

4

CAPÍTULO

Formas básicas de organización de la materia viva

Existen distintas formas de organización de la materia viva: los **virus**, los **organismos unicelulares** y los pluricelulares. La unidad básica estructural y funcional de los organismos vivos es la célula. Las células pueden ser eucariotas o procariotas.

Los organismos **unicelulares** pueden ser procariontes o eucariontes. Los pluricelulares están constituidos sólo por células de tipo eucariota y se organizan formando tejidos, órganos y sistemas. El **funcionamiento** armónico en estos organismos se garantiza mediante variados y complejos mecanismos de comunicación **intercelular**.

En este capítulo se tratarán, de manera sucinta, las formas básicas de organización de la materia viva, haciendo especial **hincapié** en la célula eucariota; además, se revisarán, de forma general, las características esenciales de los organismos **pluricelulares**.

Célula procariota

La célula procariota es más **simple** y primitiva que la eucariota, presenta pobre diferenciación. Este tipo de **célula** mide entre 1 y 10 μm , es **típica** de bacterias y algunas algas. La célula procariota más estudiada ha sido la bacteria *Escherichia coli* y debe señalarse que una parte considerable del conocimiento alcanzado en el campo de la biología celular y **molecular** está muy ligado a este organismo (Fig. 4.1).

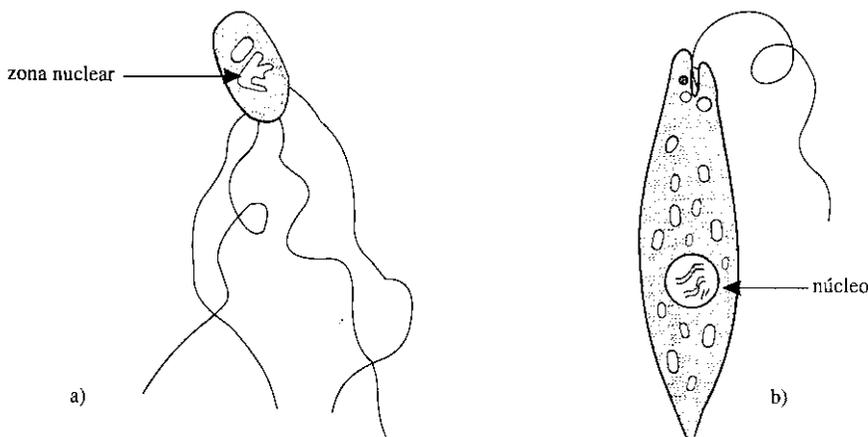


Fig. 4.1. Representación esquemática de una célula procariota tipo y una eucariota. a) La célula **procariota** carece de núcleo y de **compartimentación**. b) La célula eucariota es más diferenciada, posee núcleo y **organelos citoplasmáticos** que implican su **compartimentación**.

Las células procariotas presentan **membrana plasmática** que las individualizan y separan del **medio**, carecen de **núcleos**, aunque sí poseen una zona nuclear **donde** se encuentra el material **genético** contenido en una molécula de ADN circular. Estas **células** no presentan **organelos citoplasmáticos**; las enzimas respiratorias y las de fotosíntesis se encuentran asociadas a la **membrana plasmática** (Fig. 4.2).

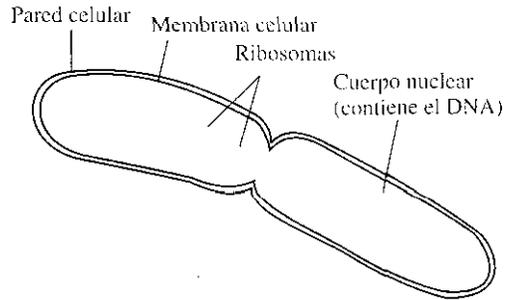


Fig. 4.2. Microfotografía de células de *E. coli*. Se constata la zona nuclear poco densa y los numerosos ribosomas aparecen como gránulos densos. Las células se encuentran en fase terminal de la mitosis.

Célula eucariota

Las células eucariotas, características de los **organismos pluricelulares**, miden entre **10 y 100 μ m** presentan un elevado grado de diferenciación **subcelular**; además de la **membrana plasmática** que **desempeña** funciones similares a las **procariotas**, poseen un **sistema de endomembranas** que condiciona **compartimientos** celulares. La envoltura nuclear **permite** la **delimitación** del núcleo, en su interior se encuentra el material genético más abundante y presenta un **mayor** grado de organización que en la **célula procariota**.

En el **citoplasma** se localizan los **organelos** que se relacionan con **funciones específicas** de la célula: **retículo endoplasmático rugoso y liso**, **aparato de Golgi**, **mitocondrias**, **lisosomas** y **peroxisomas**. Las **inclusiones citoplasmáticas** están **muy relacionadas** con el **cúmulo** de sustancias como los **gránulos de glucógeno** y **gotículas de grasa**, así como con las estructuras **integrantes** del **citoesqueleto** (Figs. 4.1 y 4.3).

