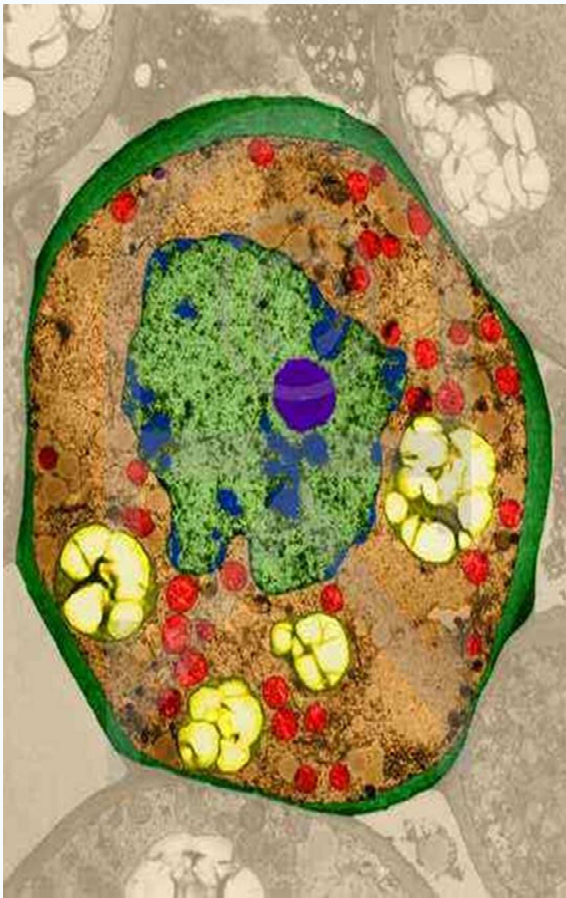


# 8

## Teoría celular



### 1. EL MICROSCOPIO NOS DESCUBREN EL MUNDO CELULAR

Desarrollo histórico de la teoría celular  
Los principios de la teoría celular

### 2. ¿CÓMO SE ESTUDIAN LAS CÉLULAS?

Hay microscopios ópticos y electrónicos  
Otras técnicas instrumentales

### 3. LAS CÉLULAS SON LAS UNIDADES BÁSICAS DE VIDA

Hay dos modelos diferentes de células

### 4. LOS EUCARIOTAS SURGEN POR ENDOSIMBIOSIS

Ventajas de vivir en endosimbiosis  
Pruebas a favor de la teoría endosimbiótica

### 5. COMPARANDO PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

## DÓNDE BUSCAR INFORMACIÓN



### **Bibliografía y páginas web**

- Bolinsky D.  
[https://www.ted.com/talks/david\\_bolinsky\\_animates\\_a\\_cell?language=es](https://www.ted.com/talks/david_bolinsky_animates_a_cell?language=es)
- Cajal vida y obra  
[http://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal\\_recueros/introduccion\\_01.htm](http://cvc.cervantes.es/ciencia/cajal/cajal_recueros/introduccion_01.htm)
- Cajal en TVE  
<http://www.rtve.es/alacarta/videos/ramon-y-cajal-historia-de-una-voluntad/ramon-cajal-historia-voluntad-capitulo-1/1508236/>
- Células eucariotas sin mitocondrias  
<http://francis.naukas.com/2016/05/13/36010/>
- Microscopia  
<http://naukas.com/2010/07/07/los-5-videos-mas-amazings-que-un-microscopio-filmo-nunca/>
- Narváez Armas, DJ. La microscopía: herramienta para estudiar células y tejidos  
[http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo3\\_4.htm](http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo3_4.htm)
- Redes. Entrevista a Lyn Margulis  
<http://www.youtube.com/watch?v=O5AedIN0B0E>
- Schnek, A. y Massarini, A. 2008. Curtis. Biología. 7ª ed. México: Médica Panamericana.  
<http://www.curtisbiologia.com/p1855>
- Técnicas histológicas  
<http://webs.uvigo.es/mmegias/6-tecnicas/1-introduccion.php>
- Teoría celular  
<http://naukas.com/2012/06/05/la-loca-historia-de-la-teoria-celular/>
- Virchow R. . Famous Scientists. famousscientists.org. 15 Oct. 2015. Web. 6/6/2016  
<<http://www.famousscientists.org/rudolf-virchow/>



### **Noticias curiosas**

## OBJETIVOS

1. Relacionar el desarrollo de la teoría celular con el desarrollo tecnológico
2. Conocer los principales autores de la teoría celular
3. Diferenciar los principales tipos de microscopios y conocer las principales técnicas de estudio de las estructuras celulares
4. Explicar los postulados básicos de la teoría celular
5. Describir los dos modelos de organización celular.
6. Entender la relación evolutiva existente entre células procariotas y eucariotas
7. Explicar en detalle el proceso de endosimbiosis
8. Enumerar las diferencias más significativas entre células procariotas y eucariotas

## CONCEPTOS CLAVE

*aerobia, 13*  
*anaerobia, 13*  
*Anstromg, 11*  
*(microscopio) de barrido, 9*  
*célula, 5*  
*(microscopio) de contraste de fases, 9*  
*cromatografía, 10*  
*electroforesis, 10*  
*endosimbionte, 13*  
*eucariota, 12*  
*fijación, 10*  
*(microscopio) de fluorescencia, 9*  
*Hooke, 5*  
*inclusión, 10*  
*Leeuwenhoek, 5*  
*Margulis, 13*  
*micra, 11*

