes? Este diagrama da una idea de la escala entre las células vivas y los átomos. Cada recuadro muestra una imagen que luego es aumentada 10 veces en una progresión imaginaria desde el pulgar, pasando por células cutáneas, una mitocondria, un ribosoma y, por último, un grupo de átomos que forman parte de una de las muchas moléculas de proteínas de nuestro organismo. Los detalles de la estructura molecular, ilustradas en los dos últimos recuadros, están por debajo del poder de resolución del microscopio electrónico.

Figura 1-10. Las bacterias tienen diferentes formas y tamaños. Dibujos en escala que muestran bacterias esféricas, en bastoncillos y espiraladas típicas. Las células espiraladas ilustradas son los microorganismos que causan la sífilis.



PREGUNTA 1-4

Una bacteria pesa alrededor de 10^{-12} g y se puede dividir cada 20 minutos. Si una sola célula bacteriana se sigue dividiendo a esa velocidad, ¿cuánto tardaría hasta que la masa de bacterias igualara la de la Tierra (6×10^{24} kg)?

Contra ponga su resultado con el hecho de que las bacterias se originaron por lo menos hace 3.500 millones de años y se están dividiendo desde entonces.

Explique la paradoja evidente. (La cantidad de células N de un cultivo en el tiempo t es descrita por la ecuación $N = N_0 \times 2^{t/G}$, donde N_0 es el número de células en el tiempo 0 y G es el tiempo de duplicación de la población).

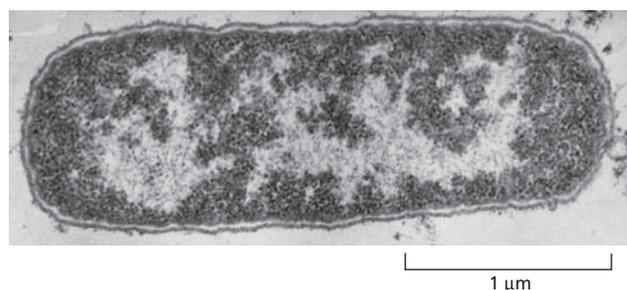
la vida. Una bacteria no tiene orgánulos, ni siquiera un núcleo que contenga su DNA. Esta propiedad –la presencia o ausencia de núcleo– se utiliza como base de una clasificación simple, pero fundamental, de todos los organismos vivos. Los organismos cuyas células tienen núcleo se denominan **eucariontes** (del griego *eu*, que significa “bien” o “verdadero”, y *karyon*, “grano” o “núcleo”). Los organismos cuyas células no tienen un núcleo diferenciado se denominan **procariontes** (de *pro*, que significa “antes”). Los términos “bacteria” y “procarionte” con frecuencia se utilizan como sinónimos, aunque se verá que la categoría de procariontes también abarca otra clase de células, las *arqueas*, que están tan remotamente relacionadas con las bacterias que reciben un nombre distinto.

Los procariontes suelen ser esféricos, bastoniformes o espiralados y pequeños, sólo de unos pocos micrómetros de longitud (Fig. 1-10), aunque hay algunas especies gigantes que miden hasta 100 veces más. Con frecuencia, tienen una cubierta protectora resistente, denominada pared celular, alrededor de la membrana plasmática, que rodea a un compartimento único que contiene el citoplasma y el DNA. En el microscopio electrónico, el interior de la célula en general se visualiza como una matriz de textura variable sin una estructura interna organizada evidente (Fig. 1-11). Las células se reproducen con rapidez por división en dos. En condiciones óptimas, cuando el alimento es abundante, la célula procarionte se puede duplicar en tan solo 20 minutos. En 11 horas, por divisiones reiteradas, un solo procarionte puede dar lugar a una progenie de más de 8.000 millones (que supera la cantidad total de seres humanos que habitan la Tierra en la actualidad). Gracias a su gran número, su velocidad de crecimiento rápida y su capacidad para intercambiar material genético mediante un proceso semejante al sexual, las poblaciones de células procariontes pueden evolucionar con rapidez y adquirir rápidamente la capacidad de utilizar una nueva fuente alimentaria o de resistir la acción de un nuevo antibiótico.

Las procariontes son las células más diversas

La mayoría de las células procariontes viven como organismos unicelulares, aunque algunos se unen y forman cadenas, grupos u otras estructuras pluricelulares organizadas. Por su forma y estructura, las células procariontes pueden parecer simples y limitadas, pero en términos químicos constituyen la clase de células más diversa e ingeniosa. Aprovechan una extensa gama de hábitat, desde charcos cálidos de barro volcánico hasta el interior de otras células vivas, y superan ampliamente en cantidad a los demás organismos vivientes de la Tierra. Algunas

Figura 1-11. La bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) es el mejor conocido de los organismos vivos. Aquí se muestra una electromicrofotografía de un corte longitudinal; el DNA de la célula está concentrado en la región más clara. (Cortesía de E. Kellenberger).



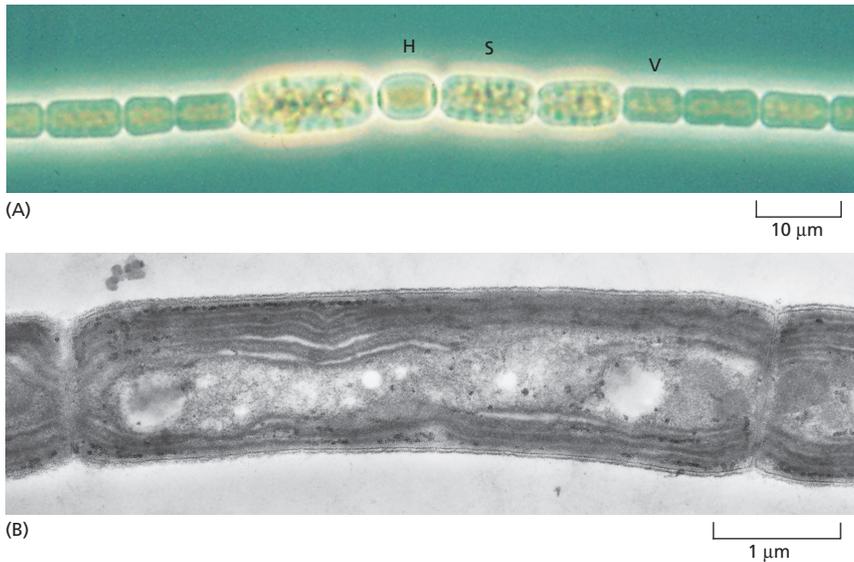


Figura 1-12. Algunas bacterias son fotosintéticas. (A) *Anabaena cylindrica* forma filamentos pluricelulares largos. Esta microfotografía óptica muestra células especializadas que fijan nitrógeno (es decir, capturan el N_2 atmosférico y lo incorporan a compuestos orgánicos; marcados con H), fijan CO_2 (mediante la fotosíntesis; V) o se convierten en esporas resistentes (S). (B) La electromicrofotografía de una especie relacionada, *Phormidium laminosum*, muestra las membranas intracelulares en donde se produce la fotosíntesis. Obsérvese que incluso algunos procariontes pueden formar organismos pluricelulares simples. (A, cortesía de David Adams; B, cortesía de D.P. Hill y C.J. Howe).

son aerobias, por lo que utilizan el oxígeno para oxidar las moléculas de alimentos; otras son estrictamente anaerobias y mueren por la más leve exposición al oxígeno. Como se analizará más adelante en este capítulo, se cree que las *mitocondrias* –los orgánulos que generan energía en la célula eucarionte– evolucionaron a partir de las bacterias aerobias que vivieron en el interior de los antepasados anaerobios de las células eucariontes de la actualidad. Así, nuestro metabolismo basado en el oxígeno puede ser considerado como un producto de las actividades de las células bacterianas.

Casi cualquier material orgánico, de la madera al petróleo, puede ser utilizado como alimento por un tipo de bacterias o por otro. Aún más destacable, algunos procariontes pueden vivir íntegramente de sustancias inorgánicas: pueden obtener el carbono del CO_2 de la atmósfera, el nitrógeno del N_2 atmosférico, y el oxígeno, el hidrógeno, el azufre y el fósforo del aire, el agua y los minerales inorgánicos. Algunas de estas células procariontes, como las vegetales, realizan *fotosíntesis* y obtienen energía de la luz solar (Fig. 1-12); otras producen energía a partir de la reactividad química de sustancias inorgánicas del medio ambiente (Fig. 1-13). En cualquier caso, estos procariontes desempeñan un papel único y fundamental en la economía de la vida en la Tierra: otros organismos vivos dependen de los compuestos orgánicos que estas células generan a partir de materiales inorgánicos.

Las plantas también pueden capturar energía de la luz solar y carbono del CO_2 atmosférico. No obstante, sin la ayuda de las bacterias, no pueden captar el N_2 de la atmósfera y, en cierto sentido, incluso dependen de las bacterias para la fotosíntesis. Es casi seguro que los orgánulos de la célula vegetal que realizan la fotosíntesis –los cloroplastos– evolucionaron a partir de bacterias fotosintéticas que habitaron el citoplasma de la célula vegetal.

El mundo de los procariontes se divide en dos dominios: eubacterias y arqueas

Tradicionalmente, todos los procariontes se clasificaron en un gran grupo. Pero los estudios moleculares revelan que hay una brecha en la clase de procariontes, que la divide en dos *dominios* diferentes, denominados **bacterias** (o, a veces, eubacterias) y **arqueas**. Cabe destacar que, en el nivel celular, los miembros de estos dos dominios se diferencian tanto entre sí como de los organismos eucariontes. La mayoría de los procariontes familiares de la vida cotidiana –las especies que habitan en el suelo o que provocan enfermedades– son bacterias. Las arqueas se encuentran no sólo en estos hábitats, sino también en medios hostiles para la mayoría de las demás células: hay especies que viven en salmuera, en fuentes



Figura 1-13. Una bacteria azufrada obtiene su energía de H_2S . *Beggiatoa*, un procarionte que vive en medios sulfurosos, oxida el H_2S y puede fijar carbono incluso en la oscuridad. En esta microfotografía óptica, se observan depósitos amarillos de azufre en el interior de las células. (Cortesía de Ralph W. Wolfe).

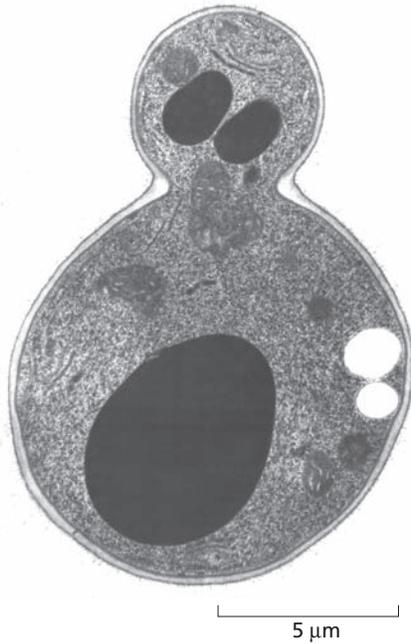


Figura 1-14. Las levaduras son eucariontes simples de vida libre.

La célula que se observa en esta microfotografía óptica pertenece a la misma especie, *Saccharomyces cerevisiae*, que permite que la masa leude y que la malta de cebada se transforme en cerveza. Se reproduce mediante gemación y la posterior división asimétrica en dos células hijas, una grande y otra pequeña. Estas dos células tienen un solo núcleo (tinción oscura), pero en la célula hija pequeña de este ejemplo particular, el núcleo es de forma irregular y el plano de sección lo ha cortado en dos regiones separadas. (Cortesía de Soren Mogelsvang y Natalia Gómez-Ospina).

volcánicas de ácido caliente, profundidades de los sedimentos marinos sin aire, barro de las plantas de tratamiento de aguas servidas, estanques por debajo de la superficie congelada de la Antártida y, en el medio ácido carente de oxígeno del estómago de la vaca, donde descomponen la celulosa y generan gas metano. Muchos de estos ambientes se asemejan a las condiciones rigurosas que deben haber existido en la Tierra primitiva, donde los organismos vivos comenzaron a evolucionar antes de que la atmósfera se tornara rica en oxígeno.

LA CÉLULA EUKARIOTE

Por lo general, las células eucariontes son más grandes y más complejas que las bacterias y las arqueas. Algunas tienen una vida independiente como organismos unicelulares, como las amebas y las levaduras (Fig. 1-14); otras, forman agrupaciones pluricelulares. Los organismos pluricelulares más complejos –p. ej., las plantas, los animales y los hongos– están formados por células eucariontes.

Por definición, todas las células eucariontes tienen un núcleo. Pero la presencia del núcleo conlleva la existencia de una variedad de otros orgánulos, estructuras subcelulares que cumplen funciones especializadas. La mayoría estas estructuras también son comunes a todos estos organismos eucariontes. A continuación, se analizarán desde el punto de vista de sus funciones los orgánulos principales que se encuentran en las células eucariontes.

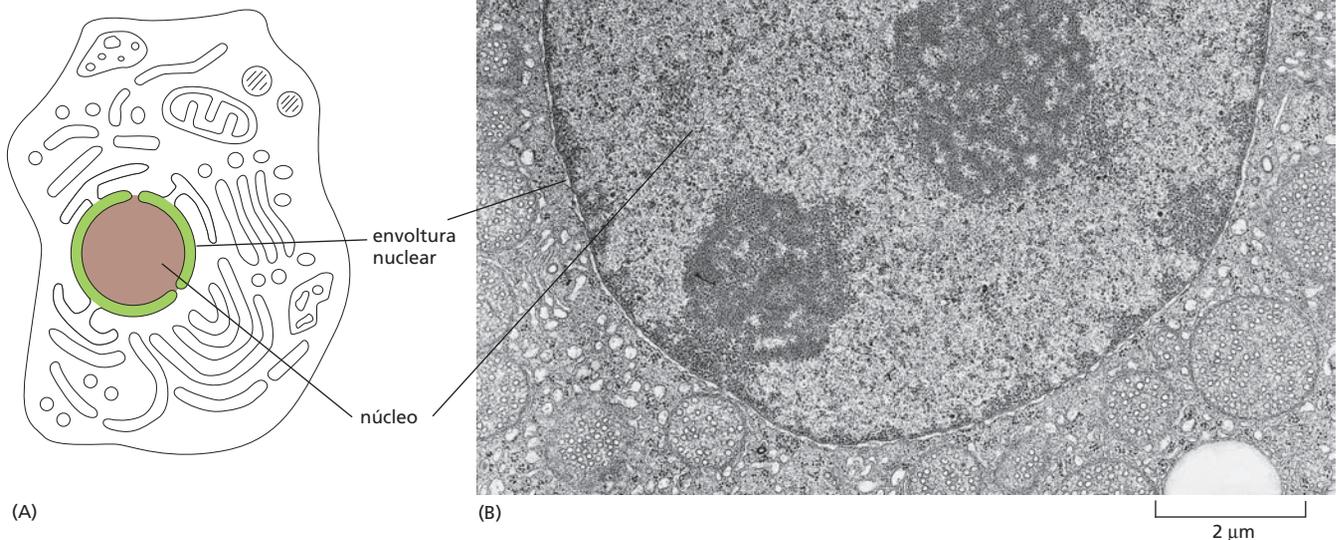


Figura 1-15. El núcleo contiene la mayor parte del DNA de una célula eucarionte. (A) En este dibujo de una célula animal típica –completa con su extenso sistema de orgánulos rodeados de membranas–, el núcleo es de color marrón, la envoltura nuclear es verde y el citoplasma (el interior de la célula fuera del núcleo) es blanco. (B) Microfotografía electrónica de un núcleo de una célula de mamífero. No se visualizan los cromosomas individuales porque el DNA está disperso en forma de fibras finas por todo el núcleo en esta etapa del crecimiento celular. (B, cortesía de Daniel S. Friend).

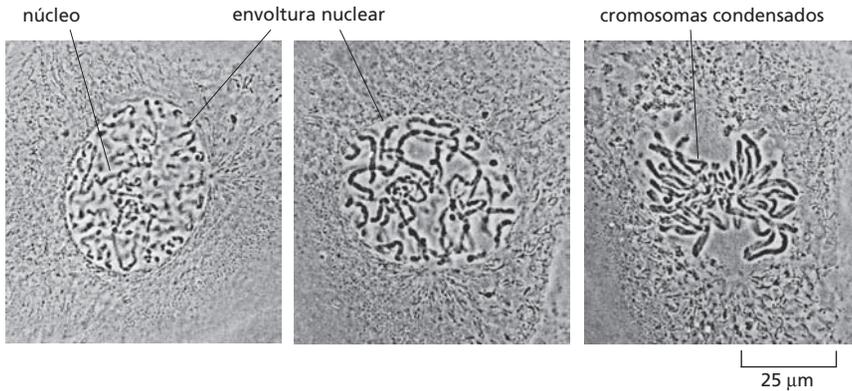


Figura 1-16. Los cromosomas se tornan visibles cuando la célula está a punto de dividirse. Cuando una célula se prepara para la división, su DNA se condensa o compacta en cromosomas filiformes que pueden ser observados con el microscopio óptico. Las fotografías muestran tres pasos sucesivos del proceso en una célula cultivada de pulmón de tritón. (Cortesía de Conly L. Rieder).