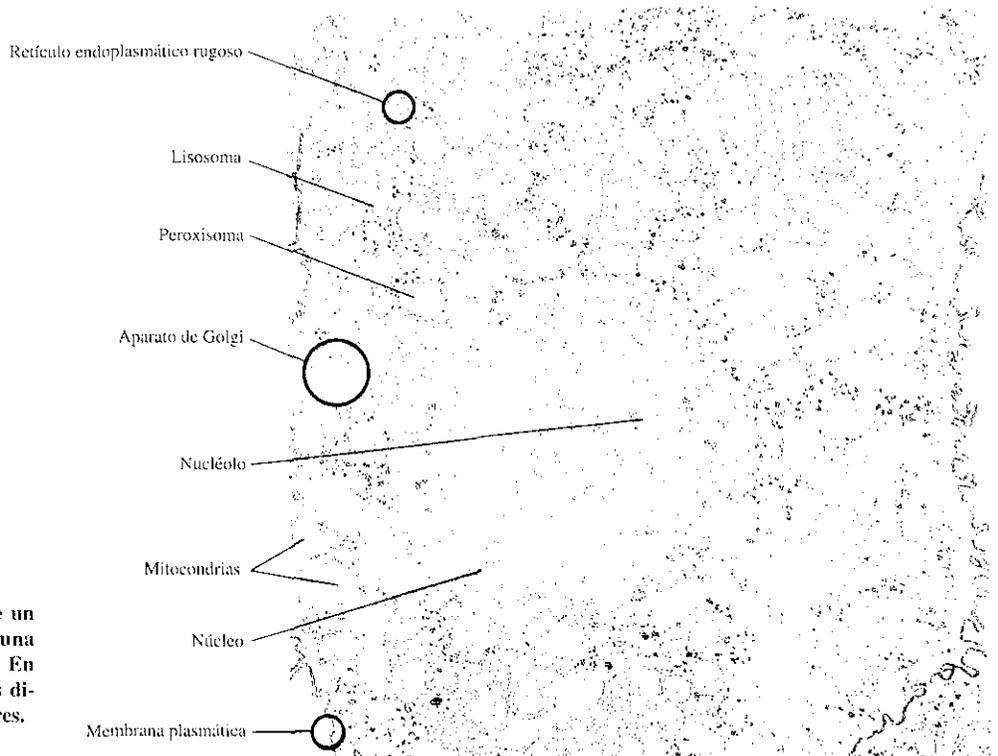


Fig. 4.3. Microfotografía electrónica de un hepatocito como ejemplo de una célula eucariota diferenciada. En la foto aparecen señaladas las diferentes estructuras subcelulares.

Virus

Los virus constituyen una forma de existencia de la materia viva; son partículas de tamaño variable formadas por un ácido nucleico, que puede ser ácido desoxirribonucleico o ribonucleico rodeado por proteínas. El ácido nucleico posee el material genético de esta partícula, la que sólo puede multiplicarse cuando infecta previamente una célula (célula hospedera), ya que carece de la maquinaria de síntesis de sus propias proteínas (Figs. 4.4 y 4.5).

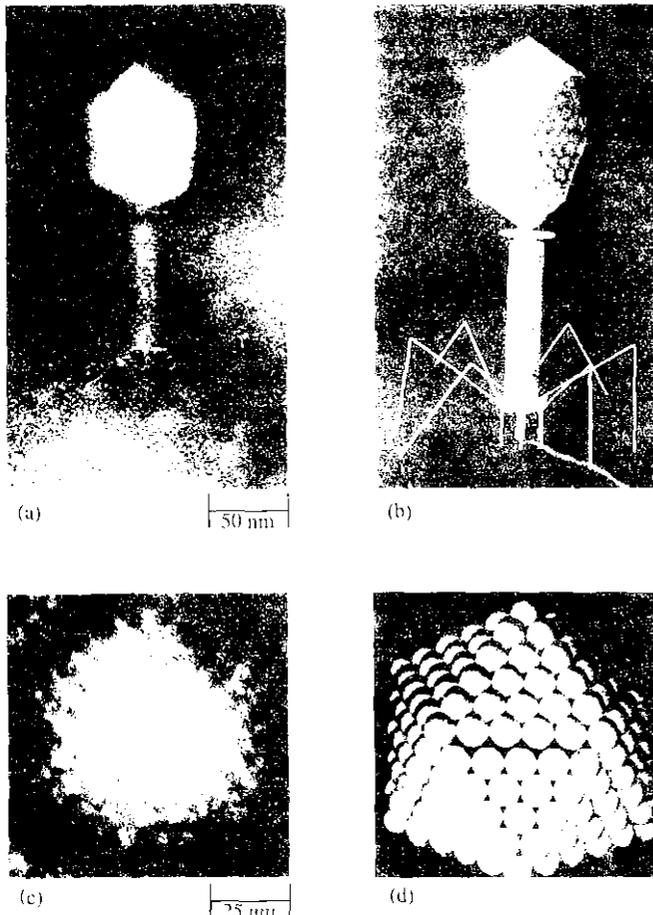


Fig. 4.4. Organización molecular básica del virus del mosaico del tabaco. Al centro, la molécula de ARN (en rojo), de una sola cadena y rodeada de una estructura helicoidal formada por las subunidades proteínicas.