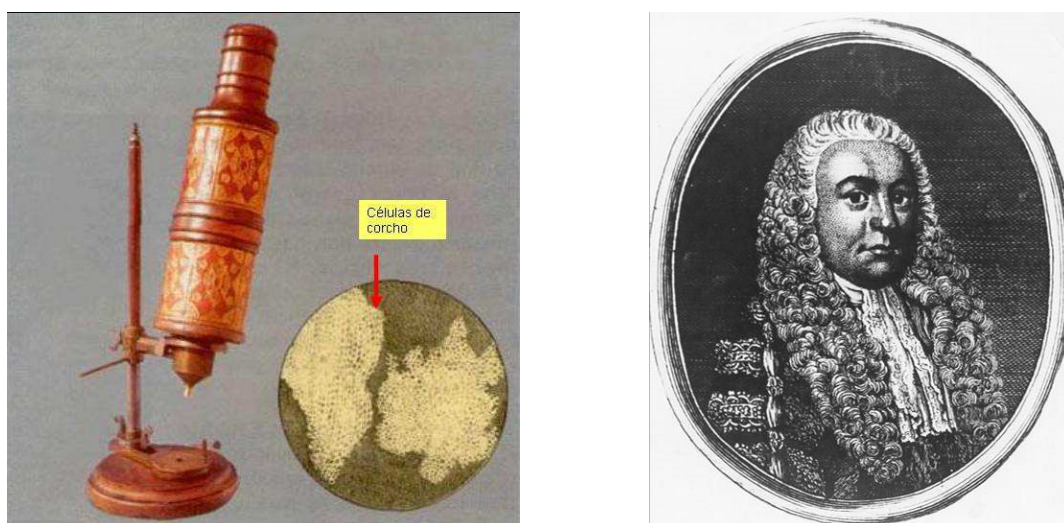
*microscopio, 8*  
*nanómetro, 11*  
*objetivo, 8*  
*ocular, 8*  
*óptico, 8*  
*procariota, 12*  
*Ramón y Cajal, 7*  
*resolución, 8*  
*Schleiden, 6*  
*Schwann, 6*  
*Svedberg, 10*  
*teoría celular, 5*  
*teoría neuronal, 7*  
*tinción, 10*  
*(microscopio) de transmisión, 9*  
*ultracentrífuga, 10*  
*Virchow, 2, 6*

## 8.1 EL MICROSCOPIO NOS DESCUBRE EL MUNDO CELULAR

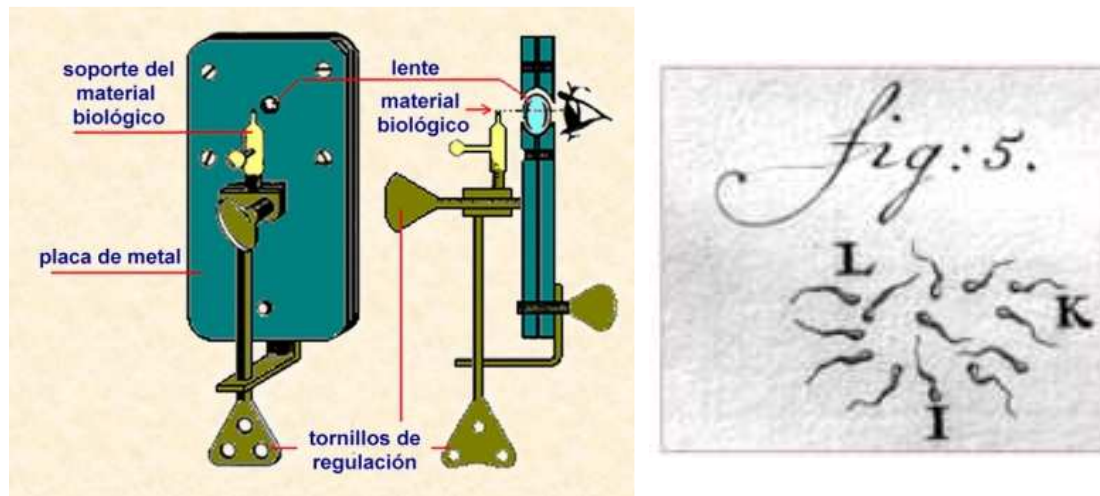
Antes del siglo XVII nadie sabía que los organismos de gran tamaño estaban formados por numerosas y pequeñas unidades vivas denominadas **células**. Alrededor de 1665 un científico inglés, llamado **Robert Hooke**, observó las primeras células con ayuda de un microscopio muy rudimentario construido por él mismo. Se trataba de una estructura tubular iluminada por una lámpara de aceite (Fig. 1.1). Hooke está considerado uno de los científicos experimentales más importantes de la historia de la ciencia, en este caso su experimento consistió en realizar una preparación de corcho. El describió lo que vio como “...pequeñas cajas o celdillas llenas de aire...”. A partir del término celdillas/celda Hooke acuñó la palabra **célula**.

Hoy sabemos que Hooke no estaba viendo en realidad células, sino sus paredes celulares muertas y tuvieron que pasar más de doscientos años para llegar a adquirir una idea general o concepto global de lo que es una célula. La **teoría celular** es una teoría unificadora, básica en Biología, que se desarrolla gracias a una serie de avances que ocurren en diversos campos de la ciencia

- ✚ **enfoque morfológico:** permite disponer de microscopios ópticos con lentes estándar, que permite estudiar las células en detalle, sus orgánulos y estructuras internas. Progresivamente han ido mejorando, hasta llegar a los microscopios electrónicos actuales
- ✚ **enfoque químico:** que permite realizar análisis de macromoléculas y conocer los componentes de los distintos tipos de células y compararlos.
- ✚ **enfoque experimental:** que permite realizar cultivos celulares en el laboratorio y conocer la fisiología celular, principales vías metabólicas, etc....