El núcleo es el depósito de información de la célula

El núcleo suele ser el orgánulo más destacado de la célula eucarionte (Fig. 1-15). Está rodeado por dos membranas concéntricas que forman la *envoltura nuclear*, y contiene moléculas de DNA: polímeros muy largos que codifican la información genética del organismo. En el microscopio óptico, estas moléculas de DNA gigantes son visibles como **cromosomas** individuales cuando se condensan mientras la célula se prepara para dividirse en dos células hijas (Fig 1-16). El DNA también almacena la información genética de las células procariontes; estas células carecen de un núcleo definido, no porque no tengan DNA, sino porque no lo guardan en el interior de una envoltura nuclear separado del resto del contenido celular.

Las mitocondrias generan energía utilizable del alimento para proporcionársela a la célula

Las **mitocondrias** están presentes en casi todas las células eucariontes y son uno de los orgánulos más destacados (Fig. 1-17). Tienen una estructura muy característica cuando se los visualiza con el microscopio electrónico: cada mitocondria tiene forma de salchicha o de gusano, mide entre uno y muchos micrómetros y se halla rodeada de dos membranas separadas. La membrana interna presenta pliegues que se proyectan hacia el interior (Fig. 1-18). Las mitocondrias contienen su propio DNA y se reproducen dividiéndose en dos. Como se asemejan a las bacterias en muchos aspectos, se cree que provienen de bacterias que fueron fagocitadas por algún antepasado de las células eucariontes actuales (Fig 1-19). Es evidente que esto creó una relación *simbiótica*, en la que la célula eucarionte hospedadora y la bacteria incorporada se ayudaron mutuamente para sobrevivir y reproducirse.

La observación microscópica por sí sola aporta escasa información sobre la función de las mitocondrias. Ésta se descubrió al fragmentar las células y centrifugar los fragmentos, proceso que separa a los orgánulos según su tamaño, forma y densidad. Después, se estudiaron las mitocondrias purificadas para determinar qué procesos químicos podían realizar. Los resultados revelaron que las mitocondrias generan energía química para la célula. Obtienen la energía de la oxidación de las moléculas de alimentos, como los azúcares, y producen *adenosina trifosfato*, o ATP, el combustible químico básico de la mayor parte de las actividades celulares. Como la mitocondria consume oxígeno y libera dióxido de carbono durante esta actividad, el proceso completo se denomina *respiración celular*: esencialmente, respirar en el nivel celular. El proceso de la respiración celular se considera con mayor detalle en el capítulo 14.

Sin mitocondrias, los animales, los hongos y las plantas serían incapaces de utilizar el oxígeno para extraer la máxima cantidad de energía de las moléculas de alimentos que los nutren. El oxígeno sería tóxico para ellos, en lugar de una necesidad esencial: es decir, serían *anaerobios*. Muchos procariontes son anaerobios, e incluso hay algunos eucariontes anaerobios, como el parásito intestinal *Giardia* que carece de mitocondrias y sólo vive en medios pobres en oxígeno.

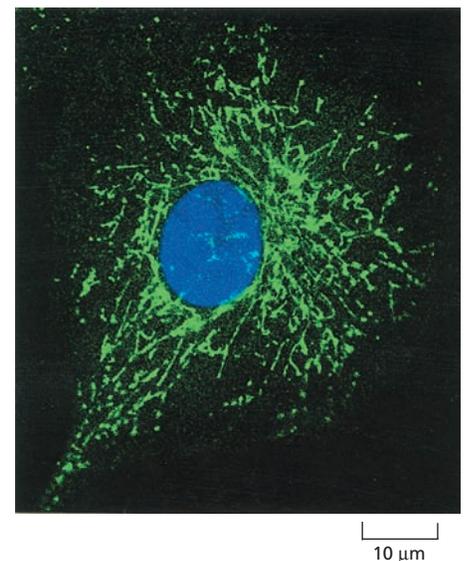


Figura 1-17. Las mitocondrias pueden tener forma variable. En esta microfotografía óptica de una célula de mamífero cultivada, las mitocondrias están teñidas de verde con un colorante fluorescente y tienen una forma similar a la de un gusano. El núcleo está teñido de azul. Las mitocondrias son generadores de energía en la célula. Estos orgánulos, visualizados con el microscopio óptico, son generadores de energía que oxidan las moléculas de alimento y producen energía química útil en casi todas las células eucariontes. (Cortesía de Lan Bo Chen).

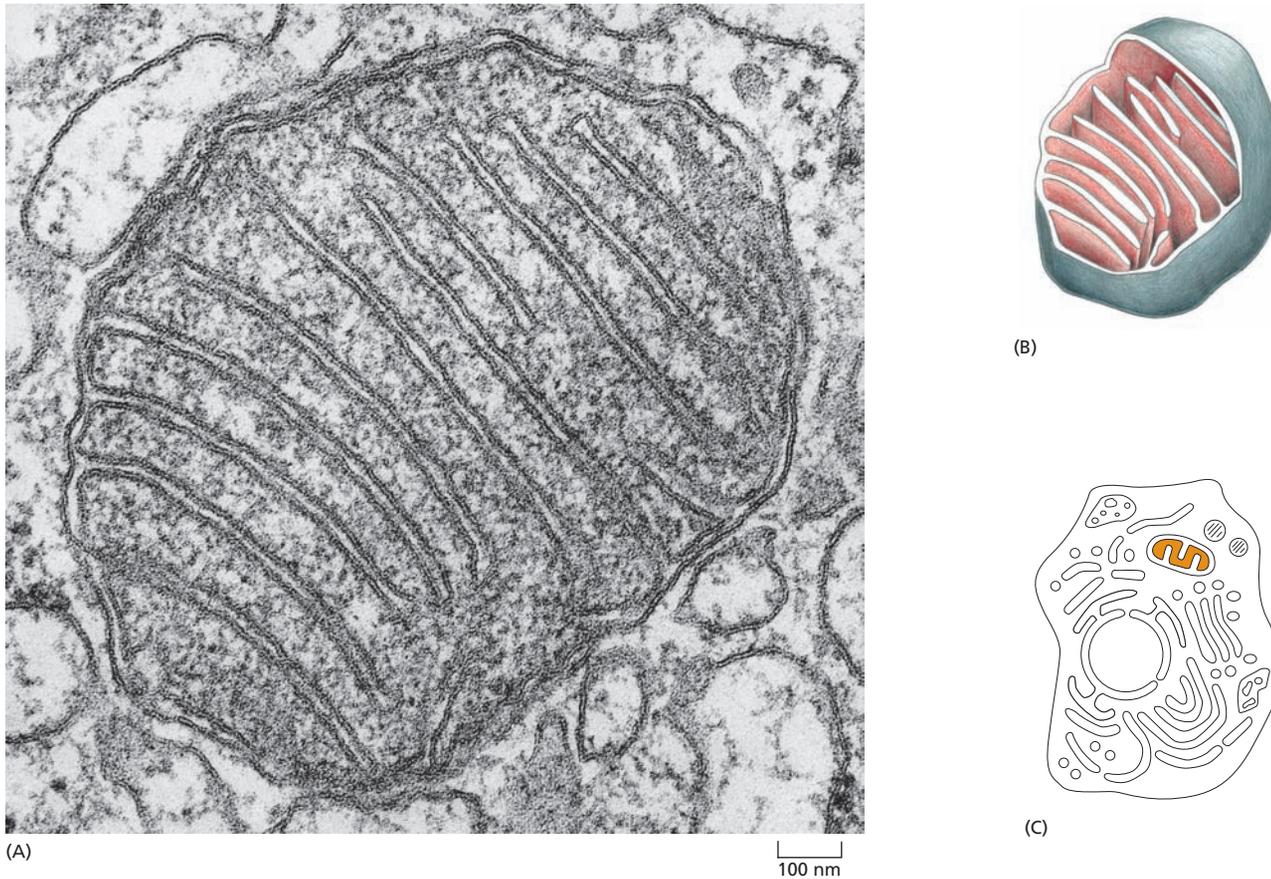


Figura 1-18. Las mitocondrias tienen una estructura característica. (A) Microfotografía electrónica de un corte transversal de una mitocondria que revela el gran plegamiento de la membrana mitocondrial. (B) Esta representación tridimensional de la organización de las membranas mitocondriales muestra la membrana externa lisa y la membrana interna notablemente convoluta. La membrana interna contiene la mayoría de las proteínas responsables de la respiración celular y está sumamente plegada proporcionando una gran superficie para esta actividad. (C) En este esquema de la célula, el espacio interior de la mitocondria está coloreado. (A, cortesía de Daniel S. Friend).

Los cloroplastos capturan la energía de la luz solar

Los cloroplastos son orgánulos verdes, grandes, que se encuentran sólo en las células de plantas y algas, no en las células de animales ni de hongos. Tienen una estructura aún más compleja que la de las mitocondrias: además de las dos membranas que los rodean, presentan membranas internas apiladas que contienen el pigmento verde *clorofila* (Fig. 1-20). Cuando se mantiene una planta en la oscuridad, su color verde desaparece; cuando se la coloca otra vez en la luz, vuelve a aparecer. Esto sugiere que la clorofila –y los cloroplastos que la contienen– son cruciales para la relación especial que tienen las plantas y las algas con la luz. Pero, ¿cuál es esta relación?

Todos los animales y las plantas necesitan energía para vivir, crecer y reproducirse. Los animales pueden utilizar sólo la energía química que obtienen alimentán-

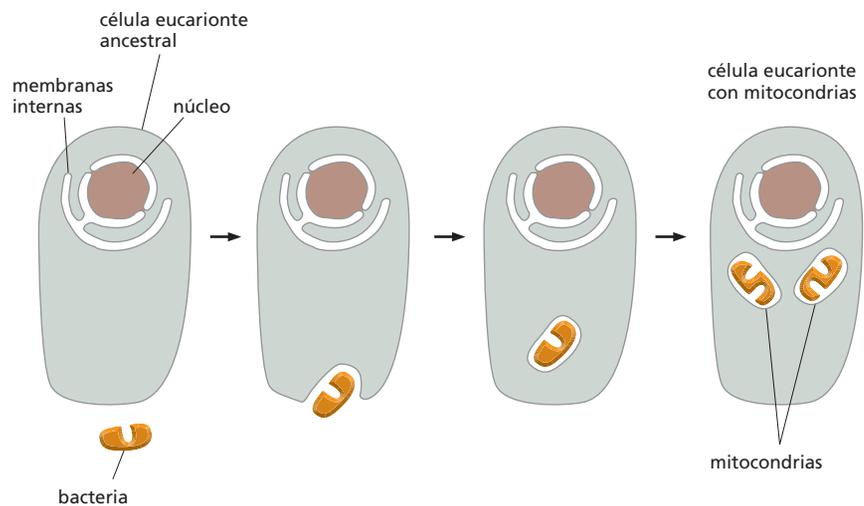


Figura 1-19. Lo más probable es que las mitocondrias hayan evolucionado a partir de bacterias fagocitadas. Existe casi la certidumbre de que las mitocondrias se originaron a partir de bacterias que fueron fagocitadas por una célula eucarionte ancestral y que sobrevivieron en su interior manteniendo una relación simbiótica con el hospedador.

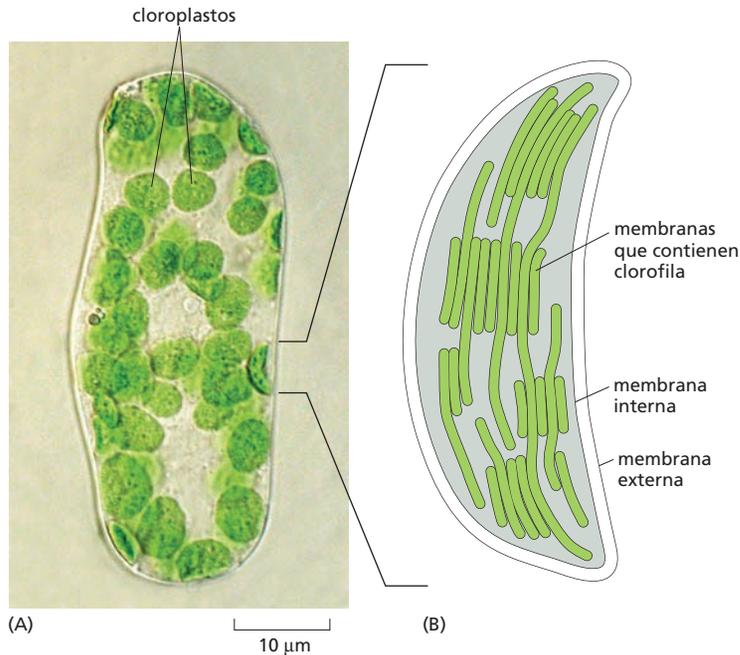


Figura 1-20. Los cloroplastos de las células vegetales capturan la energía de la luz solar. (A) Una sola célula aislada de una hoja de una planta que florece, visualizada con un microscopio óptico, que muestra muchos cloroplastos verdes. (B) Dibujo de uno de los cloroplastos, que muestra el sistema de membranas internas altamente plegadas que contienen las moléculas de clorofila verdes que absorben energía lumínica. (A, cortesía de Preeti Dahiya).

dose de los productos de otros seres vivos. En cambio, las plantas pueden obtener su energía directamente de la luz solar, y los cloroplastos son los orgánulos que les permiten hacerlo. Desde el punto de vista de la vida en la Tierra, los cloroplastos realizan una tarea aún más esencial que la de las mitocondrias: realizan fotosíntesis; es decir, capturan la energía de la luz solar en moléculas de clorofila y la utilizan para elaborar moléculas de azúcar ricas en energía. En el proceso, liberan oxígeno como un derivado molecular. Después, las células vegetales pueden extraer esta energía química almacenada cuando la necesitan mediante la oxidación de los azúcares de sus mitocondrias, al igual que las células animales. Así, los cloroplastos generan las moléculas de alimento y también el oxígeno que todas las mitocondrias utilizan. En el capítulo 14 se explica cómo lo hacen.

Al igual que las mitocondrias, los cloroplastos contienen su propio DNA, se reproducen por división binaria, y se cree que evolucionaron a partir de las bacterias; en este caso, de bacterias fotosintéticas incorporadas de alguna manera por una célula eucarionte primitiva (Fig. 1-21).

Las membranas internas crean compartimientos intracelulares con diferentes funciones

Los núcleos, las mitocondrias y los cloroplastos no son los únicos orgánulos delimitados por membranas de las células eucariontes. El citoplasma contiene

PREGUNTA 1-5

De acuerdo con la figura 1-19, ¿por qué la mitocondria tiene una membrana externa y una membrana interna? ¿Cuál de las dos membranas mitocondriales debería derivar –en términos evolutivos– de la membrana de la célula eucarionte ancestral? En la microfotografía electrónica de una mitocondria de la figura 1-18A, identifique el espacio que contiene el DNA mitocondrial, es decir, el espacio que corresponde al citosol de la bacteria que fue internalizada por la célula eucarionte ancestral mostrada en la figura 1-19.

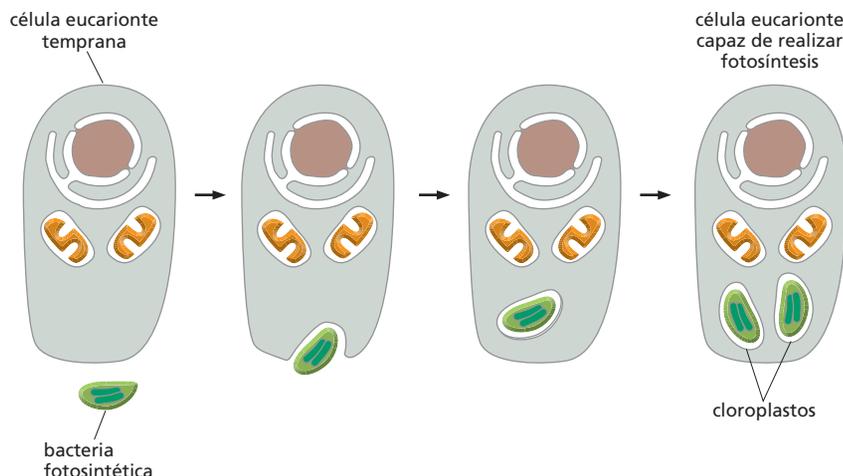
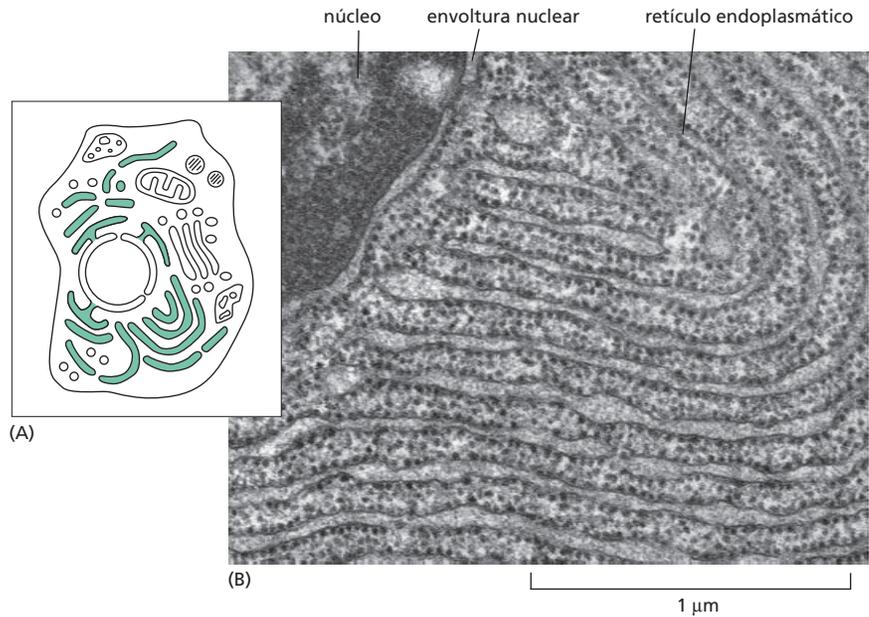


Figura 1-21. Los cloroplastos evolucionaron casi sin duda a partir de bacterias fagocitadas. Se cree que los cloroplastos se originaron a partir de bacterias fotosintéticas simbióticas, que fueron capturadas por células eucariontes primitivas que ya contenían mitocondrias.