Fig. 4.5. Estructura de los virus. a) Microfotografía del bacteriófago T_2 . b) Modelo estructural del propio fago T_2 . c) Microfotografía electrónica de un tipo de adenovirus. d) Modelo confeccionado con bolas de la estructura de un adenovirus. (Tomado de Principes de Biochimie, Lehninger)

Cuando los virus penetran en la célula, las proteínas de la cubierta son degradadas (*uncoating*) y queda el material genético expuesto, entonces se multiplica el virus dentro de la célula hospedera. Otras veces, como es el caso de los virus que infectan a bacterias (bacteriófagos), la infección celular se produce con la incorporación del genoma viral (Fig. 4.6).

Muchos virus son capaces de producir enfermedades en los seres vivos; debe señalarse que se les reconoce, también, un papel importante en el proceso evolutivo.

Protoplasma

La sustancia de la cual están formadas todas las células se conoce como protoplasma. El protoplasma es un sistema coloidal formado por los componentes del metabolismo y el material genético celular, está muy altamente organizado tanto estructural como funcionalmente.

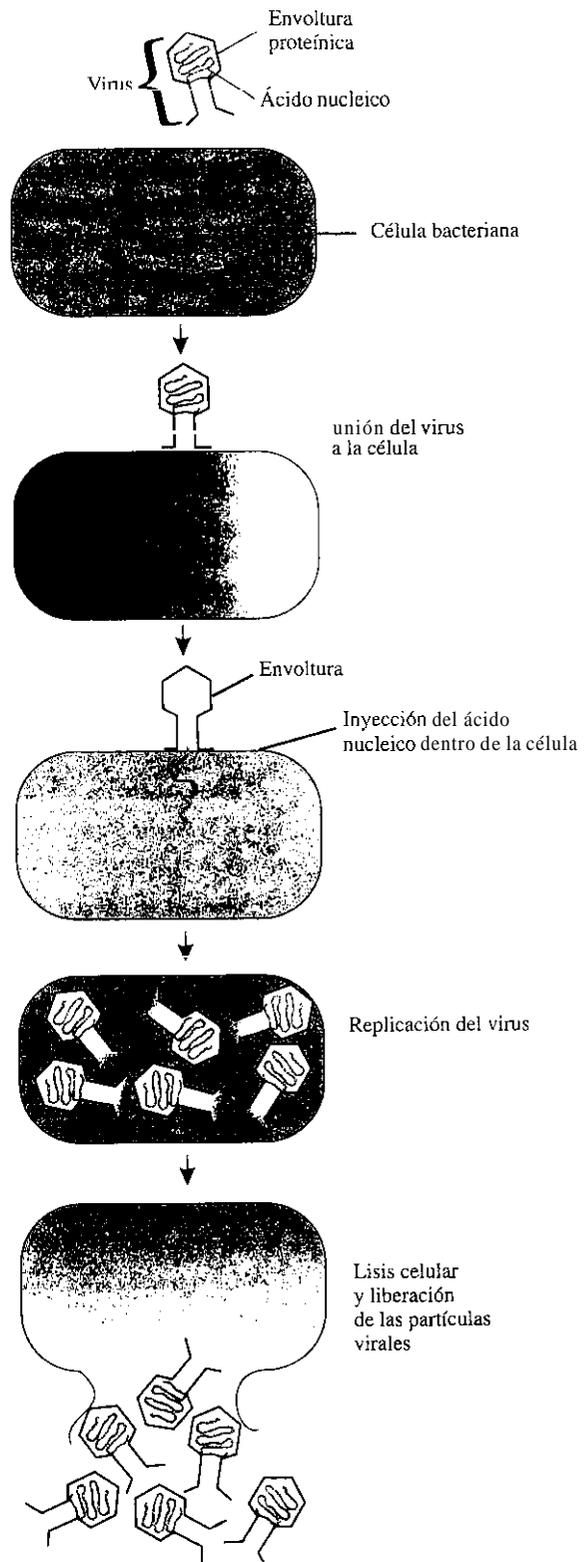


Fig. 4.6. Etapas de la replicación de un bacteriófago en su célula hospedera.

Funciones del protoplasma

Las funciones del protoplasma son: irritabilidad, asimilación y desasimilación, así como crecimiento y desarrollo. Se tratará cada una de éstas por separado y sus diferentes variantes de manifestación según el tipo de célula.

Irritabilidad. Es la capacidad de responder a un estímulo; es una propiedad **universal** característica de la materia viva, que desaparece con la muerte. La irritabilidad se presenta en forma especializada, **excitabilidad**, en determinados tejidos conocidos como tejidos excitables. Esta propiedad comprende la detección del estímulo y la respuesta desencadenada. **Dicha** respuesta depende del tipo de tejido y puede manifestarse como:

1. Conductibilidad. Propiedad del protoplasma de transmitir una señal a **un sitio** más o menos lejano de la célula. Se presenta **en el** tejido nervioso.
2. Contractilidad. Propiedad del protoplasma de cambiar de forma y tamaño (acortamiento) en respuesta a un estímulo; respuesta típica del tejido muscular.
3. Secreción. Capacidad de responder a cambios en el medio con la liberación de sustancias útiles, productos de la síntesis de la célula; característico de las células glandulares.