**Figura 1.1.** Robert Hooke y su microscopio, con un dibujo de la lámina de corcho



**Figura 8.2.** Modelo de microscopio de Leeuwenhoek, con un dibujo de los primeros espermatozoides

### Desarrollo histórico de la teoría celular

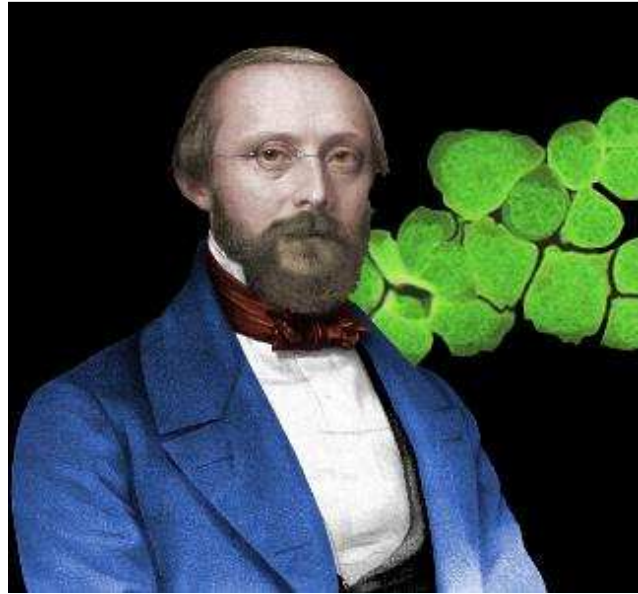
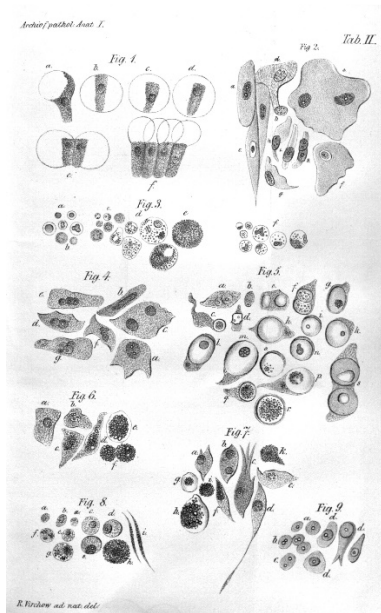
Antón van **Leeuwenhoek** fue el primero que observó células vivas, entre finales del s. XVII y principios del XVIII. Como comerciante de telas, construyó para comprobar la calidad de las mismas unas lupas de gran calidad, tras aprender por su cuenta las técnicas de soplado y pulido de vidrio. En comparación con el microscopio de Hooke, su lupa era mucho más reducida, constaba de una pequeña platina con una sola lente pulida, que alcanzaba los 500x. Su curiosidad le llevó a pasar de las telas a los seres vivos y así describió protozoos, glóbulos rojos de la sangre, observó espermatozoides, e incluso bacterias del sarro dental. Como buen comerciante, Leeuwenhoek mantuvo en secreto el arte de construir sus lentes, y hasta bien entrado el siglo XIX no se pudo disponer de microscopios ópticos compuestos con lentes que no distorsionasen la imagen.

En la década de 1830, gracias al desarrollo de la microscopía, ya se había descubierto el núcleo celular y se había descrito minuciosamente el proceso mitótico. Faltaban todavía una serie de generalizaciones, atribuidas de forma conjunta a **Schleiden** y **Schwann**.

Matthias Schleiden, un botánico alemán, llegó a la conclusión de que cualquier tejido vegetal está formado por entidades completamente individuales, independientes y distintas, que son las células vegetales; es más, las paredes vegetales hacían fácilmente visibles las fronteras celulares, incluso a través de sencillos microscopios ópticos. Por el contrario, las células animales que no tienen pared, no pueden distinguirse con tanta facilidad, sin embargo el fisiólogo alemán Theodor Schwann llegó a conclusiones semejantes estudiando tejidos animales. Cuentan que Schleiden y Schwann tuvieron un encuentro en Berlín en 1837, donde habrían intercambiado sus observaciones del mundo vegetal y animal.

En 1839, Schwann publicó las investigaciones microscópicas sobre la concordancia de estructura y de desarrollo de los animales y las plantas, obra que introducía el concepto fundamental de célula como unidad básica de todos los seres vivos "*hay un principio general de construcción*





**Figura 8.3.** (Rudolf Virchow) Archiv für Pathologische Anatomie und Physiologie ("Virchow's Archives"), 1847, first issue, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7922672>

*para todas las producciones orgánicas y este principio de construcción es la formación de la célula". Este principio fue ampliado finalmente por Virchow en 1859 con su "omnis cellula ex cellula" (toda célula proviene de otra célula) con lo que la teoría celular quedó definitivamente establecida. "Donde existe una célula debe haber habido una célula preexistente, así como un animal surge solamente de un animal y una planta surge sólo de una planta. A través de toda la serie de formas vivas, ya sean organismos animales o vegetales enteros, o sus partes componentes, gobierna una ley de desarrollo continuo"*