Figura 1-22. Muchos componentes celulares son producidos en el retículo endoplasmático.

(A) Esquema de una célula animal que muestra el retículo endoplasmático en verde. (B) Microfotografía electrónica de un corte fino de una célula pancreática de mamífero en la que se observa una pequeña parte del retículo endoplasmático (RE), que es muy abundante en este tipo celular, que está especializado en la secreción de proteínas. Obsérvese que el RE se continúa con la membrana de la envoltura nuclear. Las partículas negras que tachonan la región del RE mostrada aquí son ribosomas, los complejos moleculares que efectúan la síntesis proteica. Debido a este aspecto, el RE revestido de ribosomas a menudo se denomina "RE rugoso". (B, cortesía de Lelio Orci).



muchos otros orgánulos –la mayoría rodeados por una sola membrana– que cumplen muchas funciones distintas. La mayor parte de estas estructuras participan en la importación de materiales sin procesar y la exportación de sustancias sintetizadas y productos de desecho. Algunos de estos orgánulos rodeados por membranas están muy agrandados en las células especializadas en la secreción de proteínas; otros son particularmente abundantes en células especializadas en la digestión de cuerpos extraños.

El *retículo endoplasmático (RE)* –un laberinto irregular de espacios interconectados rodeados por una membrana (Fig. 1-22)– es el lugar en donde se fabrican la mayoría de los componentes de la membrana celular, así como las sustancias que

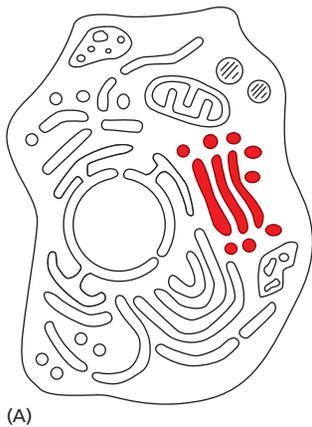
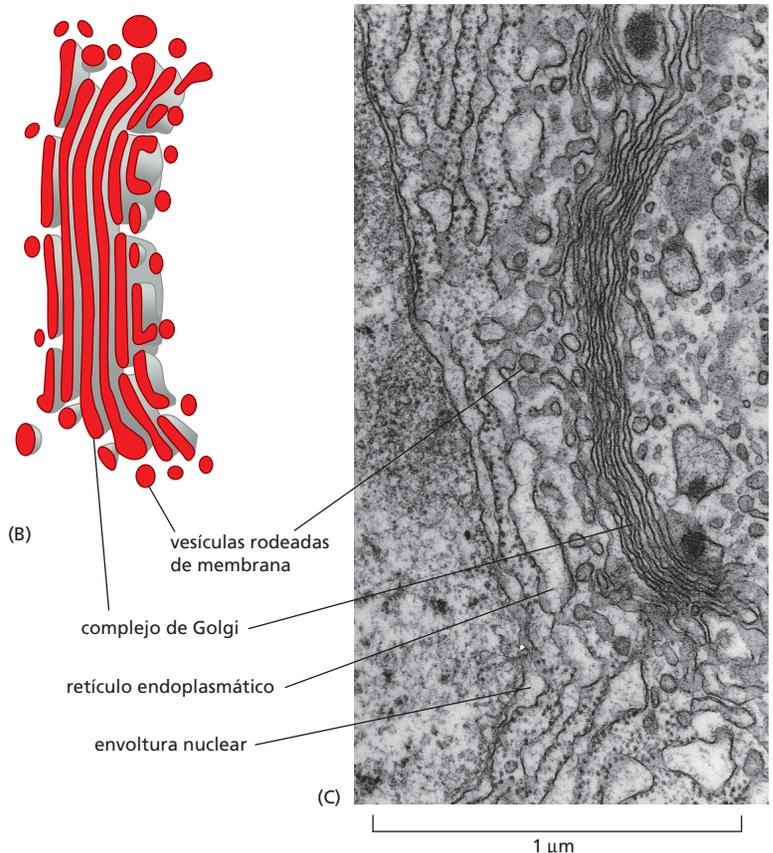


Figura 1-23. El complejo de Golgi se asemeja a una pila de discos aplanados.

Este orgánulo, apenas visible con el microscopio óptico y que a menudo pasa inadvertido, participa en la síntesis y empaquetamiento de las moléculas que van a ser secretadas por la célula, así como en el envío de las nuevas proteínas sintetizadas hacia el compartimiento celular adecuado. (A) Esquema de una célula animal con el complejo de Golgi coloreado en rojo. (B) Ilustración del complejo de Golgi reconstruido a partir de imágenes obtenidas con el microscopio electrónico. El orgánulo está constituido por sacos aplanados de membranas apiladas en capas. En la proximidad, se observan muchas vesículas pequeñas; algunas de ellas se han desprendido del complejo de Golgi, mientras que otras están destinadas a fusionarse con éste. Aquí se muestra sólo una pila, pero una célula puede contener varias. (C) Microfotografía electrónica del complejo de Golgi de una célula animal típica. (C, cortesía de Brij J. Gupta).



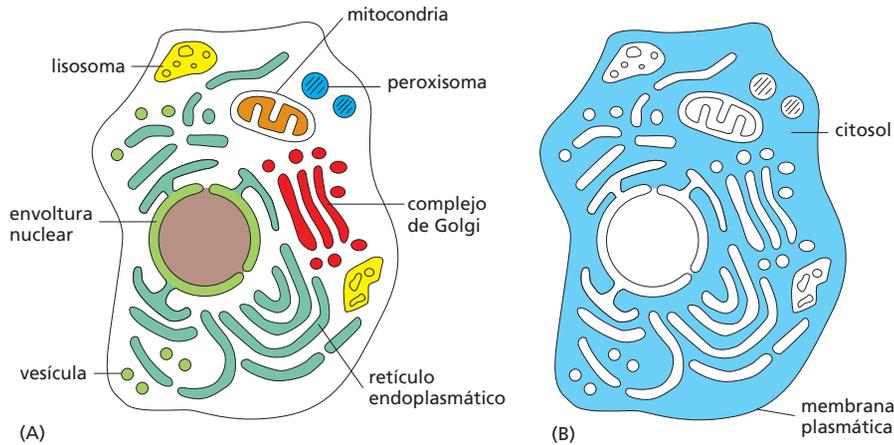


Figura 1-24. Los orgánulos rodeados de membrana se distribuyen por todo el citoplasma. (A) Existe una variedad de compartimientos rodeados de membrana dentro de las células eucariontes, cada uno especializado en una función diferente. (B) El resto de la célula, excluidos todos estos orgánulos, se denomina citosol (coloreado en azul).

son exportadas por la célula. El *complejo de Golgi* (Fig. 1-23), compuesto por pilas de sacos aplanados envueltos por membranas, recibe y con frecuencia modifica químicamente las moléculas producidas en el retículo endoplasmático y, después, las envía al exterior de la célula o a diversas localizaciones internas. Los *lisosomas* son orgánulos pequeños de forma irregular, en los que tiene lugar la digestión intracelular, con liberación de nutrientes de partículas alimentarias y degradación de moléculas no deseadas para su reciclado o excreción. Los *peroxisomas* son vesículas pequeñas rodeadas de membrana que proporcionan un medio contenido para las reacciones que generan o degradan peróxido de hidrógeno, una sustancia química peligrosamente reactiva. Las membranas también forman diversos tipos de *vesículas* pequeñas que participan en el transporte de sustancias entre un orgánulo rodeado de membrana y otro. La figura 1-24A esquematiza todo este conjunto de orgánulos interrelacionados.

Entre el retículo endoplasmático, el complejo de Golgi, los lisosomas y el exterior de la célula, hay un intercambio continuo de materiales. Éste está mediado por vesículas pequeñas rodeadas por membranas que se desprenden de la membrana de un orgánulo y se fusionan con otras, como diminutas pompas de jabón que se liberan de burbujas más grandes y vuelven a juntarse. En la superficie de la célula, por ejemplo, hay porciones de la membrana plasmática que se invaginan y se desprenden formando vesículas que transportan a la célula material capturado del medio externo (Fig. 1-25). Estas vesículas se fusionan con *endosomas* rodeados de membrana, que maduran a lisosomas, donde se digiere el material importado. Las células animales pueden incorporar partículas muy grandes, o incluso células extrañas enteras, mediante este proceso de *endocitosis*. El proceso inverso, la *exocitosis*, por el cual las vesículas del interior de la célula se fusionan con la membrana plasmática y liberan su contenido al medio externo, también es una actividad celular común (véase Fig. 1-25). La mayoría de las hormonas, los neurotransmisores y otras moléculas de señalización son secretados de las células por exocitosis. En el capítulo 15, se analiza con más detalle el mecanismo mediante el cual los orgánulos rodeados de membrana transportan proteínas y otras moléculas en el interior de la célula.

El citosol es un gel acuoso concentrado de moléculas grandes y pequeñas

Si se quitara la membrana plasmática de una célula eucarionte y, después, se eliminaran todos los orgánulos rodeados de membranas, como el núcleo, el RE, el complejo de Golgi, las mitocondrias, los cloroplastos, etcétera, quedaría el **citosol** (Fig. 1-24B). En la mayor parte de las células, el citosol es el compartimiento aislado más grande. Contiene una innumerable cantidad de moléculas grandes y pequeñas tan estrechamente relacionadas que se comporta más como un gel acuoso que como una solución líquida (Fig. 1-26). Es el sitio de muchas reacciones químicas que son fundamentales para la existencia de la célula. Por ejemplo,

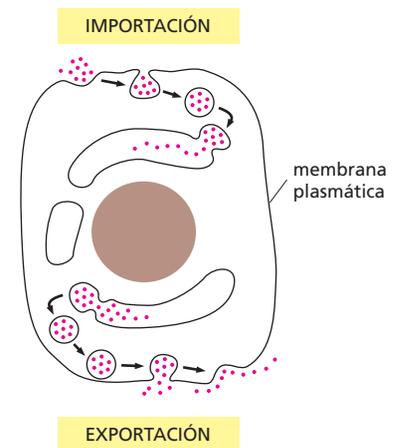


Figura 1-25. Las células pueden realizar endocitosis y exocitosis. Las células pueden importar materiales del medio externo capturándolos en vesículas que se desprenden de la membrana plasmática. Finalmente, las vesículas se fusionan con los lisosomas, donde se produce la digestión intracelular. Mediante un proceso inverso, las células exportan materiales que han sintetizado en el retículo endoplasmático y el complejo de Golgi: los materiales son almacenados en las vesículas intracelulares y liberados al exterior cuando las vesículas se fusionan con la membrana plasmática.

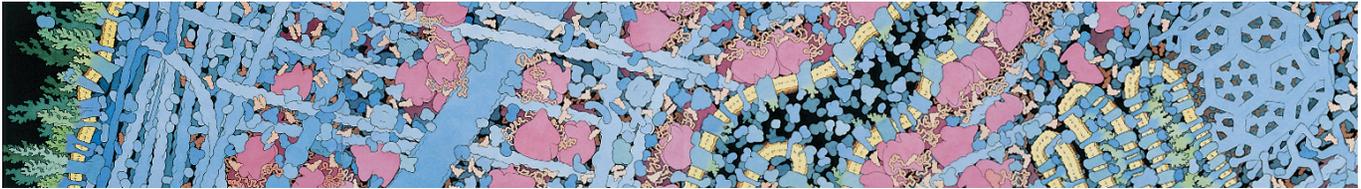


Figura 1-26. El citoplasma está colmado de orgánulos y de moléculas grandes y pequeñas. Este esquema, basado en los tamaños y concentraciones conocidos de las moléculas del citosol, muestra lo poblado que está el citoplasma. El panorama comienza en el extremo izquierdo en la superficie celular; avanza por el retículo endoplasmático, el complejo de Golgi y una mitocondria, y finaliza en el extremo derecho en el núcleo. Obsérvese que algunos ribosomas (*objetos rosados grandes*) están libres en el citosol, mientras que otros están unidos al RE. (Cortesía de D. Goodsell).

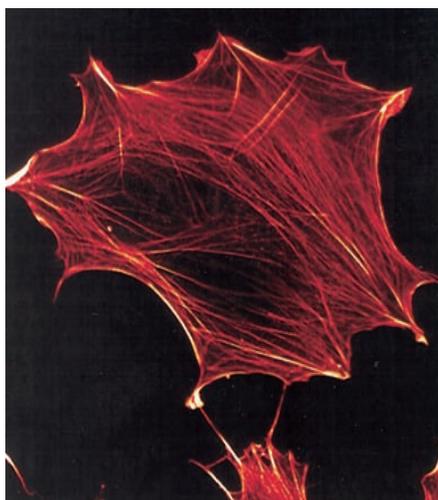
Figura 1-27. El citoesqueleto es una red de filamentos que se entrecruzan en el citoplasma de la célula eucarionte. Los filamentos compuestos por proteínas proporcionan a todas las células eucariontes una red interna que contribuye a organizar las actividades internas de la célula y es la base de sus movimientos y cambios de forma. El empleo de distintas tinciones fluorescentes permite detectar diferentes tipos de filamentos. Aquí se muestran (A) filamentos de actina, (B) microtúbulos y (C) filamentos intermedios. (A, cortesía de Simon Barry y Chris D'Lacey; B, cortesía de Nancy Kedersha; C, cortesía de Clive Lloyd).

en el citosol se producen los primeros pasos de la degradación de las moléculas de nutrientes, y también es el lugar donde la célula realiza uno de sus procesos de síntesis esenciales: la fabricación de proteínas. Los **ribosomas**, las diminutas máquinas moleculares que fabrican moléculas proteicas, son visibles con el microscopio electrónico como partículas pequeñas en el citosol, unidas con frecuencia a la superficie citosólica del RE (véanse Figs. 1-8B y 1-22B).

El citoesqueleto es responsable de dirigir los movimientos celulares

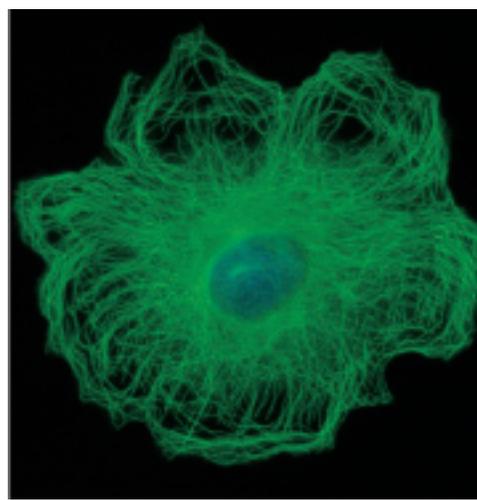
El citoplasma no es sólo una sopa de sustancias químicas y orgánulos sin estructura. Con el microscopio electrónico, se puede observar que, en las células eucariontes, el citosol está entrecruzado por filamentos proteicos largos y delgados. Con frecuencia, se observa que los filamentos están fijos por un extremo a la membrana plasmática o que irradian desde un lugar central cercano al núcleo. Este sistema de filamentos se denomina **citoesqueleto** (Fig 1-27). Los más finos corresponden a *filamentos de actina*, que están presentes en todas las células eucariontes, pero que son especialmente numerosos en las células musculares, donde actúan como parte de la maquinaria que genera las fuerzas contráctiles. Los filamentos más gruesos se denominan *microtúbulos*, porque tienen la forma de tubos huecos diminutos. Durante la división celular, se reorganizan en un orden llamativo, que contribuye a impulsar a los pares de cromosomas en direcciones opuestas y a distribuirlos por igual entre las dos células hijas (Fig. 1-28). Con un grosor intermedio entre los filamentos de actina y los microtúbulos, se encuentran los *filamentos intermedios*, que otorgan resistencia mecánica a la célula. Estos tres tipos de filamentos, junto con otras proteínas unidas a ellos, forman un sistema de vigas, sogas y motores que guía sus movimientos (véanse Película 1.2 y Película 1.3).

Como el citoesqueleto gobierna la organización interna de la célula, así como sus características externas, es tan necesario para una célula vegetal –envuelta en una pared rígida de matriz extracelular– como para la célula animal que se incurva, se estira, nada o se desliza libremente. En una célula vegetal, por ejemplo, orgánulos como las mitocondrias son impulsados por un flujo constante en el interior de la célula.