Asimilación y desasimilación. Es también una propiedad universal del protoplasma y está muy relacionada con la **esencia** de la vida, que implica el intercambio constante de sustancia y energía con el medio. Existen 3 formas principales de manifestación de estas propiedades:

1. Absorción. **Incorporación de materias** diversas a través **de la** membrana plasmática. Este paso requiere habitualmente de determinadas estructuras especializadas, receptores o transportadores o procesos de endocitosis (u otros).
2. Excreción. Eliminación de sustancias de desecho a través de exocitosis.
3. Biotransducción. Captación y cambio de un tipo de energía en otro directamente utilizable. Existen varios tipos de mecanismos biotransductores como la fotosíntesis y la respiración celular. La respiración celular es el mecanismo de **biotransducción** fundamental de los organismos **aerobios**.

Crecimiento y reproducción. El crecimiento es el incremento de la cantidad de protoplasma, y la reproducción es el aumento de la cantidad de células. Al crecer la masa de protoplasma por encima de determinado límite se produce **la división celular**.

Organización de una célula eucariota tipo

El protoplasma que forma la célula eucariota está dividido por la envoltura nuclear; aquel que se localiza entre la envoltura nuclear y la **plasmática**, se conoce como citoplasma. El material genético de la **célula** se encuentra en el núcleo. En el citoplasma se hallan los organelos y las inclusiones citoplasmáticas.

Los organelos son unidades estructurales muy organizadas, relacionadas con funciones específicas de la célula. Como regla, son estructuras membranosas de tamaño y cantidad variables de acuerdo con el tipo de **célula**, o incluso su estado funcional, y presentan una localización característica dentro del protoplasma. La presencia de los organelos implica la compartimentación celular.

En los organismos pluricelulares cada célula difiere de una célula a otra por la diferenciación celular y la especialización funcional, de manera que la célula tipo es una abstracción con fines didácticos.

La célula eucariota tipo posee la membrana plasmática, que está formada por **lípidos**, proteínas y algunos glúcidos con un elevado grado de organización estructural; además presenta múltiples diferenciaciones como pueden ser microvellosidades, **plegamientos**, desmosomas, y otras. Esta membrana limita a la célula del medio y permite el paso selectivo de sustancias. Está relacionada con las funciones de irritabilidad, asimilación y desasimilación.

La envoltura nuclear (de doble membrana) delimita al núcleo del citoplasma, presenta poros que comunican el nucleoplasma con el hialoplasma. Dentro del núcleo se encuentra la cromatina (material genético formado por ADN y proteínas), la cual se condensa y forma los cromosomas en el momento de la división celular, también es frecuente observar uno o más nucléolos, los que están relacionados con la formación de las partículas ribosomales. El núcleo está ligado con la función de reproducción.

El retículo endoplasmático es una red continua e irregular, de canales limitados por membranas, estructuras tubulares ramificadas y sacos aplanados y paralelos, las cisternas. El retículo endoplasmático rugoso tiene asociado numerosos ribosomas (partículas formadas por ARNr y proteínas) y está involucrado en la síntesis de proteínas de secreción y de membranas. El retículo endoplasmático liso no contiene ribosomas, son túbulos intercomunicados, sin cisternas; está relacionado con la síntesis de sustancias lipídicas y reacciones de glicosilación. Los ribosomas libres sintetizan las proteínas propias de la célula. El retículo y los ribosomas están relacionados con la función de secreción.

A continuación del retículo endoplasmático rugoso y liso, entre estos y la membrana plasmática se halla el aparato de Golgi, también relacionado con la función de secreción, está formado por cisternas aplanadas, limitadas por membranas que forman los dictiosomas, los cuales se presentan en número variable. Esta estructura tiene la función de colectar y concentrar los productos formados en el retículo endoplasmático, en este sitio experimentan algunas transformaciones y se distribuyen en el interior de la célula o vierten su contenido al exterior por exocitosis.

Los lisosomas son corpúsculos membranosos que contienen un conjunto de enzimas hidrolíticas capaces de degradar múltiples compuestos. Los lisosomas primarios son aquellos acabados de formar en el aparato de Golgi; los secundarios, son los que ya se han unido a las vacuolas y se encuentran en proceso digestivo. Las vacuolas digestivas formadas pueden ser heterófagas, cuando el material que se encuentra degradándose es ajeno a la célula, y autófagas si aquél es de la propia célula. La función de los lisosomas está relacionada con la asimilación y desasimilación.

Los organelos, donde se lleva a cabo la respiración celular, son las mitocondrias. Estas son estructuras membranosas en forma de sacos, de tamaño y cantidad variables según el tejido; poseen una doble membrana interna y externa, y entre ellas se encuentra el espacio intermembranoso. La membrana interna se repliega hacia el interior y forma las crestas, que delimitan la matriz.