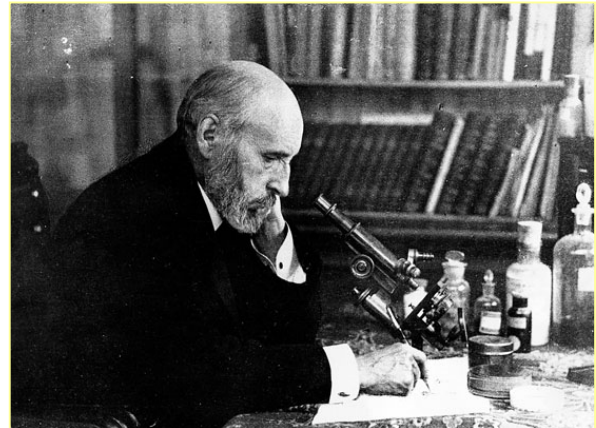
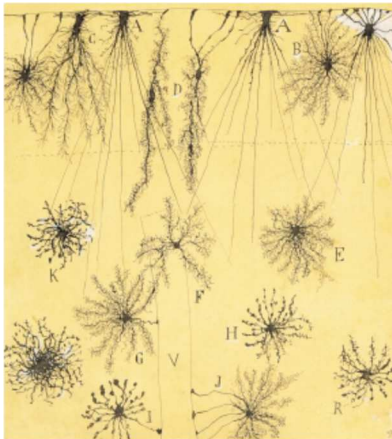
Hasta finales del s. XIX se consideraba que el tejido nervioso constituía una excepción a la teoría celular, pues se pensaba que no estaba formado por células independientes sino por una red o retículo de fibras y células interconectadas (teoría reticular) donde no era posible diferenciar los elementos singulares, las neuronas. Fue **Ramón y Cajal** quien resolvió este problema al enunciar su **teoría neuronal** en la que se demostraba que las neuronas eran elementos independientes y constituían la unidad anatómica y funcional del sistema nervioso. De esta manera, la teoría celular quedó definitivamente generalizada a todas las células, tanto vegetales como animales.

### Los principios básicos de la teoría celular

La célula es un sistema complejo y abierto, que intercambia materia y energía con el medio que la rodea; cada célula está dotada de autonomía en el empleo de energía e información, gracias a procesos homeostáticos de autorregulación.

La teoría celular se fundamenta en tres principios:

1.- Todos los organismos vivos están formados por una o varias células; la célula es, por tanto, la unidad morfológica o **estructural**, vital de los seres vivos.



**Figura 8.4.** Ramón y Cajal recibió el Nobel en 1906 por la teoría neuronal. A la izquierda dibujo de neuronas de Ramón y Cajal. Fuente:

2.- Las funciones vitales ocurren dentro de las células o en su entorno inmediato, por tanto, la célula constituye la unidad **fisiológica** de los seres vivos. La anatomía y fisiología de cualquier organismo son el resultado de la cooperación y funcionamiento de sus células.

3.- Toda célula proviene de otra célula ya existente; de modo que constituye la unidad **reproductiva** de los seres vivos.

Además, hay que tener en cuenta que:

- Las células contienen información hereditaria (genes) que pasa de células madres a hijas.
- Los seres unicelulares realizan todas las actividades vitales, demostrando que la célula es la unidad vital.
- Los seres pluricelulares que se reproducen sexualmente se originan de una sola célula, el huevo o cigoto.
- Se pueden cultivar células aisladas, pero no orgánulos. Los orgánulos no tienen vida propia, tienen que estar inmersos en la célula para realizar sus funciones vitales, no son independientes.

## 8.2 ¿CÓMO SE ESTUDIAN LAS CÉLULAS?

Como se comentó antes, el estudio de las células ha sido posible gracias al avance de nuevas técnicas que han permitido cultivarlas en el laboratorio, observar sus detalles al microscopio y aislar y estudiar sus componentes. Entre estas técnicas se incluyen además de la microscopía, técnicas de preparación de tejidos, de fraccionamiento celular, electroforesis, cromatografía, etc.

## Hay microscopios ópticos y electrónicos

Debido a su tamaño tan pequeño, las células y sus componentes solamente se puede observar mediante el uso de microscopios, que son instrumentos que aumentan el tamaño de una imagen.

Se distinguen básicamente dos tipos de microscopios: el microscopio óptico y el microscopio electrónico.

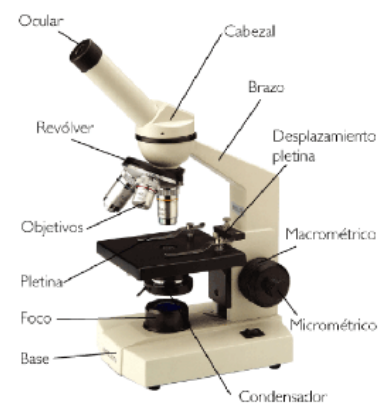
El **microscopio óptico** tiene un sistema de lentes convexas que amplían el tamaño de la muestra. Emplea la luz y permiten ver la imagen directamente a través de los ojos. Los microscopios ópticos tienen un límite máximo de **resolución** de  $0,2 \mu\text{m}$ . El poder de resolución es la distancia mínima a la que se pueden discriminar dos puntos. Este límite viene determinado por la longitud de onda de la fuente de iluminación, en este caso la luz visible. Contiene normalmente dos lentes: el objetivo, que recoge la luz que atraviesa la sección de tejido, y el ocular que es el que forma la imagen que observamos. El **aumento total** de un microscopio óptico se calcula multiplicando la magnificación que producen el objetivo por la que producen los oculares. Por ejemplo, con un objetivo de 40x y un ocular de 10x, el resultado final será de 400x, es decir, vemos la muestra aumentada 400 veces. Usando microscopios ópticos avanzados se consiguen hasta 1000x aumentos (resolución de  $200\text{nm} = 0,2 \mu\text{m}$ ).

Hay diversos tipos de microscopios ópticos:

El microscopio de **campo claro** es el más común. Las muestras se observan directamente en contraste con el medio circundante. Como las células son muy transparentes, el contraste suele ser muy bajo y por eso se emplean tinciones con colorantes para obtener una imagen definida.