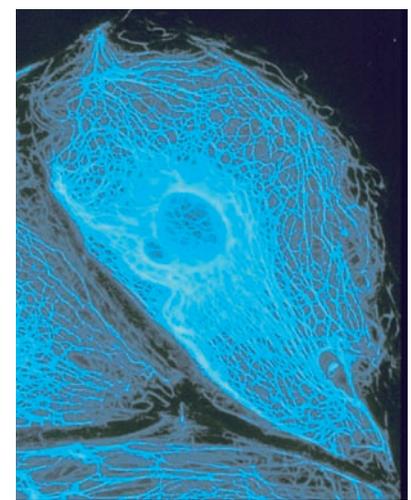


(A)

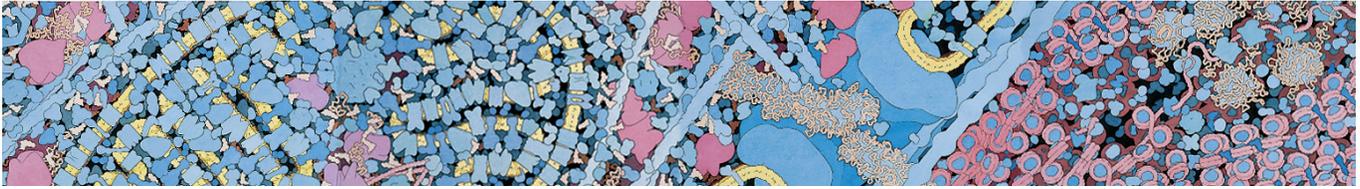
50 µm



(B)



(C)



la a lo largo de las vías del citoesqueleto. Las células animales y vegetales dependen por igual del citoesqueleto para separar sus componentes internos en dos conjuntos para cada una de las dos células hijas durante la división celular. Su participación en la división celular puede ser la función más antigua del citoesqueleto; incluso las bacterias contienen proteínas relacionadas de manera distante con las de los filamentos de actina y los microtúbulos de los eucariontes, y que forman filamentos que intervienen en la división de las células procariontes. En el capítulo 17, se examina el citoesqueleto en detalle; en el capítulo 18, se analiza su papel en la división celular; y en el capítulo 16, sus respuestas a las señales del ambiente.

El citoplasma dista de ser estático

El interior de la célula está en constante movimiento. El citoesqueleto es una jungla dinámica de cordeles y varillas que se unen y separan continuamente; sus filamentos se pueden reunir y luego desaparecer en cuestión de minutos. A lo largo de estos carriles y cables, los orgánulos y las vesículas se movilizan de un sitio a otro, y atraviesan con rapidez el ancho de la célula en alrededor de un segundo. El RE y las moléculas que ocupan cada espacio libre se encuentran en una conoción térmica frenética, y las proteínas libres se mueven con tanta celeridad que, incluso aunque se desplacen al azar, llegan a cada rincón de la célula en unos pocos segundos y chocan constantemente con una tormenta de polvo aún más tumultuosa de moléculas orgánicas de menor tamaño.

Por supuesto, ni la naturaleza bullente del interior celular ni los detalles de su estructura fueron apreciados cuando los científicos observaron por primera vez las células con el microscopio: nuestro conocimiento de la estructura celular se acumuló con lentitud. Algunos de los descubrimientos clave se enumeran en el **cuadro 1-1**. En la **lámina 1-2**, se resumen las diferencias entre las células animales, vegetales y bacterianas.

Las células eucariontes pueden haberse originado como predadores

Las células eucariontes suelen ser 10 veces más largas y 1.000 veces más voluminosas que las células procariontes (aunque hay una enorme variación de tama-

PREGUNTA 1-6

Sugiera una razón por la cual sería ventajoso para las células eucariontes desarrollar sistemas de membranas internas elaborados que les permitieran importar sustancias desde el exterior, como se muestra en la figura 1-25.

PREGUNTA 1-7

Analice las ventajas y desventajas relativas de la microscopía óptica y la microscopía electrónica. ¿Cuál sería la mejor forma de visualizar (a) una célula cutánea viva, (b) la mitocondria de una levadura, (c) una bacteria y (d) un microtúbulo?

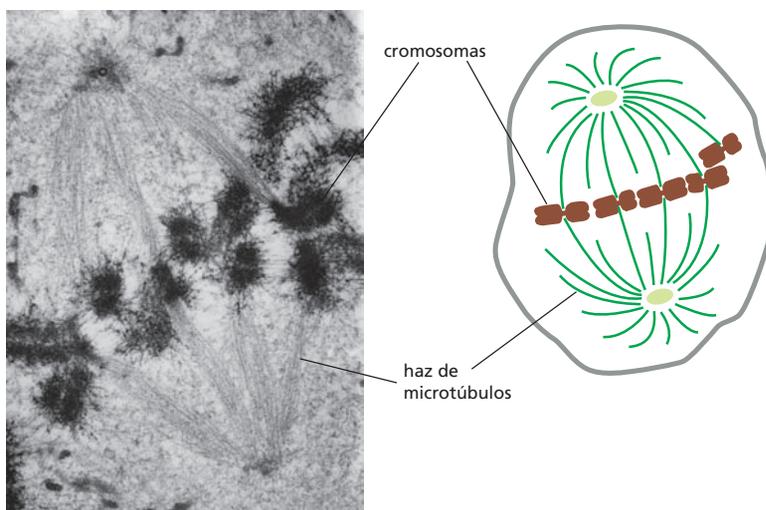


Figura 1-28. Los microtúbulos ayudan a distribuir los cromosomas en la célula en división. Cuando una célula se divide, su envoltura nuclear se fragmenta, y el DNA se condensa en pares de cromosomas visibles, que son separados y llevados a las células hijas por los microtúbulos. En esta microfotografía electrónica de transmisión, se observa que los microtúbulos irradian de focos en los extremos opuestos de la célula en división. (Microfotografía cortesía de Conly L. Rieder).

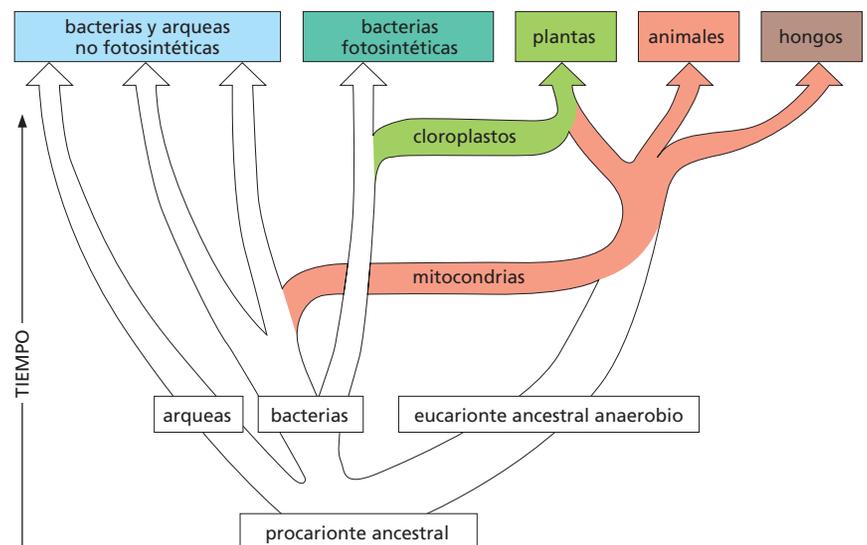
CUADRO 1-1. HITOS HISTÓRICOS EN LA DETERMINACIÓN DE LA ESTRUCTURA CELULAR

1665	Hooke usa un microscopio primitivo y describe pequeños poros en las secciones del corcho a los que denomina “células”.
1674	Leeuwenhoek comunica el descubrimiento de protozoos . Nueve años después, observa bacterias por primera vez.
1833	Brown publica sus observaciones microscópicas de orquídeas y describe con claridad el núcleo celular.
1838	Schleiden y Schwann postulan la teoría celular al afirmar que la célula nucleada es la unidad universal de los tejidos vegetales y animales.
1857	Kölliker describe las mitocondrias en células musculares.
1879	Flemming describe con gran claridad el comportamiento de los cromosomas durante la mitosis en las células animales.
1881	Cajal y otros histólogos desarrollan métodos de tinción que revelan la estructura de las células nerviosas y la organización del tejido nervioso.
1898	Golgi observa por primera vez y describe al complejo de Golgi mediante la tinción de las células con nitrato de plata.
1902	Boveri relaciona los cromosomas y la herencia tras observar su comportamiento durante la reproducción sexual.
1952	Palade, Porter y Sjöstrand desarrollan métodos de microscopía electrónica que permiten visualizar por primera vez muchas estructuras celulares. En una de las primeras aplicaciones de estas técnicas, Huxley muestra que el músculo contiene haces de filamentos proteicos: la primera evidencia de un citoesqueleto .
1957	Robertson describe la estructura en bicapa de la membrana celular , visualizada por primera vez con el microscopio electrónico.
1960	Kendrew describe la primera estructura proteica detallada (mioglobina del esperma de ballena) con una resolución de 0,2 nm mediante crystalografía de rayos X . Perutz propone una estructura de menor resolución para la hemoglobina .
1965	Christian de Duve y colaboradores utilizaron una técnica de fraccionamiento celular para separar peroxisomas, mitocondrias y lisosomas de una muestra de hígado de ratón.
1968	Petran y col. crean el primer microscopio confocal .
1974	Lazarides y Weber utilizan anticuerpos fluorescentes para teñir el citoesqueleto.
1994	Chalfie y col. introducen la proteína fluorescente verde (GFP) como marcador para seguir el comportamiento de las proteínas en las células vivas.

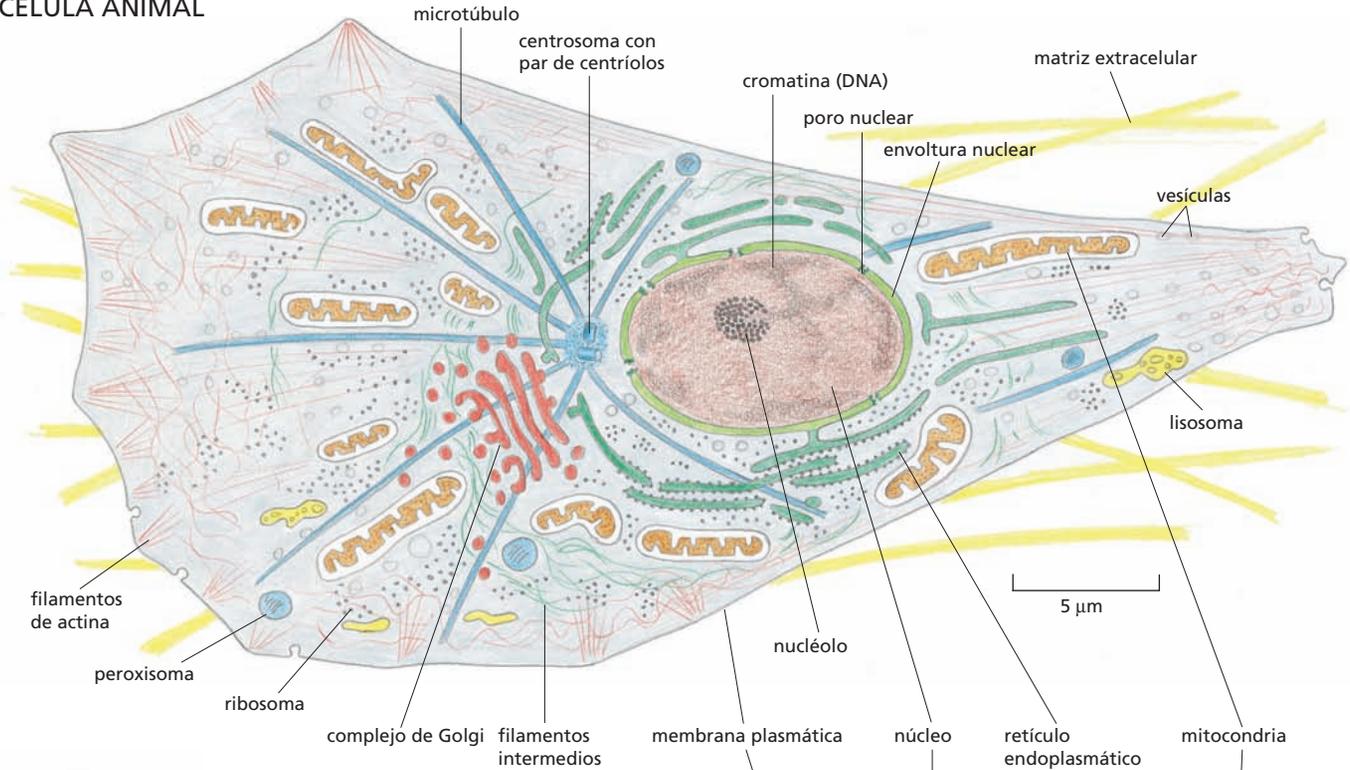
ño dentro de cada categoría). Además, tienen un conjunto completo de características –citoesqueleto, mitocondrias y otros orgánulos– que las diferencian de las bacterias y las arqueas.

Todavía es un misterio cuándo y cómo las células eucariontes desarrollaron estos sistemas. Aunque la divergencia de las células eucariontes, las bacterias y las arqueas debe haber tenido lugar en etapas muy tempranas de la vida en la Tierra (tema tratado en el capítulo 14), las células eucariontes no adquirieron todos sus rasgos distintivos al mismo tiempo (Fig. 1-29). De acuerdo con una teoría, la célula eucarionte ancestral era un predador que se alimentaba de otras células. Esta forma de vida requiere un gran tamaño, una membrana flexible y un citoesqueleto que facilite el movimiento y la alimentación de la célula. El compartimiento nuclear puede haber evolucionado de modo de mantener al DNA separado de este alboroto físico y químico, y así permitir un control más delicado y complejo de la manera en que la célula lee su información genética.

Figura 1-29. ¿De dónde provienen las células eucariontes? Los linajes de eucariontes, bacterias y de arqueas divergieron unos de otros en etapas evolutivas muy tempranas de la vida en la Tierra. Se considera que algún tiempo después, las células eucariontes adquirieron mitocondrias; aún más adelante, un subgrupo de eucariontes adquirió cloroplastos. Las mitocondrias son esencialmente las mismas en vegetales, animales y hongos, y por lo tanto, se presume que fueron adquiridas antes de la divergencia de los linajes.



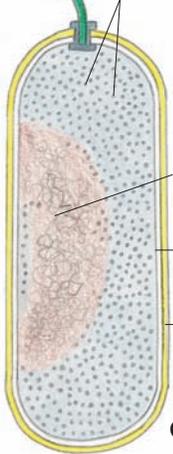
CÉLULA ANIMAL



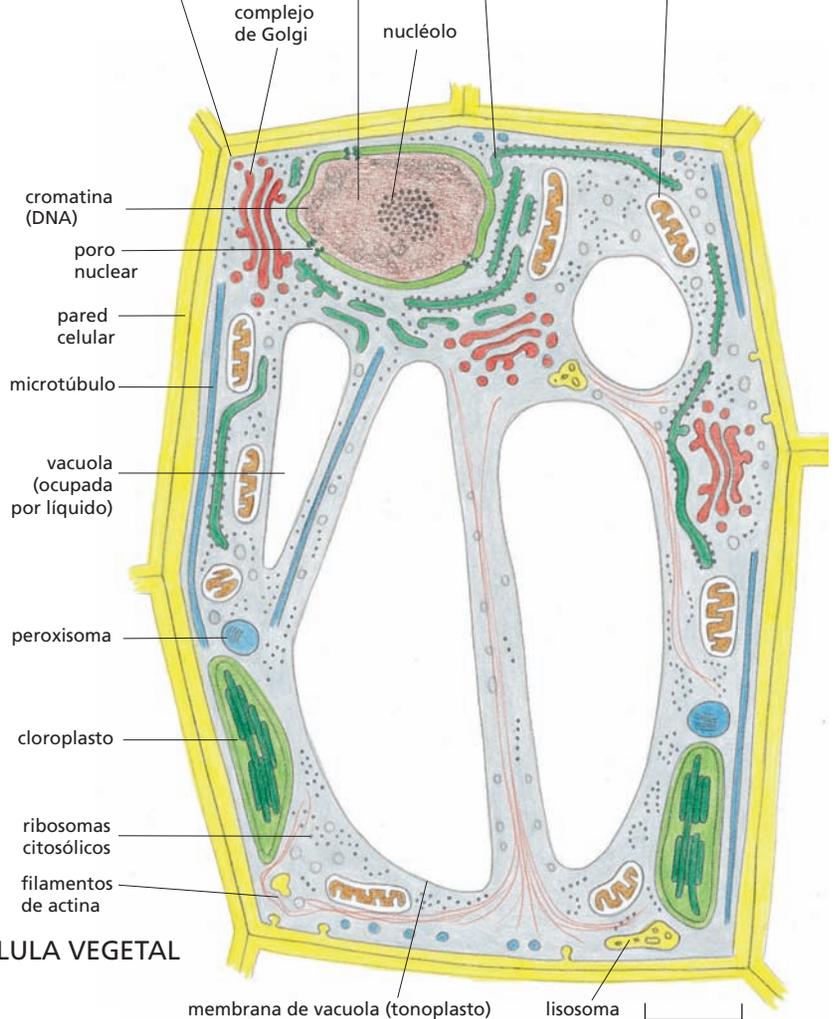
Aquí se representan tres tipos de células de una manera más realista que en el esquema de la figura 1-24. De todos modos, se utilizan los mismos colores para distinguir los principales componentes celulares. La ilustración de la célula animal está basada en un fibroblasto, una célula del tejido conectivo, y deposita matriz extracelular. La figura 1-7A muestra una microfotografía de un fibroblasto vivo. La ilustración de la célula vegetal es típica de una célula de una hoja joven. La bacteria es baciliforme y tiene un solo flagelo para la motilidad.