El citoesqueleto tiene función de sostén y está conformado por una red de microfilamentos y microtúbulos, que atraviesa el citoplasma. Los microfilamentos son estructuras alargadas, presentes en número variable y localizados por debajo de la membrana plasmática, intervienen en la locomoción y la endocitosis, y están ligados a la contractilidad. Los microtúbulos son tubos rectos o algo curvos, numerosos en las células en división, que forman el aparato mitótico; están relacionados con la función de reproducción.

Los centriolos son estructuras en forma de varillas, constituidos por microtúbulos con disposición especial y localizados cerca del núcleo celular: éstos son 2 y se hallan dispuestos de forma perpendicular entre sí: tienen función en la reproducción, específicamente en la organización del aparato mitótico.

Con frecuencia en el citoplasma se presentan cúmulos de sustancia que suelen tener carácter transitorio. Éstas son las inclusiones citoplasmáticas; son materiales extraños no digeribles o de depósito, entre estos últimos tenemos los gránulos de glucógeno y las gotículas de grasa; en ambos casos constituyen formas de almacenamiento de energía.

Organismos pluricelulares

En un organismo unicelular, la célula constituyente debe ser capaz de efectuar todas sus funciones inherentes; sin embargo, en un organismo pluricelular las diversas

células que lo integran se diferencian y cumplen **distintas** funciones. Las células que se especializan en la **secreción** de proteínas presentan un **retículo endoplasmático rugoso** muy desarrollado; las células de la **mucosa** intestinal presentan proyecciones que **forman** las **microvellosidades**, que les **permite aumentar mucho** la superficie de contacto con el medio, aspecto fundamental en su **función**, en la **digestión** y absorción de **nutrientes**.

En los organismos **pluricelulares**, las células semejantes, las que **han** experimentado la **misma** diferenciación y especialización se **agregan** y **forman** los **tejidos**, por **ejemplo**: las células musculares, las nerviosas, de la **mucosa intestinal**, etcétera. Diferentes tejidos se **asocian** y forman los **órganos**; el **hígado** está forniado por **hepatocitos**, vasos, nervios y **tejido** conectivo. **A** su vez, diferentes **órganos conforman** los aparatos y sistemas, **como** es el caso del aparato digestivo **formado** por la boca, el esófago, el estómago y los intestinos. Todo ello permite al organismo una actividad **más** eficiente y con superiores **condiciones** de **adaptación** al medio. Se **denomina diferenciación** a los **cambios** en la organización estructural que experimentan las células de diferentes tejidos de los organismos pluricelulares. A los **cambios** funcionales asociados a **aquéllos** se les reconoce conio **especialización**. De **manera** que ambos procesos, diferenciación-especialización constituyen un par **indisolublemente** ligado.

El proceso de **diferenciación** está programado de **forma genética** y constituye un aspecto poco conocido desde el punto de vista **molecular**. Sin embargo, se tienen algunas evidencias a partir de estudios realizados durante eventos, que pueden **considerarse** como **una diferenciación** primitiva en ciertos **organismos** simples. **Un ejemplo** lo constituyen las **micobacterias**, **procariotas** con **comportamiento "social"**. En la figura 4.7 se puede **observar** un **esquema** representativo del **ciclo** de vida de este microorganismo; en él se puede apreciar **cómo** la **deprivación** de **nutrientes** provoca la **agregación** de las células, las cuales experimentan una **diferenciación** y **forman** un **organismo pluricelular rudimentario**. Los estudios realizados en **mutantes**, que **han** perdido la facultad de formar ese **organismo pluricelular**, revelan que **las células** se **agregan** en **respuesta**, por lo menos, a 4 sustancias secretadas por las propias células **como** señales.

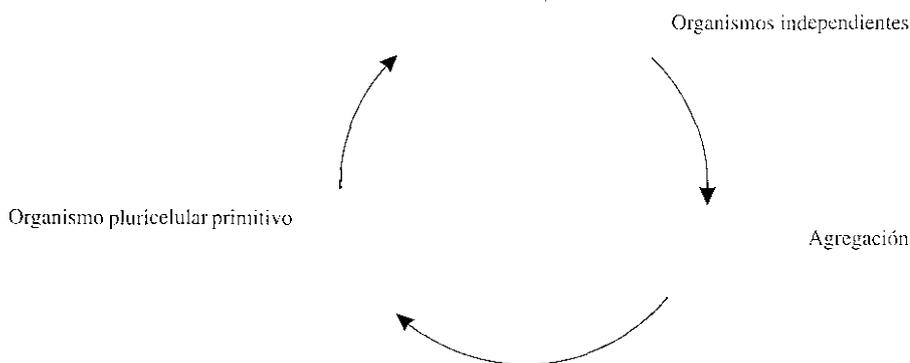


Fig.-17. Ciclo de vida de las micobacterias. La agregación celular se produce por la deprivación de nutrientes en el medio de cultivo, y se forma un organismo pluricelular primitivo,...