El microscopio de **contraste de fases** permite observar células y seres vivos aumentando el contraste entre las células y el medio que las rodea, lo que permite obtener una imagen más nítida.

Con el microscopio de **fluorescencia** se pueden observar células o componentes capaces de emitir fluorescencia. Hay bacterias fotosintéticas, algas y ciertas plantas que son fluorescentes, pero en la mayoría de los casos las muestras deben ser tratadas previamente con un colorante



**Figura 8.5.** Microscopio óptico con sus elementos. Una imagen de paramecios vista con microscopio óptico de campo claro. Fuente:



fluorescente y se necesita una lámpara especial que excita el fluorocromo y un filtro que recoge y transmite las ondas emitidas por el mismo.

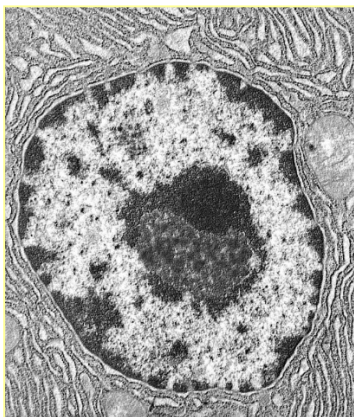
Otro tipo de microscopios son los **electrónicos**, que funcionan por la emisión de un haz de electrones, en lugar de haces de luz, en un sistema vacío y, con lentes electromagnéticas que alcanzan hasta 20.000 aumentos. Las imágenes se observan en una pantalla. Existen dos tipos: el microscopio electrónico de transmisión (MET) y el microscopio electrónico de barrido (MEB).

- Microscopio electrónico de **transmisión** (MET) Para observar las estructuras celulares se realizan cortes ultrafinos con un ultramicrotomo. Dichas muestras se montan sobre rejillas de cobre y el contraste se aumenta utilizando metales pesados, como el plomo, en lugar de colorantes, que hace que las diferentes estructuras absorban diferentes cantidades de electrones. Se obtiene una imagen bidimensional.
- Microscopio electrónico de **barrido** (MEB). Las muestras se cubren con una fina capa de metal pesado, como el oro, y el haz de electrones barre la superficie, ofreciendo una imagen detallada de la misma. Las imágenes obtenidas son tridimensionales, al apreciarse el relieve de la superficie.

### Otras técnicas instrumentales

**Histológicas** o de preparación de tejidos. Partiendo de tejidos vivos extraídos de un animal o de un vegetal, estas técnicas histológicas incluyen todos los procesos experimentales necesarios para obtener secciones teñidas y listas para observar al microscopio, como la fijación, inclusión, corte y tinción de los tejidos.

**Fraccionamiento celular**, consiste en romper los tejidos y las células para separar los componentes celulares en distintas fracciones. Para ello, primero se rompe las células del tejido ya sea mediante batido, ultrasonidos o plasmólisis y posteriormente se somete a una centrifugación diferencial a diferentes velocidades, utilizando una **ultracentrífuga** que permite la separación de los componentes celulares. Los componentes celulares de distintas densidades, sedimentan a diferentes velocidades que se miden en unidades Svedberg (S).



**Figura 8.6.** Microscopio electrónico de transmisión. Núcleo celular. Fuente



**Figura 8.7.** Microscopio electrónico de barrido. Células sanguíneas, coloreadas con photoshop. Fuente: [Science Photo Library](https://www.sciencephoto.com/)

La **cromatografía** es un método físico de separación de mezclas complejas, generalmente biomoléculas. Se basa en el principio de retención selectiva, permitiendo identificar y determinar las cantidades de diversos componentes.

La **electroforesis** es una técnica química de separación de moléculas según la movilidad de éstas en un campo eléctrico, cada compuesto se separa en función de su carga eléctrica y de su masa. Se hacen en diversos soportes: medios sólidos (p. ej., electroforesis en papel), en una matriz porosa (electroforesis en gel), o bien en disolución (electroforesis libre).

### 8.3 LAS CÉLULAS SON LAS UNIDADES BÁSICAS DE VIDA

De acuerdo con la teoría celular todos los seres vivos están formados por una o más células. Consideramos las células como asociaciones complejas de biomoléculas, capaces de mantenerse estables frente al medio, para lo cual realizan las funciones de nutrición y relación; además se pueden perpetuar en el tiempo porque tienen capacidad de reproducción.

Todas las células presentan una serie de componentes comunes:

**La membrana plasmática** es una delgada envoltura superficial que separa el contenido interno de la célula del exterior, regulando el intercambio de sustancias entre la célula y el medio. Presenta propiedades de fluidez y de impermeabilidad que la capacitan para aislar a la célula de modo que esta puede realizar numerosas funciones.

**El citoplasma** constituye el interior celular, formado por una solución líquida denominada **hialoplasma o citosol**, donde se desarrollan numerosas reacciones metabólicas. En el seno del hialoplasma se encuentran dispersas diversas estructuras conocidas como **orgánulos celulares** que pueden estar delimitados o no por membranas.