ribosomas citosólicos

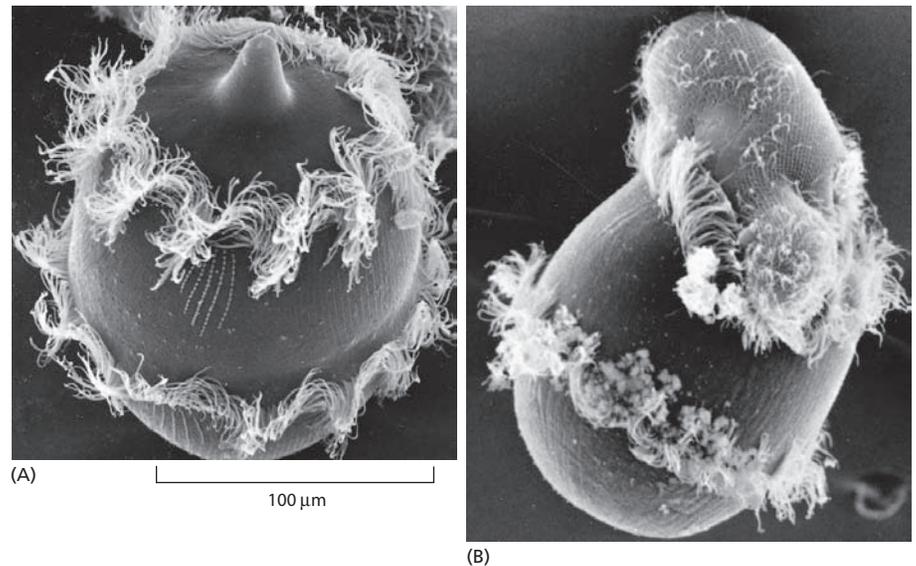


CÉLULA BACTERIANA



CÉLULA VEGETAL

Figura 1-30. Un protozoo fagocitando a otro. (A) La microfotografía electrónica de barrido muestra un *Didinium*, con sus anillos circunferenciales de cilios propulsores y el "hocico" en la parte superior. (B) Se observa cómo *Didinium* ingiere a otro protozoo ciliado, *Paramecium*. (Cortesía de D. Barlow).



Lo más probable es que un eucarionte tan primitivo, con un núcleo y un citoesqueleto, fuese la clase de célula que haya fagocitado las bacterias de vida libre y consumidoras de oxígeno, que fueron las antecesoras de las mitocondrias (véase Fig. 1-9). Se cree que esta asociación se estableció hace 1.500 millones de años, cuando la atmósfera de la Tierra por primera vez se volvió rica en oxígeno. Un subgrupo de esas células adquirieron más adelante cloroplastos por la incorporación de bacterias fotosintéticas (véanse Figs. 1-21 y 1-29).

Que los organismos eucariontes unicelulares puedan depredar y fagocitar otras células se deduce de la conducta de muchos de los microorganismos de vida libre con movimiento activo denominados **protozoos**. *Didinium*, por ejemplo, es un protozoo carnívoro grande de alrededor de 150 μm de diámetro, aproximadamente 10 veces mayor que la célula humana promedio. Tiene un cuerpo globular rodeado por dos hileras de cilios, y su extremo anterior es aplanado, excepto por una protrusión parecida a un hocico (Fig. 1-30). *Didinium* nada a gran velocidad gracias a sus cilios propulsores. Cuando encuentra una presa apropiada, en general otro tipo de protozoo, libera numerosos dardos paralizantes de la región del hocico. Después, *Didinium* se une a la otra célula y la devora invirtiéndose como una pelota hueca para envolver a su víctima, que casi lo iguala en tamaño.

Algunos protozoos son las células conocidas más complejas. La figura 1-31 ilustra parte de la variedad de formas de protozoos, y su conducta es igual de diversa: pueden ser fotosintéticos o carnívoros, móviles o sedentarios. Con frecuencia, su anatomía es elaborada y comprende estructuras como cerdas sensitivas, fotorreceptores, cilios propulsores, apéndices pedunculares, partes bucales, dardos punzantes y haces contráctiles de tipo muscular. Si bien son unicelulares, pueden ser tan complejos y versátiles como muchos organismos pluricelulares.

ORGANISMOS MODELOS

Se considera que todas las células descienden de un antepasado común, cuyas propiedades fundamentales se han conservado a través de la evolución. Por lo tanto, el conocimiento derivado del estudio de un organismo contribuye al conocimiento de otros, incluido el ser humano. Pero, en el laboratorio ciertos organismos son más fáciles de estudiar que otros. Algunos se reproducen rápidamente y son convenientes para las manipulaciones genéticas; otros son pluricelulares pero transparentes, lo que posibilita observar directamente el desarrollo de sus tejidos y órganos internos. Por estos motivos, grupos importantes de biólogos se han dedicado a estudiar diferentes aspectos de la biología de unas cuantas especies elegidas y han combinado sus conocimientos para lograr una comprensión más profunda de la que se habría

Embriología General

Introducción

Las siguientes páginas son una invitación a descubrir el maravilloso mundo de la Biología del Desarrollo.

El desarrollo embrionario comienza con la fecundación de un ovocito y termina con la muerte del individuo. Los principios esenciales del desarrollo están ligados a términos como auto-organización y auto-construcción.

Un organismo multicelular inicia su desarrollo con una única célula cuya complejidad no es mayor a la de cualquier organismo unicelular.

Desde la antigüedad, haciendo uso de una gran imaginación, los primeros naturalistas podían ver en la diminuta célula espermática un homúnculo completo, un pequeño ser humano. Con el advenimiento de las técnicas microscópicas se ha demostrado que tal homúnculo no existe y que además las gametas no son marcadamente más complejas que las células somáticas. Así, los numerosos estudios moleculares y bioquímicos han demostrado que los componentes citoplasmáticos del cigoto son similares a los de cualquier otra célula del cuerpo.

Tanto las plantas, los hongos y los animales para convertirse en un embrión, necesitaron hacerlo a partir de una sola célula. En el caso de los animales, tuvieron que respirar antes de que tuvieran pulmones, digerir antes de tener un intestino, y formar arreglos ordenados de neuronas antes de saber cómo pensar. Una de las diferencias críticas entre una máquina y nosotros es que nunca se requiere que una máquina funcione hasta después de que se termina de construir. Cada animal tiene que “funcionar” aun cuando se construye a sí mismo.

A continuación, se hará referencia al desarrollo embrionario en humanos.

La gestación comienza con la fusión de un óvulo y un espermatozoide dentro del tracto reproductor femenino. Para que esto tenga lugar, las células sexuales previamente deben experimentar una serie de cambios (**gametogénesis**) que las conviertan genética y fenotípicamente en **gametos** maduros, capaces de participar en el proceso de **fecundación**.

Gametogénesis

Para facilitar su estudio podemos dividir a la gametogénesis en tres fases:

- 1) Migración a las gónadas de las células germinales.
- 2) Aumento del número de células germinales mediante mitosis.
- 3) Reducción del número de cromosomas mediante meiosis y Maduración estructural y funcional de los óvulos y los espermatozoides.

La primera fase de la gametogénesis es idéntica en el varón y en la mujer, no así las dos últimas en las que existen diferencias marcadas entre ambos sexos.

Fase 1: Migración a las gónadas de las células germinales

Las células precursoras de las gametas se originan en el epiblasto durante la segunda semana del desarrollo y durante el proceso de gastrulación (tercera semana), migran y colonizan la pared del saco vitelino (Figura 1). En el hombre, debido a su gran tamaño y alto contenido de fosfatasa alcalina, pueden ser identificadas tempranamente a los 24 días después de la fecundación. Durante la cuarta semana del desarrollo, las células germinales primordiales comienzan su migración desde la pared del saco vitelino hacia los esbozos gonadales en la pared dorsal del celoma intraembrionario (futura cavidad abdominal) (Figura 2).

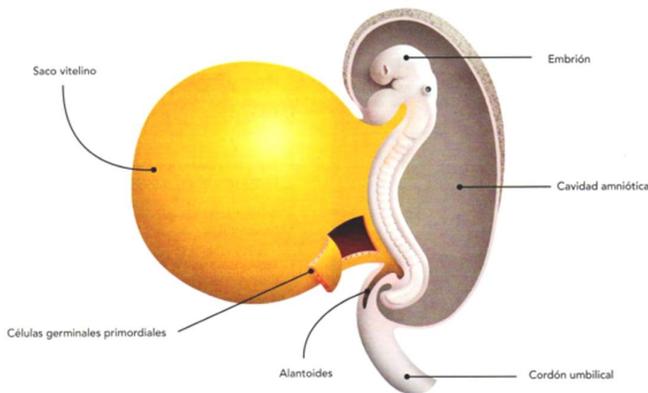


Figura 1. Esquema de un embrión al final de la tercera semana del desarrollo. Se evidencian las células germinales en la pared del saco vitelino, previo a su migración a las gónadas primitivas (Flores, V. (2015). *Embriología Humana*).

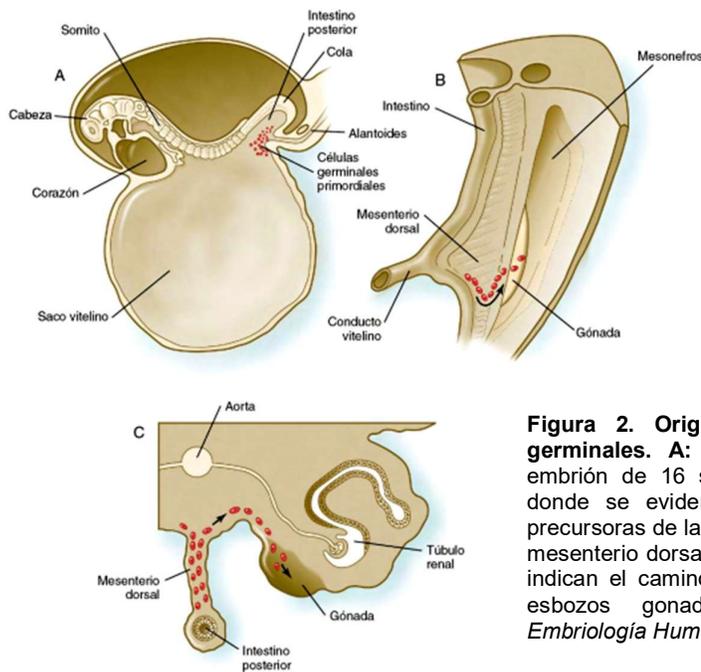


Figura 2. Origen y migración de las células germinales. A: Esquema del corte sagital de un embrión de 16 somites (aproximadamente 24 días) donde se evidencia la localización de las células precursoras de las gametas. B: Vía de migración por el mesenterio dorsal. C: Sección transversal. Las flechas indican el camino recorrido por las células hacia los esbozos gonadales (Carlson, B. M. (2014). *Embriología Humana y Biología del Desarrollo*).

Las células germinales mueren si se desvían del camino que las conduce a las gónadas. En el caso de que alguna de estas células sobreviva, puede dar lugar a la

formación de teratomas. Los teratomas son tumores abigarrados que contienen mezclas de tejidos muy diferenciados, como piel, pelo, cartílago e incluso dientes. Cabe aclarar que no todos los teratomas tienen este origen, otros surgen a partir de una célula pluripotencial que sea capaz de diferenciarse en un derivado de las tres hojas embrionarias.

Fase 2: Aumento, mediante mitosis, del número de células germinales

Una vez que llegan a las gónadas las células germinales primordiales se dividen intensamente por mitosis aumentando en forma exponencial su número.

En el caso de la gametogénesis femenina, las células germinales mitóticamente activas se denominan ovogonias y atraviesan un periodo de intensa actividad proliferativa dentro del ovario embrionario desde el segundo al quinto mes de gestación. Durante este tiempo, el número de ovogonias aumenta de unos pocos miles hasta casi 7 millones, muchas de las cuales, poco tiempo después, desaparecerán por un proceso de atresia. Todas las que sobreviven abandonan la mitosis y se transforman en **ovocitos primarios**. Los ovocitos primarios empiezan a dividirse por meiosis y se detienen en la profase I, sólo podrán avanzar en su división después de iniciada la pubertad.

Las espermatogonias son las células masculinas equivalentes a las ovogonias. Estas células germinales empiezan a dividirse en el testículo embrionario, pero a diferencia de sus pares femeninas, conservan esta capacidad de división a lo largo de toda la vida postnatal. Los túbulos seminíferos están revestidos internamente por un epitelio germinal constituido por espermatogonias. Al iniciarse la pubertad, diferentes subpoblaciones de espermatogonias comienzan a experimentar meiosis para dar lugar finalmente a los espermatozoides.

Fase 3: Reducción del número de cromosomas mediante meiosis y Maduración estructural y funcional de los óvulos y los espermatozoides

El proceso que caracteriza a esta fase es la **meiosis**. En nuestra especie, al igual que en todos los organismos de reproducción sexual, este tipo de división celular presenta las siguientes tres características principales:

- a) reducción de la cantidad de cromosomas, desde el número diploide ($2n$) a un número haploide ($1n$), permitiendo así que la dotación cromosómica de la especie se mantenga constante de generación a generación.
- b) distribución aleatoria de los cromosomas maternos y paternos, permitiendo nuevas combinaciones alélicas.
- c) recombinación del material genético materno y paterno como consecuencia del proceso de entrecruzamiento durante la meiosis I.

En el caso del sexo femenino, la meiosis es un proceso muy lento. En el periodo fetal avanzado, las ovogonias dejan de dividirse por mitosis para transformarse en **ovocitos primarios**. A medida que éstos se forman, son rodeados por células del tejido conectivo del ovario. De esta manera, el ovocito primario y la monocapa de células epiteliales foliculares aplanadas que lo rodea (células de la granulosa), constituyen el **folículo primordial**. Todos los ovocitos primarios comienzan la meiosis antes del nacimiento (periodo fetal), pero se detienen en la profase I, estadio denominado

dictioteno. Esta detención es el resultado de complejas interacciones entre las células foliculares y el ovocito. El principal factor involucrado es el adenosín monofosfato cíclico (AMPc), cuya elevada concentración en el citoplasma del ovocito bloquea al factor promotor de maduración (MPF). Al comenzar la pubertad y durante toda la vida fértil de la mujer, grupos de ovocitos retomarán la meiosis y sólo la culminarán aquellas gametas que sean fecundadas.

Durante la infancia, muchos ovocitos primarios degeneran y se vuelven atrésicos, por lo que de los 600.000-800.000 presentes al nacimiento sólo unos 40.000 llegan a la pubertad (detenidos en dictioteno). Durante la pubertad, el ovocito primario aumenta de tamaño y las células foliculares que lo rodean pasan de aplanadas a cilíndricas, dando lugar a la formación del **folículo primario**. A medida que se configura éste, aparece una membrana prominente, acelular y translúcida (entre el ovocito y las células foliculares) denominada **zona pelúcida**.

En esta etapa de la ovogénesis, comienzan a agregarse por fuera del folículo un número adicional de capas derivadas del tejido conectivo del ovario (estroma). Esta capa se denomina **teca folicular** y posteriormente se diferenciará en dos capas, la **teca interna** (muy vascularizada y glandular) y la **teca externa** (similar al estroma ovárico).

El desarrollo inicial del folículo se produce sin influencia hormonal significativa, pero a medida que se acerca la pubertad, la maduración folicular requiere la acción de la hormona folículoestimulante (FSH) producida por la hipófisis sobre las células de la granulosa, que en este momento ya expresan receptores de membrana para esta hormona y responden produciendo estrógeno. Entre las células de la granulosa comienzan a formarse espacios que se llenan de líquido y la señal más clara del desarrollo posterior de los folículos es la coalescencia de estos espacios para formar un espacio mayor denominado **antro**, que es una cavidad llena de líquido llamado **líquido folicular**. Después de la formación del antro, el folículo se denomina folículo secundario.

Por efecto de múltiples influencias hormonales, el folículo aumenta de tamaño con rapidez y presiona contra la superficie del ovario. En este punto se denomina **folículo terciario o maduro (de De Graaf)**. Entre 10 y 12 horas antes de la ovulación se reanuda la meiosis. El óvulo, se localiza en un pequeño montículo de células que se llama **cúmulo oóforo**, situado en uno de los polos del antro que ha experimentado un gran crecimiento (Figura 3). Como resultado de la primera división meiótica se forman dos células hijas de diferentes tamaños. La más grande es el **ovocito secundario** mientras que la más pequeña se denomina **primer cuerpo polar**. Ambas células presentan 23 cromosomas con dos cromátidas cada uno y quedan por dentro de la zona pelúcida, rodeadas por células foliculares. Del grupo de folículos que empezaron su desarrollo en cada ciclo, generalmente sólo uno llega a madurar completamente (**folículo dominante**), el resto se torna atrésico. El folículo maduro, antes de la ovulación, puede alcanzar un tamaño de 25 mm. Producida la ovulación, tanto el primer cuerpo polar como el ovocito, retoman la meiosis y se detienen en la metafase II. De suceder la fecundación, el ovocito dará lugar nuevamente a dos células hijas de diferente tamaño: el ovocito fecundado y el **segundo cuerpo polar** (célula hija más pequeña).