La formación de la estructura **pluricelular** **ha sido mejor comprendida** por el estudio de estos eventos en otro **organismo**, el *Dictyostelium discoideum*, **eucarionte** con **genoma** **hastantesencillo**, apenas algo mayor **que** el de la **micobacteria** antes tratada y **unas 100 veces** menor **que** el de los seres **humanos**.

Estos organismos viven conio células independientes y, cuando la fuente de **nutrientes** se agota, **dejan** de dividirse y empiezan a **agregarse** en un punto central (**centro** de agregación), se adhieren unas con otras por medio de moléculas específicas de su superficie para formar **una** estructura **más compleja**.

Esta **agregación** parece estar **directamente** relacionada con la **liberación** de **AMPc** por las células, en respuesta a la falta de **nutrientes** del medio. Se **observa también** la activación de numerosos genes, lo que induce la **formación** de nuevas **moléculas** con

las que intervienen en la adhesión celular; como resultado, estos organismos se empiezan a reunir en un centro y se produce una **condensación** radial de éstos hasta formar el cuerpo **multicelular** (Fig. 4.8).

La especialización y diferenciación hística de los organismos **pluricelulares** determinan mayor eficiencia funcional. La existencia de complejos mecanismos de regulación permite el funcionamiento integral y armónico de tales organismos.

Podemos resumir que los **organismos pluricelulares** se caracterizan por:

1. La existencia de diferenciación y especialización celulares que están programadas genéticamente.
2. Las funciones del organismo se encuentran repartidas entre tejidos distintos, lo que semeja una "división del **trabajo**".
3. Las células del mismo **tipo se agregan** y forman tejidos. Distintos tejidos **se asocian** y forman órganos, los que a su vez se agrupan y constituyen los aparatos y sistemas.
4. Las **células** de estos organismos están intercomunicadas mediante diversos y eficientes mecanismos de regulación lo que permite su **funcionamiento** en forma coordinada y armónica.
5. Estos aspectos provocan que los organismos **multicelulares** sean más eficientes.

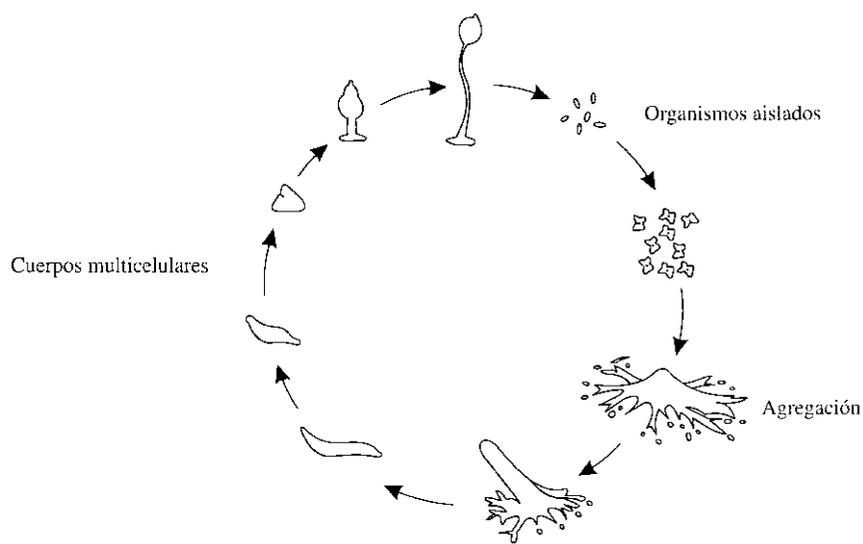


Fig. 1.8. Formación de cuerpos multicelulares en el *Dictyostelium discoideum*. La agregación celular, en este caso, parece estar relacionada con la liberación al medio de AMPc por las propias células.

Debe enfatizarse que la división de estas células no produce la duplicación del individuo, sino sólo la renovación de sus tejidos. En algunos tejidos las **células** uo se dividen. La reproducción se lleva a cabo con la participación de órganos y células especializadas.

Unión intercelular

Como ya se ha señalado, los tejidos son **conjuntos** de células estructural y **funcionalmente semejantes**; estas células se adhieren o unen de formas diversas. La **unión intercelular** está presente en la mayoría de los tejidos, como nervioso, muscular, adiposo, etcétera, aunque en algunos esta unión no existe, tal es el caso de la sangre.

Los mecanismos de unión de las células son básicamente de 2 tipos: los que favorecen la unión mecánica **entre células** y los que favorecen la comunicación por contigüidad. Entre los del primer tipo tenemos los desmosomas, la unión

intermedia y la **unión estrecha**, y entre los segundos **tenemos** las uniones en hendidura o **nexus** (**Fig. 4.9**):

1. **Desmosomas**. Constituyen zonas de adherencia entre células **epiteliales** que tienen una función **mecánica**; hacia ellos convergen filamentos.
2. Uniones intermedias. Son uniones similares a los **desmosomas** pero carecen de filamentos.
3. Uniones estrechas. Las células al formar este tipo de uniones se fusionan de manera que no existe espacio **intercelular**.
4. Uniones en hendidura o **nexus**. Intervienen en las **comunicaciones** intercelulares por contigüidad; existen canales de unión, a través de los cuales pueden pasar iones o moléculas pequeñas.