#### Anexo 1. Hablando de tamaños

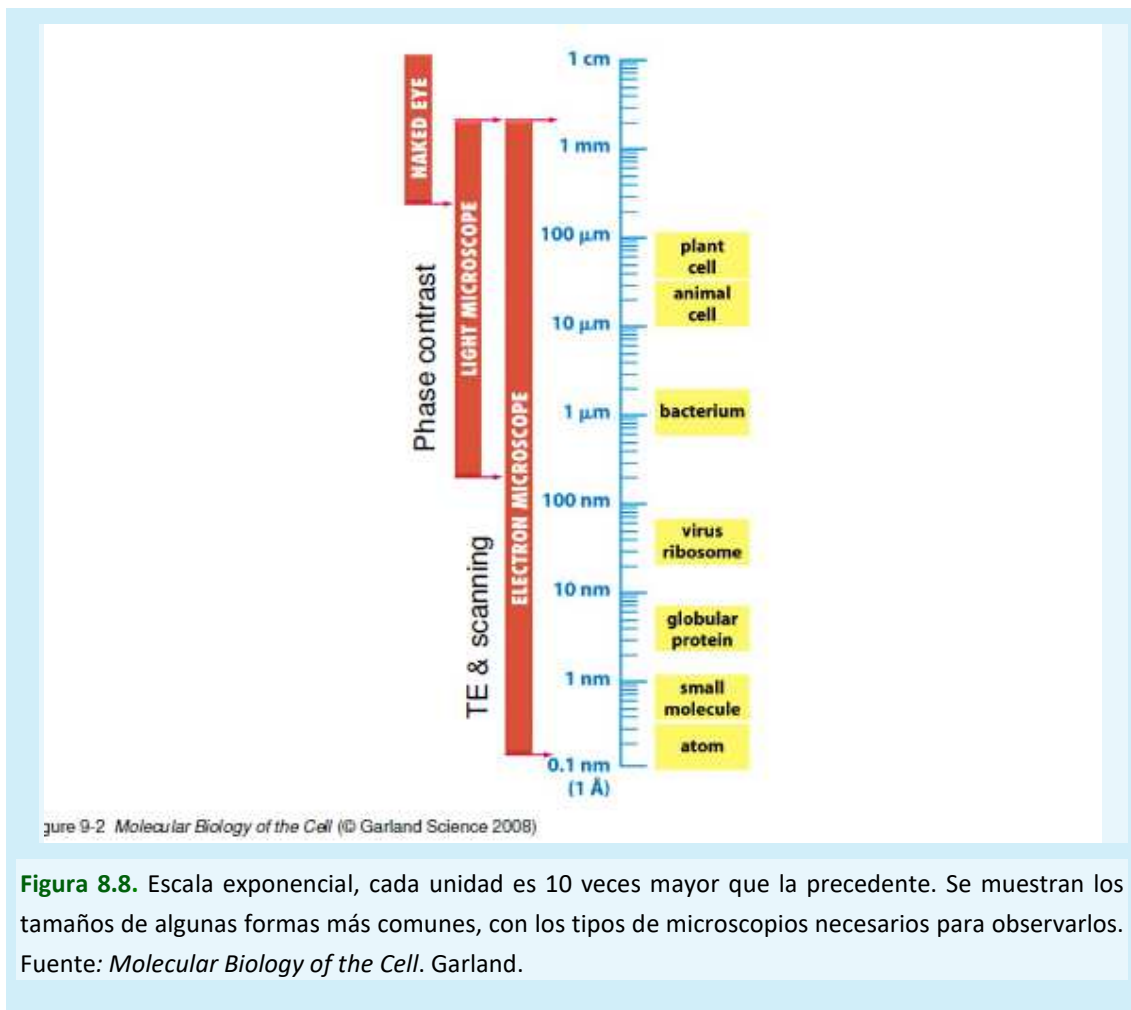
Con frecuencia al hablar de tamaños confundimos o nos olvidamos de la relación que hay entre diferentes unidades de medida. ¿A cuántas micras ( $\mu$ ) equivale un nanómetro (nm)? ¿Es más un angstrom ( $\text{Å}$ ) o una micra? La respuesta es:

$$1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \text{ } \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ Å} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

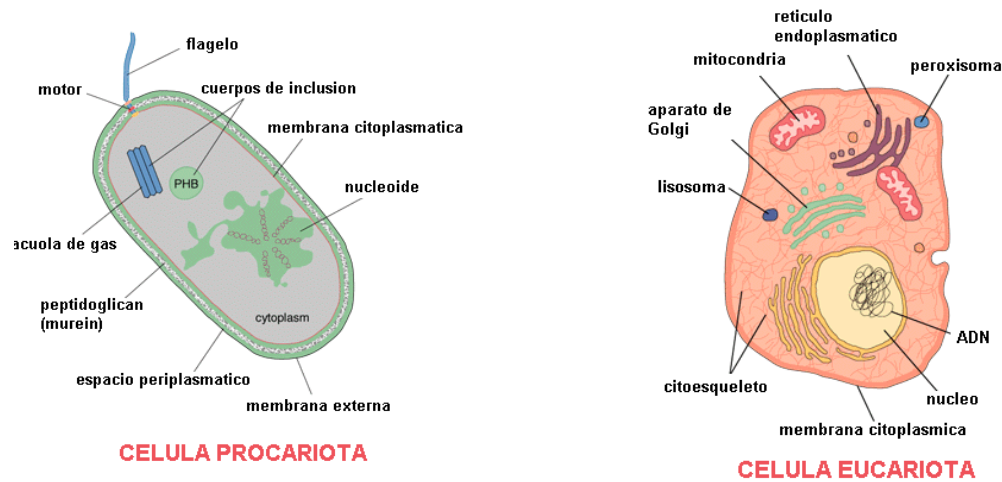


**El material genético** está formado por ADN, acompañado o no de proteínas, que dirige las actividades celulares y posibilita la transmisión de los caracteres hereditarios a las células hijas.

### Hay dos modelos diferentes de organización celular

A pesar de estas características *universales*, no todas las células presentan el mismo nivel de complejidad, pudiéndose distinguir dos modelos diferentes de organización celular: **células procariontas** y **células eucariotas**.