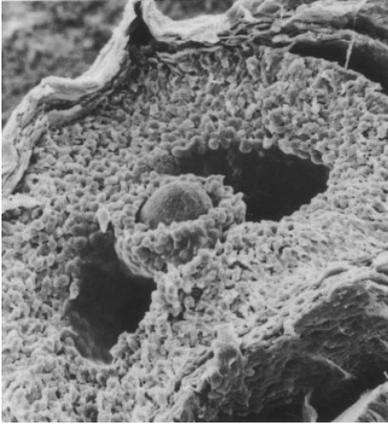


Figura 3. Microfotografía electrónica de barrido de un folículo maduro en el ovario de rata. El ovocito esférico (*centro*) está rodeado de las células más pequeñas de la corona radiada, que se proyectan hacia el antro. (X840.) (Cortesía de P. Bagavandoss, *Ann Arbor, Mich.*) (Carlson, B. M. (2014). *Embriología Humana y Biología del Desarrollo*).

La meiosis masculina comienza en la pubertad y continúa hasta edades avanzadas. A diferencia de lo que ocurre en los ovocitos primarios, no todas las **espermatogonias** entran en meiosis al mismo tiempo. Incluso, muchas de ellas se mantienen mitóticamente activas por un largo periodo. Así, el número de espermatogonias que han estado latentes en los túbulos seminíferos desde la etapa fetal, comienza a aumentar en la pubertad. Después de varias divisiones mitóticas, las espermatogonias experimentan cambios que las transforman en **espermatoцитos primarios**. Cada una de estas células, cuando entra en meiosis, tarda varias semanas en concluir la primera división, dando como resultado dos **espermatoцитos secundarios**, que inmediatamente entran en la segunda división meiótica. Después de ocho horas, se obtienen cuatro **espermátidas** haploides como descendientes de un único espermatoцитo primario. Cada espermátida experimenta un proceso de diferenciación denominado **espermiogénesis**, por el cual dará lugar a la formación de un **espermatozoides maduro**. También, durante este proceso se rompen los puentes citoplasmáticos que habían mantenido unidas a todas las células descendientes de un mismo espermatoцитo primario. La espermatogénesis humana dura aproximadamente 64 días.

Las células de Sertoli que recubren los túbulos seminíferos, responden a la hormona FSH, controlando la división, crecimiento y maduración de las células germinales.

Una vez que los espermatozoides alcanzaron su madurez morfológica, son liberados a la luz de los túbulos seminíferos. Sin embargo, son aún inmóviles e incapaces de realizar la fecundación. Desde los túbulos seminíferos son impulsados hacia el epidídimo, a través de los conductillos eferentes y la red testicular (de Haller) gracias a la contracción muscular de las paredes de estos conductos. Cuando llegan al epidídimo, los espermatozoides permanecen 12 días durante los cuales experimentan una maduración bioquímica (funcional). Transcurrido este tiempo, los espermatozoides adquieren motilidad propia y una cubierta glicoproteica que será muy importante para el proceso de capacitación que experimentará más adelante en el tracto femenino, antes de la fecundación del ovocito.

En la figura 4 se representa esquemáticamente un resumen de la gametogénesis masculina y femenina.

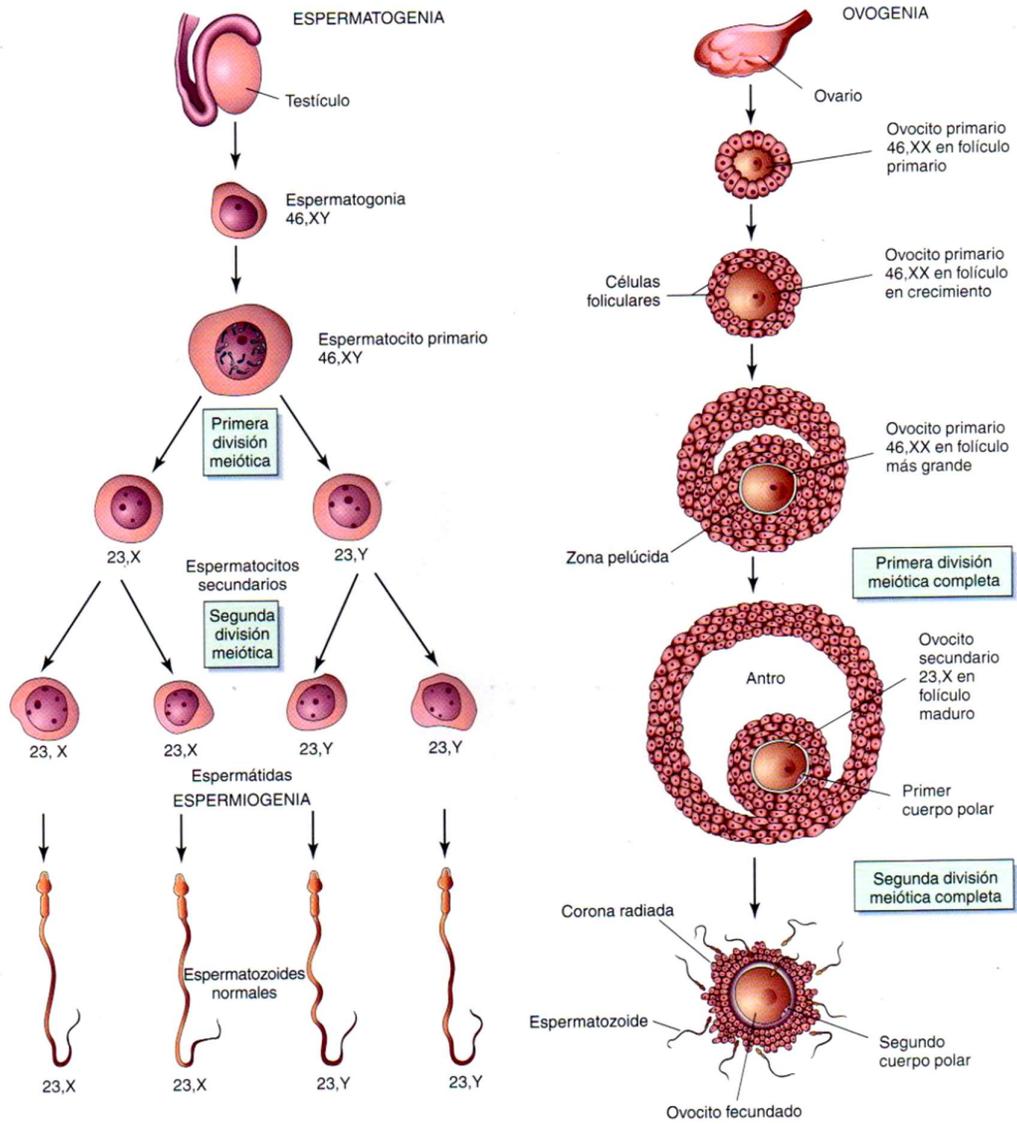


Figura 4. Gametogénesis: transformación de las células germinales en gametas. Los esquemas comparan la espermatogénesis y la ovogénesis. Nótese que las ovogonias no se representan debido a que se diferencian en ovocitos primarios antes del nacimiento. En cada etapa se muestra el complemento cromosómico de las células. La cifra designa el número total de cromosomas, incluyendo los sexuales (separados por comas) (Sadler, T. W. (2012). *Langman. Embriología médica*).

Fecundación

La fecundación constituye una secuencia compleja de sucesos moleculares combinados que se producen por la fusión de un ovocito y un espermatozoide, y habitualmente ocurre en el tercio distal de las **trompas de Falopio**.

Diversas señales químicas (atrayentes) secretadas por el ovocito y las células foliculares que lo rodean, orientan a los espermatozoides capacitados hacia aquel.

A modo de resumen podemos mencionar que mediante la fecundación se consigue:

- a) Estimular la finalización de la segunda división meiótica en el óvulo
- b) Restablecer el número diploide de la especie
- c) Generar variabilidad genética
- d) Determinar el sexo cromosómico del embrión
- e) Producir la activación metabólica del ovocito fecundado e iniciar la segmentación del cigoto

Segmentación

La fecundación libera al óvulo de un metabolismo lento y evita su desintegración final en el aparato reproductor femenino. Inmediatamente después de producirse, el cigoto experimenta un cambio metabólico llamativo y comienza un período denominado **segmentación** que dura varios días (Figura 5). A lo largo de este tiempo, el embrión, todavía rodeado por la zona pelúcida, es transportado por la trompa de Falopio y llega al útero. Unos 6 días después pierde la zona pelúcida y se adhiere al revestimiento uterino para implantarse.

La segmentación comienza unas 30 hs después de la fecundación y consiste en divisiones mitóticas repetidas del cigoto que conducen a un rápido aumento en el número de células embrionarias o **blastómeras**. Después del estadio de dos células, la segmentación de los mamíferos es **asincrónica**, ya que una de las dos blastómeras puede dividirse antes que la otra. Estas células se hacen más pequeñas con cada división dado que no hay aumento de masa durante este estadio del desarrollo. A partir de la etapa de 9 células, las blastómeras alteran su forma y se alinean estrechamente para formar una masa celular compacta. Esta **compactación** permite una mayor interacción entre las células y constituye un requisito previo a la separación de las blastómeras internas para conformar el **embrioblasto** del **blastocito**, tema que se desarrollará más adelante.

Cuando el embrión consta de 12 a 32 células se denomina **mórula** (derivado de la palabra latina que significa «mora», por su parecido a esta fruta). Las células internas de la mórula constituyen la **masa celular interna** y las células que las rodean componen la **masa celular externa**. La masa celular interna origina los tejidos propios del embrión, mientras que la externa forma el **trofoblasto**, que más adelante contribuirá a la formación de la **placenta**. Así, en cada blastómera se activan genes específicos, lo que determina que algunas de ellas den lugar a partes del embrión y otras a **anexos extraembrionarios**.

Al finalizar la etapa de mórula, entre las blastómeras internas comienza a formarse una cavidad que contiene agua con iones de sodio.

Este proceso, que tiene lugar unos 4 días después de la fecundación, se llama **cavitación**, y el espacio lleno de líquido recibe el nombre de **blastocelo (cavidad blastocística)**. En esta fase, el embrión en conjunto se denomina **blastocisto** y su volumen sigue siendo aproximadamente el mismo que el que tenía el cigoto. El extremo del blastocisto que contiene la masa celular interna se denomina **polo embrionario**, y el extremo opuesto **polo abembrionario**.

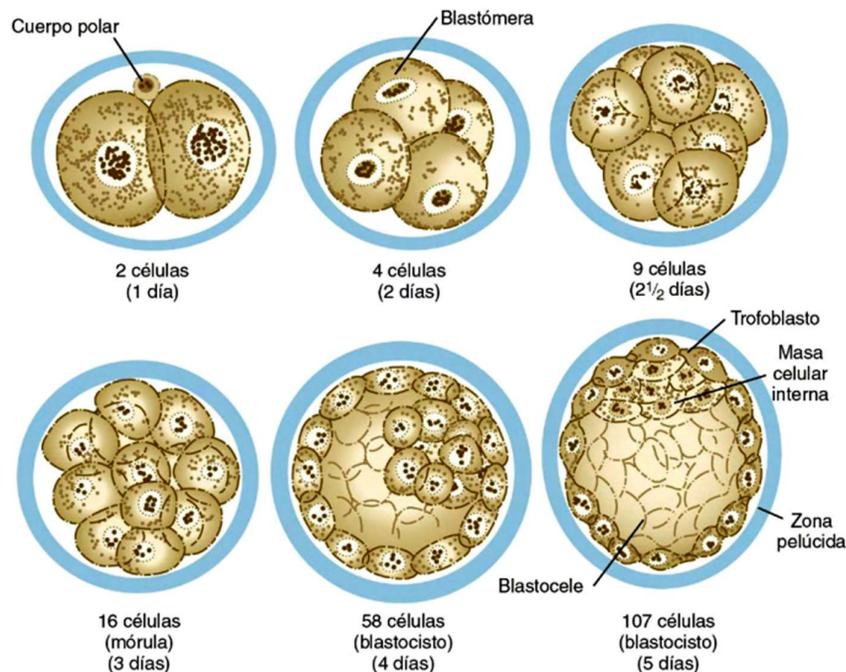


Figura 5. Esquemas de las primeras fases de la Segmentación en los embriones humanos. Microfotografía electrónica de barrido de un folículo maduro en el ovario de rata. Los dibujos de los estadios de 58 y de 107 células representan secciones del embrión (Carlson, B. M. (2014). Embriología Humana y Biología del Desarrollo).

El blastocelo, en las siguientes etapas del desarrollo, facilitará la migración de células para dar lugar al disco embrionario y sus anexos.

La segunda semana del desarrollo embrionario es de gran importancia, ya que en ella el blastocisto que se formó en los últimos días de la primera semana experimentará una serie de cambios que dan lugar al **disco embrionario bilaminar**, precursor de las tres hojas embrionarias: **ectodermo**, **mesodermo** y **endodermo** (Figura 6). De manera simultánea a la formación de este disco embrionario, se produce la **implantación**.

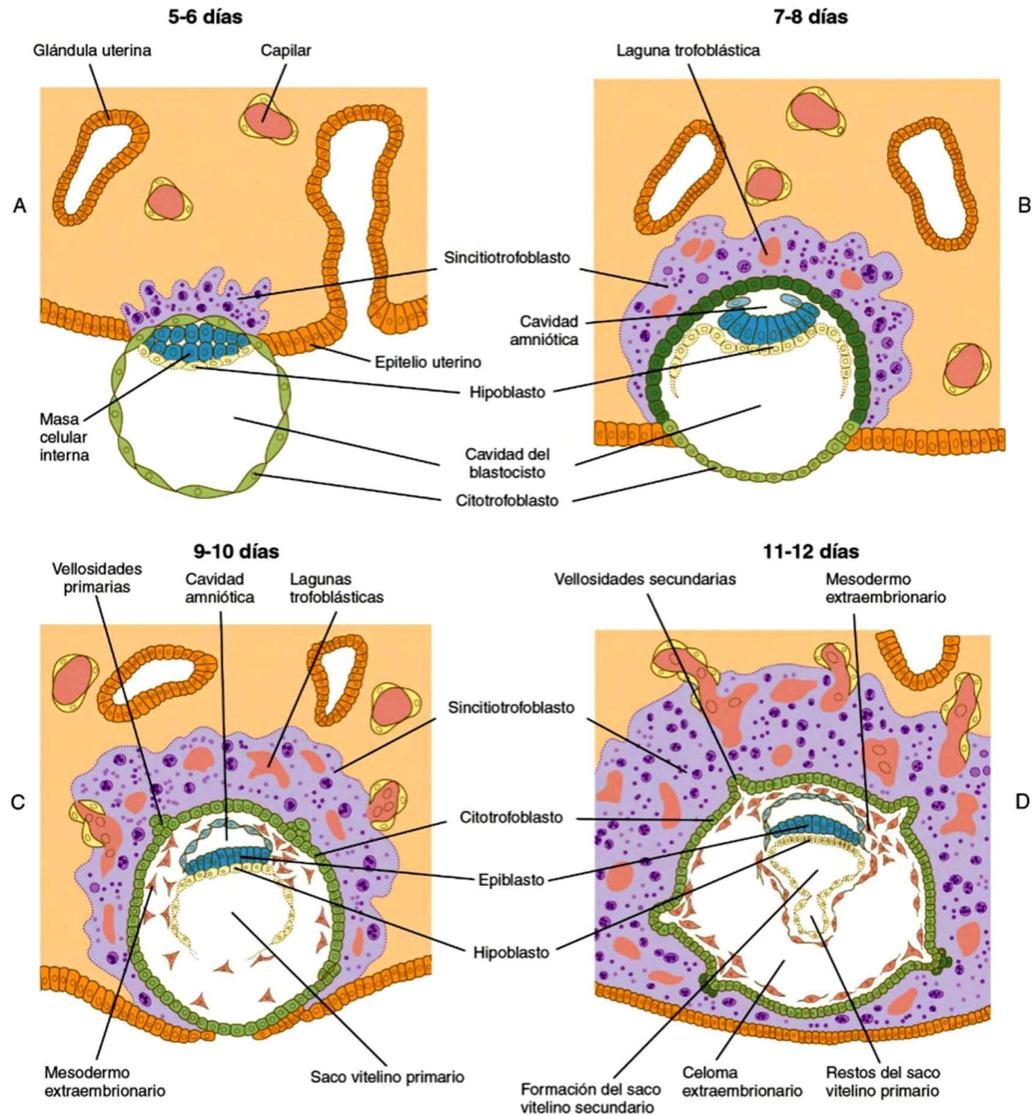


Figura 6. Esquemas de la Formación del embrión bilaminar y etapas del proceso de implantación. A: Nótese la diferenciación del hipoblasto a partir del macizo celular interno. El sincitiotrofoblasto está iniciando la invasión del estroma endometrial. **B:** La mayor parte del embrión se encuentra incluido en el endometrio; existe una formación incipiente de lagunas trofoblásticas. Están empezando a surgir la cavidad amniótica y el saco vitelino. **C:** Nótese la diferenciación de las dos láminas que componen el disco embrionario: epiblasto e hipoblasto. La implantación es casi completa, se están constituyendo las vellosidades primarias y está apareciendo el mesodermo extraembrionario. **D:** La anidación es completa; comienzan a formarse las vellosidades secundarias (Carlson, B. M. (2014). *Embriología Humana y Biología del Desarrollo*).