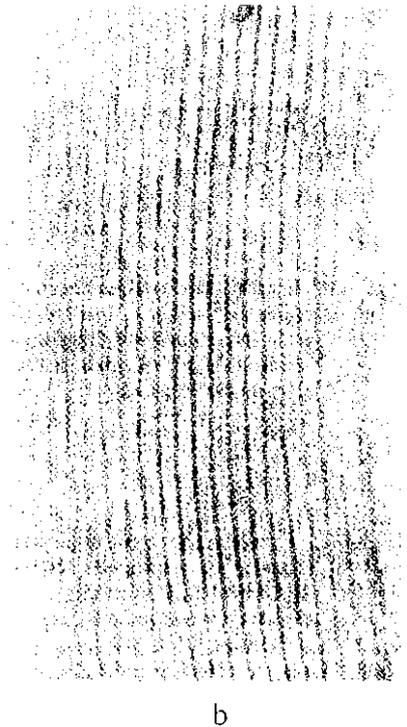
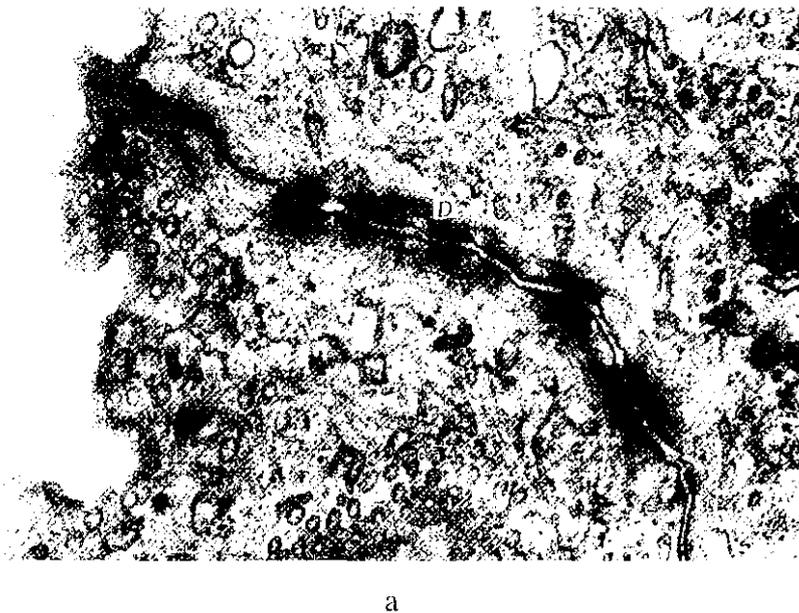


Fig. 4.9. Representación esquemática de algunos tipos de uniones intercelulares. a) Desmosomas sencillas entre 2 células epiteliales. b) Unión estrecha de las membranas superpuestas que forman la mielina.

Comunicación celular

La **comunicación** entre las células de los **organismos pluricelulares** es un requisito para el funcionamiento de éstos. Los sistemas de comunicación permiten el control del **crecimiento**, desarrollo y **reproducción** de ellos y hacen posible que funcionen armónicamente mediante la regulación y coordinación de las diversas actividades del organismo.

La comunicación **intercelular** se puede ejercer de forma local o a distancia. La comunicación se produce mediante una señal, que no es más que cualquier cambio en la **concentración de determinada** sustancia en el medio. La **comunicación** celular se produce a través de compuestos **químicos**, los que pueden ser de 3 tipos:

1. Mediadores químicos locales, por contigüidad. Estos sólo **actúan** en células contiguas y son rápidamente incorporados y degradados por ellas (**Fig. 4.10**).
2. Neurotransmisores, mediadores locales. Las células nerviosas se comunican con sus **células "diana"** en puntos de uniones específicas (las sinapsis), a través de los

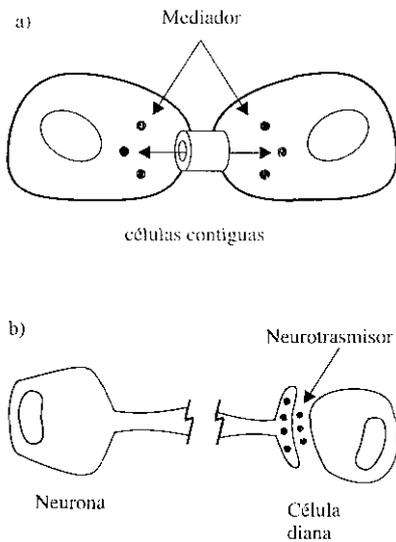


Fig. 4.10. Representación esquemática del modo de acción de mediadores químicos. a) Por contigüidad a través de nexos. b) Neurotransmisores, mediadores locales.

mediadores químicos llamados neurotransmisores los cuales actúan sólo en la célula adyacente (Fig. 4.10).

3. Hormonas. Son sustancias de naturaleza química variada, secretadas por las células de tejidos especializados, y reconocidas por células "diana" (*target cells*). Estas células poseen los receptores específicos capaces de interactuar con las hormonas y formar el complejo hormona-receptor, lo que provoca una respuesta, la cual estará en concordancia con la especialización de la célula "diana" (Fig. 4.11).