- **Las células procariontas** carecen de núcleo y orgánulos de membrana, por tanto, su material genético está libre en el citoplasma. Su tamaño (110  $\mu\text{m}$ ) es mucho menor que el de las células eucariotas, por lo que el citoesqueleto es más rudimentario, también los ribosomas son más pequeños (70S). Las bacterias (Reino Monera) y las arqueas (Reino Archaeae) son células procariontas. Su material genético es ADN circular y no realizan mitosis.



**Figura 8.9.** Modelo de célula procariota (izquierda) y eucariótica (derecha) con sus orgánulos y estructuras característicos. Fuente

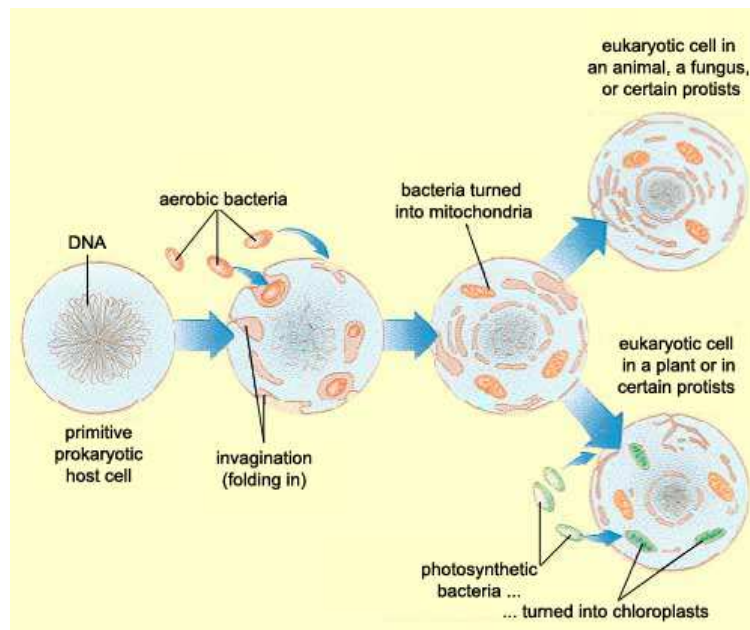
- **La célula eucariota** posee el material genético que está separado del citoplasma por una doble membrana formando un núcleo y tienen orgánulos; algunos de los cuales son membranosos, es decir, dichos orgánulos están rodeados por una o dos membranas. Son células de tamaño relativamente grande, por lo que tienen citoesqueleto complejo y los ribosomas son de mayor tamaño (80S) que en las células procariotas. Las células de animales, vegetales, hongos y protistas son eucariotas. Su material genético está compuesto por múltiples moléculas de ADN lineal y realizan la mitosis.

## 8.4 LOS EUCARIOTAS SURGEN POR ENDOSIMBIOSIS

La **teoría endosimbiótica** fue formulada por la bióloga norteamericana Lynn **Margulis** en los años 60, esta teoría que retoma una explicación del origen de las células eucariotas de principios del siglo XX, supone que las células eucariotas se originaron hace unos 1500 – 2000 millones de años a partir de primitivas células procariotas. Esta teoría propone que se las una primitiva célula procariota, anaerobia y heterótrofa perdió su pared celular, lo que le permitió aumentar de tamaño. Esta célula invaginaría su membrana plasmática lo que daría lugar a diversos orgánulos membranosos. También fagocitaría a otras células procarióticas, que en un momento dado pasaron a ser endosimbiontes, porque la asociación entre ambas células resultaría beneficiosa.

### Las ventajas de vivir en endosimbiosis

Se han propuesto un origen endosimbiótico para varios orgánulos. En primer lugar bacterias aeróbicas precursoras de las **mitocondrias**, encargadas en un principio de proteger a la célula huésped contra su propio oxígeno. En una línea celular aparte, algunas células procariotas similares a las actuales bacterias cianofíceas fueron las precursoras de los **cloroplastos**. También se han propuesto bacterias como precursoras de los **peroxisomas**, con capacidad para eliminar sustancias tóxicas formadas por el creciente aumento de oxígeno en la atmósfera.



**Figura 8.10.** Una interpretación de la teoría endosimbiótica, que indica la transformación de una célula procariota en eucariota. Fuente

La incorporación intracelular de estos organismos procarióticos a la primitiva célula le proporcionó dos ventajas fundamentales de las que carecían:

- La capacidad de un **metabolismo oxidativo**, con lo cual la célula anaerobia pudo convertirse en aerobia y ser mucho más eficaz desde un punto de vista energético. (Ver Tema 17).
- La posibilidad de **realizar la fotosíntesis** y convertirse en seres autótrofos capaz de utilizar como fuente de carbono el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{H}_2\text{O}$  para producir moléculas orgánicas.

Por su parte la célula primitiva le proporcionaba a las procariotas simbiotas un entorno seguro y alimento para su supervivencia. Se trataría de una endosimbiosis altamente ventajosa para los organismos implicados, ya que todos ellos pudieron adquirir particularidades metabólicas que no poseían por sí mismos separadamente, y por lo tanto fueron seleccionados en el transcurso de la evolución. El éxito de las células eucariotas condujo a la reproducción sexual, y permitió la aparición de algo desconocido hasta entonces, los organismos pluricelulares.

### Pruebas a favor de la teoría endosimbiótica

De hecho, mitocondrias y cloroplastos son similares a las bacterias en muchas características:

1. El tamaño de las mitocondrias y cloroplastos coincide con el de las bacterias propuestas como precursoras.
2. Poseen su propio ADN bicatenario circular semejantes a los de las bacterias.
3. En mitocondrias y cloroplastos encontramos ribosomas 70s, característicos de procariotas, mientras que en el resto de la célula eucariota los ribosomas son 80s.