La implantación comienza cuando el blastocisto pierde la zona pelúcida que lo cubría y se adhiere al epitelio uterino a través de su polo embrionario. En este momento, el trofoblasto comienza a proliferar con rapidez y se transforma gradualmente en dos láminas: una interna (**citotrofoblasto**) y una externa multinucleada (**sincitiotrofoblasto**). El sincitiotrofoblasto produce enzimas que erosionan los tejidos maternos, permitiendo al blastocisto introducirse en el endometrio.

La masa celular interna del blastocisto comienza a adquirir una configuración epitelial y se diferencia en dos capas: una capa de células cúbicas pequeñas adyacentes a la cavidad del blastocisto, conocida como **hipoblasto** y una capa de células cilíndricas largas denominada **epiblasto**. Estas dos capas forman un disco plano, estadio del desarrollo conocido como **embrión bilaminar**. En este momento, aparece dentro del epiblasto, una pequeña cavidad que al agrandarse constituye la **cavidad amniótica**. Por otra parte, las células del epiblasto que migran y se localizan adyacentes al citotrofoblasto (**amnioblastos**) constituyen el **amnios**. Mientras tanto, las células del hipoblasto tapizan internamente el blastocele, originando el **saco vitelino primitivo**.

Hacia el onceavo o doceavo día del desarrollo, el embrión está completamente inmerso en el estroma endometrial y el epitelio superficial prácticamente cubre toda la abertura original de entrada en la pared uterina.

Avanzado el desarrollo, surge del saco vitelino una nueva población celular que forma el **mesodermo extraembrionario**, tejido conectivo que rodea al amnios y al saco vitelino (Figura 7). Este tejido aumenta de tamaño y aparecen en su interior pequeños espacios que se fusionan y forman una gran cavidad: el **celoma extraembrionario** o **cavidad coriónica**. Esta cavidad llena de líquido, rodea al amnios y al saco vitelino, excepto en la zona en la que el disco embrionario está unido al trofoblasto mediante un tallo de conexión, el **pedículo de fijación**. Así, el mesodermo extraembrionario se divide en dos porciones: **mesodermo extraembrionario somático** o **parietal** (recubre el amnios y el citotrofoblasto) y **mesodermo extraembrionario espláncnico** o **visceral** (recubre el saco vitelino).

Con respecto al saco vitelino primitivo, comienza a estrecharse, hasta quedar dividido en dos porciones, una de ellas, la mayor, sigue relacionada al hipoblasto y recibe el nombre de **saco vitelino secundario**, mientras que la otra, más pequeña, queda como un remanente que terminará por desaparecer unos días más tardes (Figura 7).

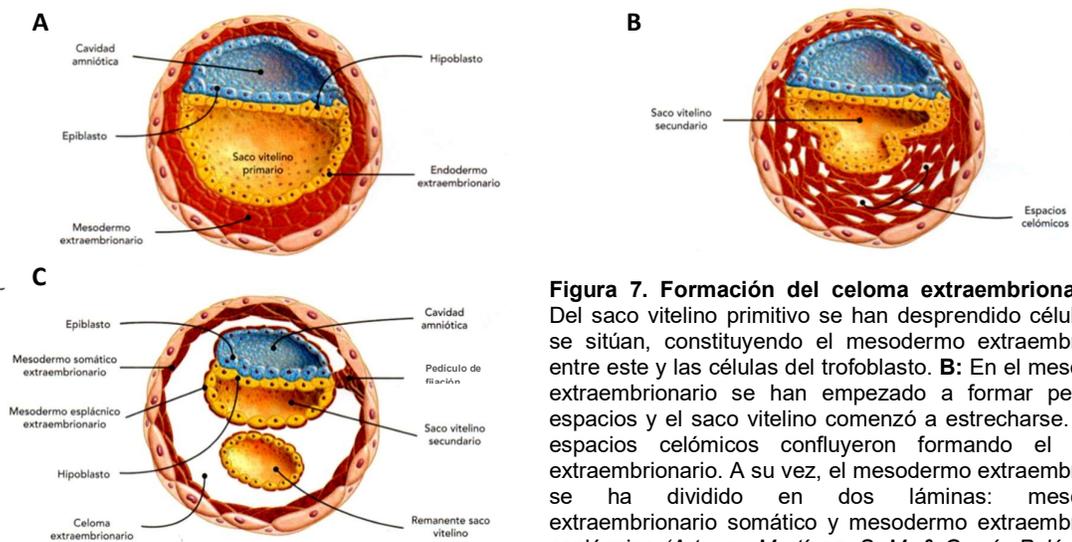


Figura 7. Formación del celoma extraembrionario. A: Del saco vitelino primitivo se han desprendido células que se sitúan, constituyendo el mesodermo extraembrionario entre este y las células del trofoblasto. B: En el mesodermo extraembrionario se han empezado a formar pequeños espacios y el saco vitelino comenzó a estrecharse. C: Los espacios celómicos confluyeron formando el celoma extraembrionario. A su vez, el mesodermo extraembrionario se ha dividido en dos láminas: mesodermo extraembrionario somático y mesodermo extraembrionario espláncnico (Arteaga Martínez, S. M. & García Peláez, M. I. (2013). *Embriología Humana y Biología del desarrollo*).

Gastrulación

La **gastrulación** es el acontecimiento más sobresaliente e importante de la tercera semana del desarrollo, ocurre aproximadamente entre los días 15 a 18. Por este proceso se establecen las tres hojas germinativas: ectodermo, mesodermo y endodermo. Durante este período, el disco bilaminar se convierte en trilaminar y el embrión se denomina **gástrula**.

El comienzo de la gastrulación se define con la formación de una **línea primitiva** en la superficie del epiblasto (Figura 8). Esta línea se forma por la proliferación y condensación de células del epiblasto en el plano medial del disco embrionario bilaminar. En el extremo cefálico de la línea se forma una elevación denominada **nódulo primitivo** que rodea a la **fosita primitiva**, una pequeña depresión.

La aparición de la línea primitiva permite establecer una polaridad en el embrión. Desde este momento es posible hacer referencia a un eje cráneo-caudal, extremos cefálico y caudal, superficies dorsal y ventral y lados derecho e izquierdo.

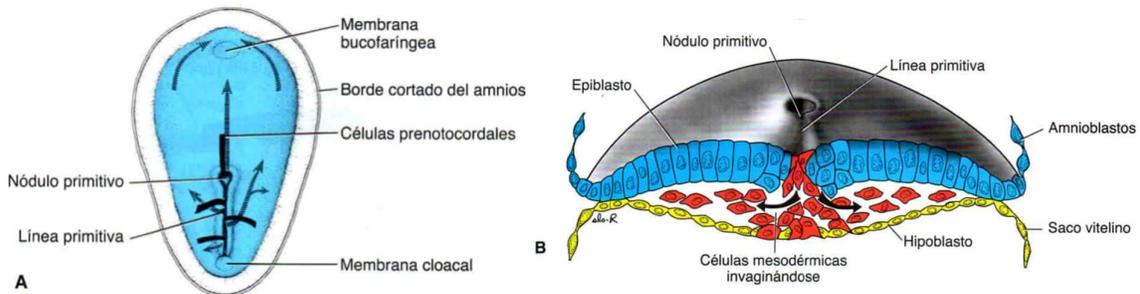


Figura 8. Esquemas de un embrión de 16 días. A: Vista dorsal, en el que se ha omitido el amnios para exponer el disco embrionario. **B:** Corte transversal que permite evidenciar la migración de las células mesenquimáticas desde la línea primitiva para desplazarse al hipoblasto y dar origen al endodermo embrionario y posteriormente al mesodermo (Sadler, T. W. (2012). *Langman. Embriología médica*).

Durante la gastrulación, las células del epiblasto se desplazan hacia la línea primitiva y se invaginan por ella, ubicándose por debajo del epiblasto y entre las células del hipoblasto. Para poder realizar estos movimientos, las células que se invaginan deben elongarse, perder su lámina basal y cambiar su morfología (**células en botella** o **en matraz**) adquiriendo características propias de células mesenquimáticas. Estos cambios se conocen como transición epitelio-mesénquima.

Las primeras células que migran son las situadas en la región más anterior de la línea primitiva y se introducen en el hipoblasto, desplazando sus células para formar el endodermo embrionario. Posteriormente, las células del epiblasto que siguen invaginándose por la línea primitiva se ubican entre el epiblasto y el endodermo recientemente formado para dar lugar a los mesodermos intra y extraembrionario. Los estudios de marcado molecular de células, han determinado que la migración celular sucede en un orden establecido: las primeras en migrar forman el **mesodermo paraaxial** (paralelo al eje), luego migran las que dan lugar al **mesodermo intermedio** y **lateral** y por último las que formarán el **mesodermo extraembrionario** que recubre el trofoblasto y el saco vitelino. Finalmente, un grupo de células del epiblasto se invagina por el nódulo

primitivo y se desplaza cefálicamente dando lugar al **mesodermo axial**, formando la estructura que caracteriza a los cordados: la **notocorda**. Una vez concluida la gastrulación, el epiblasto que no invaginó, se transforma en ectodermo. De esta manera, el mesodermo intraembrionario se interpone entre el ectodermo y el endodermo, constituyéndose un embrión trilaminar. Las únicas dos regiones embrionarias donde no hay mesodermo, y por ende el embrión permanece bilaminar (sólo ectodermo y endodermo) son: la **membrana bucofaríngea** (posición cefálica) y la **membrana cloacal** (posición caudal).

Para finalizar, cabe destacar, que de las tres hojas formadas durante la gastrulación se van a originar todas las estructuras y órganos del embrión (Figura 9).

ECTODERMO	ECTODERMO SUPERFICIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Epidermis, cabello, uñas, glándulas de la piel y mamas • Hipófisis anterior • Esmalte dental • Oído interno • Cristalino
	NEUROECTODERMO	<ul style="list-style-type: none"> • Cresta neural: ganglios y nervios sensoriales y craneales, ganglios simpáticos y parasimpáticos, médula de la glándula suprarrenal, dentina, melanocitos, cartílagos derivados de los arcos faríngeos, huesos de la cara, tejido conectivo de la cabeza, paredes de vasos y salida del corazón • Tubo neural: sistema nervioso central, retina, pineal e hipófisis posterior
MESODERMO	MESODERMO DE LA CABEZA	<ul style="list-style-type: none"> • Cráneo • Tejido conjuntivo de la cabeza • Cemento
	MESODERMO PARAAXIAL	<ul style="list-style-type: none"> • Músculo esquelético de la cabeza, tronco y extremidades • Esqueleto excepto el del cráneo • Dermis y tejido conjuntivo
	MESODERMO INTERMEDIO	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema urogenital
	MESODERMO LATERAL	<ul style="list-style-type: none"> • Tejido conjuntivo y músculo de las vísceras • Membranas serosas: pleura, pericardio y peritoneo • Corazón • Células del tejido linfohematopoyético • Bazo • Corteza suprarrenal
ENDODERMO		<ul style="list-style-type: none"> • Epitelio y glándulas de tráquea, bronquios y pulmones • Epitelio y glándulas del tubo digestivo, parénquima del hígado y del páncreas • Epitelio de la vejiga urinaria y uraco • Epitelio de la faringe, cavidad timpánica, tuba auditiva y amígdalas • Células secretoras de la tiroides y paratiroides • Células reticuloepiteliales del timo

Figura 9. Cuadro resumiendo los principales derivados de las tres hojas embrionarias formadas durante la gastrulación: ectodermo, mesodermo y endodermo (Arteaga Martínez, S. M. & García Peláez, M. I. (2013). *Embriología Humana y Biología del desarrollo*).

Bibliografía

Arteaga Martínez, S. M. & García Peláez, M. I. (2013). Embriología Humana y Biología del desarrollo. Editorial Médica Panamericana, México.

Carlson, B. M. (2014). Embriología Humana y Biología del Desarrollo. 5ª Ed. Elsevier. España.

Flores, V. (2015). Embriología Humana. Bases moleculares y celulares de la histogénesis, la morfogénesis y las alteraciones del desarrollo. Orientada a la formación médica. 1ª Ed. Editorial Médica Panamericana. México.

Gilbert, S. F. (2010). Developmental Biology. 9ª Ed. Sinauer. USA.

Moore, K. L. & Persaud, T. V. N. (2004). Embriología Clínica. El desarrollo del ser humano. 7ª Ed. Elsevier. España.

Sadler, T. W. (2012). Langman. Embriología médica. 12ª Ed. Wolters Kluwer Health, S.A., Lippincott Williams & Wilkins. USA.

CURSO INGRESO FCM UNSE 2018

**MODULO DE BIOLOGIA
-PRIMER PARCIAL-**

APELLIDO/S y NOMBRE/S:.....
DNI:.....COMISIÓN:..... FECHA:.....FIRMA:.....

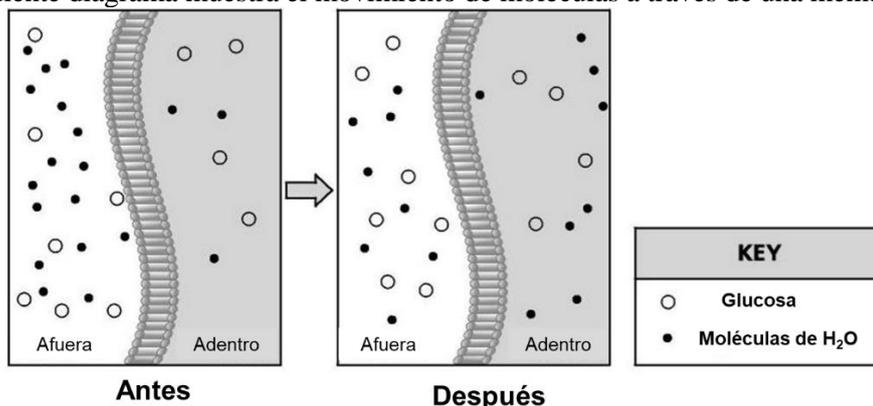
INSTRUCCIONES:

- 1) Completa el cuadro superior de datos personales con letra mayúscula, de imprenta, con tinta de lapicera y de igual forma en la grilla de respuestas.
- 2) Lee atentamente cada enunciado y sus opciones de respuesta. Sólo una opción es correcta. La respuesta correcta debes consignarla en la "Grilla de Respuestas" que se encuentra al final del examen, único registro válido para su corrección. La suma de puntos obtenida de ese registro ("Grilla de Respuestas") será el puntaje obtenido del examen.
- 3) Para registrar las respuestas seleccionadas, rellena el rectángulo correspondiente a la opción elegida, **con tinta de lapicera.**
- 4) En caso de que decidas cambiar una respuesta deberás tachar con una "X" la considerada incorrecta, dejarás pintado el rectángulo considerado correcto y escribir **vale la opción...** (letra de la opción seleccionada correcta) y firmar.
- 5) Se invalidará la pregunta que tenga más de una respuesta y/o que haya utilizado corrector u otro tipo de corrección; con excepción de lo detallado en el punto 4).
- 6) Ante el uso de algún elemento no autorizado (por ejemplo, el teléfono celular), inmediatamente se retirará el examen.
- 7) La evaluación parcial tiene una duración de dos (2) horas reloj, desde su inicio.

**CURSO INGRESO FCM UNSE 2018. MODULO DE BIOLOGIA.
-PRIMER PARCIAL-**

1. Respecto al microscopio electrónico, marque la opción CORRECTA:
 - A. El mismo permite estudiar los electrones de los átomos.
 - B. Con el mismo se pueden ver las crestas de mitocondrias.
 - C. El poder de resolución es de 0,2 μm .
 - D. La fuente de iluminación es fluorescente.
2. Indique cuál de las siguientes moléculas pueden transportarse por difusión simple a través de las membranas, señale la opción CORRECTA:
 - A. Moléculas polares como la glucosa.
 - B. Moléculas no polares pequeñas.
 - C. Todos los iones.
 - D. Moléculas cargadas.
3. Con respecto al aparato de Golgi, señale la opción CORRECTA:
 - A. En la secreción constitutiva los productos sintetizados se almacenan en la célula.
 - B. Presenta ribosomas adheridos a su cara convexa.
 - C. Se localiza en los polos de la célula bacteriana.
 - D. Modifica algunas proteínas mediante el agregado de glúcidos.
4. Indica la opción CORRECTA que corresponde a las organelas que contienen su propio ADN:
 - A. Retículo endoplasmático, mitocondrias, lisosomas.
 - B. Mitocondrias y cloroplastos.
 - C. Núcleo, peroxisomas y mitocondrias.
 - D. Complejo de Golgi y cloroplastos.
5. La membrana plasmática está compuesta por:
 - A. Una doble capa proteica con lípidos incluidos en su interior y glúcidos orientados hacia el exterior.
 - B. Una doble capa de fosfolípidos entre los cuales se encuentran proteínas integrales.
 - C. Glicoproteínas periféricas orientadas hacia el citoplasma.
 - D. Moléculas de colesterol que predominan en la hemicapa externa.
6. La exocitosis es un proceso mediante el cual:
 - A. La célula incorpora partículas extrañas.
 - B. La célula libera al exterior los productos sintetizados.
 - C. Se produce la digestión intracelular.
 - D. Es la síntesis de proteínas destinadas a los lisosomas.
7. Marque la opción INCORRECTA con respecto a la envoltura nuclear:
 - A. Se observan poros en su superficie.
 - B. La membrana externa posee ribosomas.
 - C. Presenta doble membrana.
 - D. Se continúa directamente con la cara CIS del aparato de Golgi.
8. Los microtúbulos:
 - A. Son huecos, largos y flexibles.
 - B. Están formados por moléculas de queratina.
 - C. En una célula crecen o se retraen simultáneamente.
 - D. Cuando están en crecimiento poseen en su extremo sub-unidades de GTP-tubulina.