Las señales químicas de hormonas y neurotransmisores constituyen una forma muy especializada de comunicación intercelular y son producidas por células endocrinas y nerviosas, respectivamente. Es conveniente aclarar que además de estas señales específicas, existen las universales que pueden ser reconocidas por todos los tejidos, como es el caso de un cambio en la concentración de glucosa. Un aspecto importante de la comunicación intercelular es el hecho de que las células pueden responder de forma distinta ante el mismo estímulo, ya que la respuesta es especializada. Ante la misma señal, por ejemplo, acetil colina, la respuesta de las células nerviosas es la transmisión de un impulso nervioso, la célula muscular se contrae y las glándulas salivales secretan saliva.

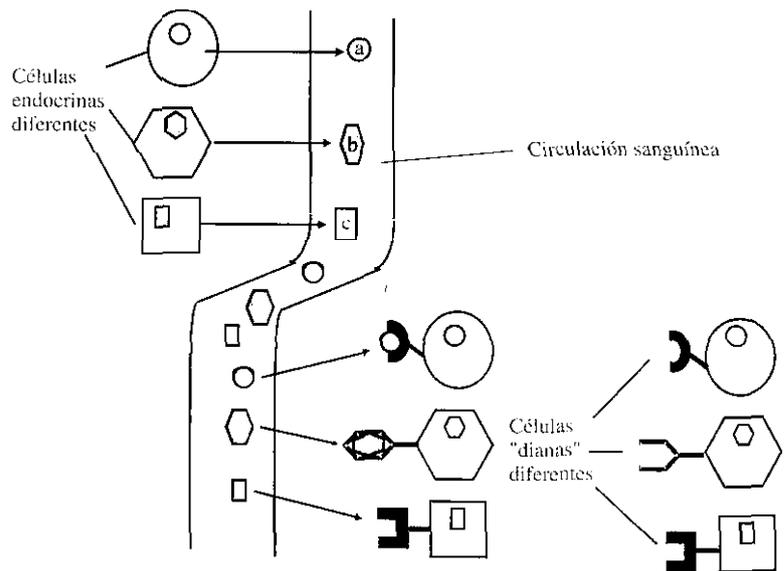


Fig. 4.11. Se presenta, de forma esquemática, las etapas principales del ciclo de acción de 3 hormonas, que constituyen mediadores químicos a distancia. Las hormonas a, b y c son secretadas por las glándulas endocrinas respectivas, y transportadas en la sangre alcanzan sus tejidos "diana". Se puede apreciar cómo la célula "diana" reconoce específicamente a cada hormona mediante estructuras especializadas que interactúan con ellas (los receptores); cada receptor reconoce y se une a una hormona específica.

Resumen

La materia viva se organiza básicamente en forma de virus, organismos unicelulares y organismos pluricelulares. Estos 2 últimos presentan como unidad estructural y funcional a la célula. Las células están constituidas por el protoplasma, formado por los componentes químicos del metabolismo y la herencia, presentan las funciones universales típicas de los organismos vivos, como son: la irritación, la asimilación y desasimilación, y el crecimiento y la reproducción, las cuales pueden adoptar características determinadas por la especialización celular.

Las células pueden ser procariotas o eucariotas. Estas últimas son muy desarrolladas y compartimentadas; presentan el material genético en el núcleo celular, separado del citoplasma por la envoltura nuclear y, además, variados organelos citoplasmáticos, cada uno relacionado con una función específica de tales células.

Los organismos pluricelulares **están** formados por células **eucariotas** diferenciadas y especializadas, que se asocian para formar tejidos, órganos, aparatos y sistemas. La diferenciación y especialización toman más eficientes a los organismos pluricelulares.

La comunicación **intercelular permite** que los organismos **multicelulares** funcionen coordinada y **armónicamente**. Esta comunicación puede ser **local** o a distancia y se produce mediante mediadores químicos universales o **específicos**.

Las señales químicas que establecen la comunicación entre células distintas son de 3 tipos: mediadores químicos por contigüidad, **locales (neurotransmisores)** y a distancia (hormonas).

Ejercicios

1. Represente **esquemáticamente** una célula procariota y una eucariota y establezca una comparación **entre ellas**.
2. **Describa**, mediante un esquema, el ciclo de replicación de un fago.
3. **Elabore** una **tabla** en que se relacionen los **diferentes** organelos **subcelulares** con las funciones del protoplasma.
4. Dibuje una **célula** eucariota tipo e indique todas sus partes, **así como** las funciones con la que se relaciona **cada** una de sus partes.
5. Establezca una relación entre **diferenciación y especialización** y **ejemplifique** con tejidos diversos.
6. Defina el concepto de señal **metabólica**.
7. Defina el concepto de mediadores químicos.
8. Explique los distintos mecanismos de comunicación **intercelular** en los organismos pluricelulares y diga la significación biológica de estos.
9. **¿Cómo** usted explica **que** ante una misma señal química se produzcan respuestas distintas en diferentes tejidos?