4. El análisis del ARNr de la subunidad pequeña del ribosoma de mitocondrias y cloroplastos revela escasas diferencias evolutivas con algunos procariotas.

5. Están rodeados por una doble membrana, lo que concuerda con la idea de la fagocitosis: la membrana interna sería la membrana plasmática originaria de la bacteria, mientras que la membrana externa correspondería a aquella porción que la habría englobado en una vesícula.

6. Las mitocondrias y los cloroplastos se dividen por fisión binaria al igual que los procariotas, mientras que los eucariotas lo hacen por mitosis.

7. En mitocondrias y cloroplastos los centros de obtención de energía se sitúan en las membranas, al igual que ocurre en las bacterias.

8. Por otro lado, los tilacoides que encontramos en cloroplastos son similares a unos sistemas elaborados de endomembranas presentes en cianobacterias.

9. Una parte de la síntesis proteica en mitocondrias y cloroplastos es autónoma.

10. Algunas proteínas codificadas en el núcleo se transportan al orgánulo, y las mitocondrias y cloroplastos tienen genomas pequeños en comparación con los de las bacterias. Esto es consistente con la idea de una dependencia creciente hacia el anfitrión eucariótico después de la endosimbiosis. Por tanto algunos de los genes en los genomas de los orgánulos se han perdido o se han movido al núcleo.

11. Ni las mitocondrias ni los plastos pueden sobrevivir fuera de la célula. Sin embargo, este hecho se puede justificar por los millones de años que han transcurrido: los genes y los sistemas que ya no eran necesarios fueron suprimidos; parte del ADN de los orgánulos fue transferido al genoma del anfitrión, permitiendo además que la célula hospedadora regule la actividad mitocondrial.

12. La célula eucariótica tampoco puede sobrevivir sin sus orgánulos, esto se debe a que a lo largo de la evolución, gracias a la mayor energía y carbono orgánico disponible, las células han desarrollado formas de metabolismo que no podrían sustentarse como las formas primitivas de síntesis y asimilación.

## 8.5 COMPARANDO PROCARIOTAS Y EUCARIOTAS

Las células procariotas son las más sencillas y fueron las primeras en aparecer hace **3.600 m.a.** Durante más de 1.500 m.a fueron el único tipo de células existentes en el planeta, hasta que por endosimbiosis surgieron hace unos 1500 - 2.000 m.a las primeras células eucariotas.

**Tabla 8.1. Tabla comparativa de las características de las células procariotas y eucariotas**

Características	Procariota	Eucariotas
Grupos filogenéticos	<i>Bacteria, Archaea</i>	<i>Protista, Fungi, Plantae, Animalia.</i>

<b>Membrana nuclear</b>	Ausente	Presente (doble)
<b>Nucleolo</b>	Ausente	Presente
<b>ADN</b>	Única y circular (tamb ADNs en plásmidos)	Varias, lineal, formando cromatina/cromosomas
<b>Histonas en el ADN</b>	No (si en Archeas)	si
<b>División celular</b>	Binaria, no hay mitosis	Mitosis
<b>Sexualidad</b>	Pseudo-sexual	Proceso regular; con meiosis
<b>Membrana citoplasmática</b>	Sin esteroles	A veces con esteroles
<b>Ribosomas</b>	70S	80S (salvo mitocondrias y los cloroplastos)
<b>Orgánulos membranosos</b>	Ausentes	Existen varios.
<b>Respiración celular</b>	En la membrana celular	Mitocondrias.
<b>Pigmentos fotosintéticos</b>	En membranas internas	Cloroplastos.
<b>Metabolismo</b>	Distintas posibilidades	Siempre aeróbico
<b>Movimiento flagelar</b>	Flagelos de flagelina, rotan.	Flagelos y cilios de tubulina (microtúbulos), no rotan.
<b>Citoesqueleto</b>	Rudimentario	Complejo
<b>Tamaño</b>	Pequeña sobre 1-10 $\mu\text{m}$ $\emptyset$ .	Grande, de 10 a 100 $\mu\text{m}$ $\emptyset$ .

**CUESTIONES Y EJERCICIOS**

1. ¿Cuántas veces es más grande el volumen de una célula eucariota esférica de 20  $\mu$  de diámetro que una bacteria tipo coco de 2  $\mu$  de diámetro? ¿Cómo resuelven las células eucarióticas el problema del aumento de tamaño para ser viables y eficaces?
2. ¿Qué tipo de microscopio será el más indicado para observar:
  - a. Un grupo de células vivas
  - b. El ojo de un insecto
  - c. Tejido con un marcador fluorescente
  - d. Estructura interna de la célula
3. Razona si estas afirmaciones contradicen o no la teoría celular:
  - a. Los virus son seres vivos
  - b. Los seres vivos pueden ser unicelulares o pluricelulares
  - c. Hay seres vivos celulares y acelulares
  - d. Las células de los organismos pluricelulares están especializadas
4. Ordena de mayor a menor tamaño las siguientes formas vivas: virus; ribosoma; núcleo; mitocondrias; óvulo humano; glóbulo rojo; bacteria.
5. Por ultracentrifugación es posible separar los diferentes componentes celulares y, generalmente, cuanto mayor sea el tamaño de la estructura celular menor será la fuerza centrífuga necesaria para sedimentarla. ¿En qué orden sedimentarán los siguientes componentes celulares?: mitocondrias, lisosomas, núcleos, proteínas y ribosomas.