9. El siguiente diagrama muestra el movimiento de moléculas a través de una membrana:



- Solo las moléculas de agua se movieron hacia dentro de la célula por difusión.
- Ambas moléculas de agua y glucosa se trasladaron a la célula mediante transporte activo.
- Las moléculas de agua y las de glucosa se movieron a la célula por difusión.
- Solo las moléculas de glucosa se movieron hacia adentro de la célula mediante transporte activo.

10. Una sustancia química que se sintetiza en el cuerpo de una neurona y es secretada en el extremo sináptico del axón debe llegar a este punto mediante:

- Carriers de membrana plasmática
- Microfilamentos de actina
- Microtúbulos y proteínas motoras
- Filamentos intermedios y glicoproteínas ácidas.

11. Las proteínas cadherinas están presentes en:

- Uniones estrechas
- Membrana basal
- Uniones adherentes
- Uniones comunicantes

12. La comunicación endócrina, señale la opción CORRECTA:

- Se produce entre células que se encuentran muy cercanas
- Se da entre células que actúan simultáneamente como emisoras y receptoras
- Las células que están en contacto directo tienen este tipo de comunicación
- Se presenta entre células muy distantes.

13. Las proteínas llamadas proteínas G:

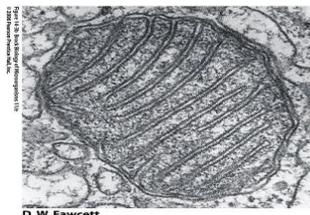
- Son proteínas periféricas que se encuentran en la membrana plasmática y actúan como receptores de membrana.
- Son proteínas adaptadoras que interactúan con un receptor de membrana y otras proteínas de membrana.
- Son proteínas motoras que participan del movimiento de las vesículas a través de los filamentos del citoesqueleto.
- Son proteínas transmembranas transportadoras que participan de la difusión facilitada de moléculas que deben ingresar o salir de la célula.

14. La replicación del ADN:

- Ocurre durante la fase G1
- Ocurre durante la fase S
- Ocurre durante la mitosis
- Ocurre durante la fase G2

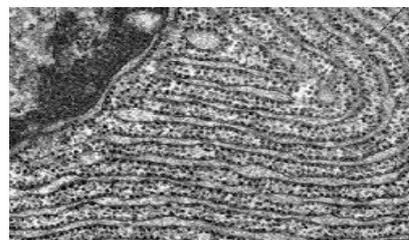
15. Las cromátidas hermanas se unen al huso mitótico por:
- El centriolo
 - El centrosoma
 - El centrómero
 - El áster
16. ¿Qué tipo de moléculas lleva a cabo el control de las fases del ciclo celular?
- Nucleasas
 - Ciclinas y cinasas
 - ADN polimerasas
 - Ciclokinasas
17. La apoptosis es:
- Un proceso que forma parte del ciclo celular de toda célula.
 - Un proceso celular que ocurre sin gasto de energía.
 - Un proceso de inflamatorio.
 - Un proceso de muerte celular programada.
18. Un pez pequeño se introduce en el intestino de un pepino de mar para protegerse de sus depredadores. El pepino de mar no resulta beneficiado ni perjudicado.
- Se trata de mutualismo.
 - Se trata de parasitismo
 - Se trata de comensalismo
 - Se trata de amensalismo
19. Las propiedades que caracterizan a las poblaciones son:
- Disposición espacial, Densidad, Estructura etaria, Mortalidad y Patrones de crecimiento.
 - Disposición espacial, Deriva génica, Estructura etaria, Mortalidad y Patrones de crecimiento.
 - Dispersión y migración, Densidad, Estructura etaria, Mortalidad y Patrones de crecimiento.
 - Disposición espacial, Competencia entre individuos, Estructura etaria, Mortalidad y Patrones de crecimiento.
20. El clavel del aire crece sobre algunos árboles para conseguir mejores condiciones de iluminación. El clavel del aire es capaz de fabricar su propio alimento mediante el proceso de fotosíntesis. Esto es un ejemplo de:
- Comensalismo
 - Mutualismo
 - Migración
 - Parasitismo

21. En la siguiente organela celular ocurre:
- La respiración celular.
 - La replicación del ADN.
 - El agregado de glúcidos a ciertas proteínas.
 - La degradación de agentes extraños.



22. En la siguiente organela celular ocurre:

- La respiración celular.
- La replicación del ADN.
- Síntesis de proteínas.
- La degradación de agentes extraños.



"2018, Año del Centenario de la Reforma Universitaria".

23. Señala cuál de las siguientes funciones **NO REALIZA** el REL:
- A. Modificación de drogas o fármacos que ingresan al organismo.
 - B. Participa de la degradación de la glucosa.
 - C. Almacena calcio.
 - D. Provee de membranas a los autofagosomas.
24. ¿Qué efecto tiene el entrecruzamiento meiótico?:
- A. Permite la perpetuación de la información genética.
 - B. Un aumento en la variabilidad genética de la especie.
 - C. Un aumento en la tasa de mutación genética de la especie.
 - D. Problemas en la segregación de los cromosomas.
25. Señale la opción **CORRECTA** referida a ecología:
- A. El mutualismo es una relación de competencia interespecífica.
 - B. El ciclo de la materia se inicia con los heterótrofos.
 - C. Las plantas verdes son los productores primarios de cualquier ecosistema.
 - D. Los carnívoros ocupan el segundo nivel trófico.



CURSO INGRESO FCM UNSE 2018

MODULO DE BIOLOGIA-PRIMER PARCIAL-

APELLIDO/S y NOMBRE/S:.....

DNI:.....COMISIÓN:..... FECHA:.....FIRMA:.....

PREGUNTA	RESPUESTAS				Observaciones
	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

CURSO INGRESO FCM UNSE 2018

**MODULO DE BIOLOGIA
-SEGUNDO PARCIAL-**

APELLIDO/S y NOMBRE/S:.....
DNI:.....COMISIÓN:..... FECHA:.....FIRMA:.....

INSTRUCCIONES:

- 1) Completa el cuadro superior de datos personales con letra mayúscula, de imprenta, con tinta de lapicera de color y de igual forma en la grilla de respuestas.
- 2) Lee atentamente cada enunciado y sus opciones de respuesta. Sólo una opción es correcta. La respuesta correcta debes consignarla en la "Grilla de Respuestas" que se encuentra al final del examen, único registro válido para su corrección. La suma de puntos obtenida de ese registro ("Grilla de Respuestas") será el puntaje obtenido del examen.
- 3) Para registrar las respuestas seleccionadas, rellena el rectángulo correspondiente a la opción elegida, **con tinta de lapicera de cualquier color, menos NEGRO.**
- 4) En caso de que decidas cambiar una respuesta deberás tachar con una "X" la considerada incorrecta, dejarás pintado el rectángulo considerado correcto y escribir **vale la opción...** (letra de la opción seleccionada correcta) y firmar.
- 5) Se invalidará la pregunta que tenga más de una respuesta y/o que haya utilizado corrector u otro tipo de corrección; con excepción de lo detallado en el punto 4).
- 6) Ante el uso de algún elemento no autorizado (por ejemplo, el teléfono celular), inmediatamente se retirará el examen.
- 7) La evaluación parcial tiene una duración de dos (2) horas reloj, desde su inicio.

**CURSO INGRESO FCM UNSE 2018. MODULO DE BIOLOGIA.
-SEGUNDO PARCIAL-**

- 1. Los huesos largos se caracterizan por lo siguiente:**
 - A. Volumen y longitud restringida.
 - B. Tienen espesor reducido.
 - C. Tienen características neumáticas.
 - D. Predomina la longitud.
- 2. Señale el genotipo de una pareja que tuvo 4 hijos. Uno con grupo sanguíneo O, otro con B, otro con A y otro AB:**
 - A. Padre AB/ Madre AO
 - B. Padre AA/ Madre OO
 - C. Padre AO/ Madre BO
 - D. Padre BO/ Madre OO
- 3. Los nervios periféricos se encuentran formados por:**
 - A. Cuerpos neuronales
 - B. Ganglios nerviosos
 - C. Axones
 - D. Dendritas
- 4. La arteria aorta nace de:**
 - A. Ventrículo derecho
 - B. Aurícula izquierda
 - C. Ventrículo izquierdo
 - D. Aurícula derecha
- 5. Con respecto al proceso de la embriogénesis, indique cual de las siguientes oraciones es CORRECTA:**
 - A. El mesodermo es precursor del sistema digestivo.
 - B. A partir del hipoblasto se forma el revestimiento del saco vitelino.
 - C. Las células del epiblasto tapizan internamente el blastocele, originando el saco vitelino primitivo.
 - D. La gastrulación es un proceso en el cual se forman las tres hojas germinativas a partir de las células del hipoblasto del disco embrionario bilaminar.
- 6. Para que se cumpla el equilibrio de Hardy-Weiberg se deben dar una serie de condiciones en la población ideal con respecto al comportamiento de sus alelos. ¿Cuál de las siguientes condiciones es INCORRECTA?:**
 - A. No ocurren mutaciones que modifiquen el acervo genético de la población.
 - B. El apareamiento es al azar.
 - C. Ciertas combinaciones de alelos tienen más probabilidades de sobrevivir y reproducirse en la generación siguiente ya que se cumplen las leyes de la probabilidad.
 - D. No hay desplazamiento neto de individuos con sus genes hacia el interior de la población o hacia afuera de la población.
- 7. La posición "decúbito supino" significa:**
 - A. El cuerpo boca abajo.
 - B. El cuerpo lateral.
 - C. El cuerpo boca arriba.
 - D. El cuerpo de pie.

8. **Con respecto a las bases genéticas de la evolución, indique cuál de las siguientes oraciones es INCORRECTA:**
- A. El patrón de intercambio reproductivo en el cual cada individuo de un sexo se aparea con el del sexo opuesto al azar se conoce como panmixia.
 - B. El fenómeno de panmixia se cumple para todos los genes de los organismos que se reproducen sexualmente.
 - C. La diploidía es un factor que contribuye a preservar la variabilidad en los eucariotas.
 - D. La desventaja de los organismos que se reproducen sexualmente es que solo lo pueden hacer a la mitad de la velocidad que lo organismos que se reproducen asexualmente.
9. **En el procesamiento del RNA mensajero:**
- A. Se eliminan los exones y se empalman los intrones.
 - B. El CAP se añade en el extremo 3'.
 - C. La poliadenilación se produce en el extremo 5'.
 - D. Las snRNP forman parte de los splicesomas..
10. **La replicación del ADN requiere la acción coordinada de proteínas, ellas son:**
- A. Topoisomerasa-Helicasa-ADN Primasa-ADN polimerasa-Proteínas de unión a cadena doble- ADN ligasa-Poliadenilasa.
 - B. Topoisomerasa-Helicasa-ARN Primasa-ADN polimerasa-Proteínas de unión a cadena simple- ADN ligasa.
 - C. Topoisomerasa-Helicasa-ADN Primasa-ARN polimerasa-Proteínas de unión a cadena simple- ADN ligasa.
 - D. Topoisomerasa-Helicasa-ARN Primasa-ADN polimerasa-Proteínas de unión a cadena simple- ADN ligasa- Poliadenilasa.
11. **En la fase de elongación durante la síntesis proteica:**
- A. La formación del enlace peptídico está catalizada por la peptidil-transferasa.
 - B. El peptidil-tRNA se desplaza del lugar P (peptidil) al A (aminoacil).
 - C. La cadena polipeptídica en crecimiento se transfiere al grupo carboxilo del aminoacil-tRNA entrante.
 - D. Tras la formación del enlace peptídico, el tRNA descargado ocupa el lugar A (aminoacil).
12. **Si la secuencia de ARN es 5' - CCACGUAUCGAUCCC - 3', la cadena molde de ADN correspondiente es:**
- A. 3' - GGTGCATAGCTAGGG - 5'
 - B. 5' - CCACGTATCGATCCC - 3'
 - C. 3' - AAUGCAUAGCUAGGG - 5'
 - D. 5' - AATGCATAGCTAGGG - 3'
13. **En relación al daltonismo seleccione la opción CORRECTA:**
- A. Es una delección del cromosoma X.
 - B. Es una enfermedad autosómica recesiva.
 - C. Solo la pueden heredar los hijos varones.
 - D. Los padres no se la transmiten a sus hijos varones.
14. **El alimento ingresa al estomago por el:**
- A. Cardias.
 - B. Píloro
 - C. Duodeno
 - D. Colon

15. En relación a herencia y genética, marque la opción CORRECTA:

- A. Cuando se expresan ambos alelos en un individuo heterocigota estamos en presencia de dominancia incompleta.
- B. Los alelos que determinan los grupos sanguíneos son ejemplos de codominancia.
- C. El fenómeno de pleiotropía se presenta cuando varios genes afectan a una sola característica.
- D. La expresión de los genes es independiente de la acción del medio ambiente.

16. Con respecto al proceso de Segmentación, elija la opción CORRECTA:

- A. Se inicia una vez concluida la blastulación.
- B. Es un proceso que comienza una vez implantado el cigoto.
- C. Consiste en divisiones meióticas repetidas del cigoto que conducen a un rápido aumento en el número de células embrionarias.
- D. Ocurre en las trompas de Falopio.

17. En base al siguiente enunciado elija la respuesta CORRECTA: La acondroplasia es una forma de enanismo que se hereda como rasgo monogénico, con un patrón de herencia autosómica dominante. Dos personas con acondroplasia se casan y tienen un hijo normal y otro con acondroplasia.

- A. Los genotipos de los padres serán Aa x aa.
- B. El genotipo del hijo enfermo será aa.
- C. Los genotipos de los padres serán Aa x Aa.
- D. El genotipo del hijo sano será Aa.

18. Que tienen en común dos individuos de la misma especie? Seleccione la opción CORRECTA:

- A. El fenotipo
- B. El genotipo
- C. El cariotipo
- D. El fenotipo y el cariotipo

19. Un carácter está determinado por un par de alelos que se heredan en forma mendeliana. Si en el 50% de la descendencia de dos individuos que se cruzan, se manifiesta el alelo dominante para ese carácter, ¿cuál es el genotipo de los progenitores?:

- A. Uno heterocigota y el otro homocigota dominante.
- B. Uno heterocigota y el otro homocigota recesivo.
- C. Ambos heterocigotas.
- D. Ambos homocigotas dominantes.

20. Una célula madre del macizo celular interno se puede desarrollar en:

- A. Un embrión completo y los anexos extraembrionarios.
- B. Cualquier tejido embrionario.
- C. Sólo los tejidos embrionarios derivados del hipoblasto.
- D. Sólo los tejidos embrionarios derivados del mesodermo.

21. ¿Cómo se denomina la extremidad de un hueso largo?:

- A. Metáfisis
- B. Diáfisis
- C. Epífisis
- D. Sínfisis

22. El corazón y los riñones se originan a partir de:

- A. Ectodermo
- B. Endodermo
- C. Ectodermo
- D. Trofoblasto

"2018, Año del Centenario de la Reforma Universitaria".

23. Las siguientes afirmaciones se refieren al origen y preservación de la variabilidad genética.

Seleccione la opción CORRECTA:

- A. Mediante la exogamia se produce descendencia homogénea.
- B. Las mutaciones son cambios programados del genotipo.
- C. Un organismo haploide presenta mayor variabilidad que un diploide.
- D. El proceso de reducción de la frecuencia de un alelo recesivo es lento.

24. Según las clasificaciones estudiadas un ser humano y un perro:

- A. Pertenecen a la misma familia.
- B. Pertenecen al mismo dominio pero distinto reino.
- C. Poseen igual género pero son distintas especies.
- D. Pertenecen al mismo dominio y mismo reino.

25. Si en una especie el número de cromosomas es $2n=16$, esto significa que:

- A. La especie es diploide con 33 cromosomas.
- B. La especie tiene 16 juegos de cromosomas.
- C. La especie tiene 8 pares de homólogos.
- D. Una gameta de esta especie tiene 4 cromosomas.



CURSO INGRESO FCM UNSE 2018

MODULO DE BIOLOGIA-SEGUNDO PARCIAL-

APELLIDO/S y NOMBRE/S:.....

DNI:.....COMISIÓN:..... FECHA:.....FIRMA:.....

PREGUNTA	RESPUESTAS				Observaciones
	Opción A	Opción B	Opción C	Opción D	
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
25	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	