

Conceptos Básicos de Biología Celular



Guía Introductoria



**GOBIERNO DE
MÉXICO**

AGRICULTURA
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL



SENASICA
SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD,
INOCUIDAD Y CALIDAD AGROALIMENTARIA

Senasica, agricultura sana para el bienestar

CONTENIDO

Guía Introductoria: Conceptos Básicos de Biología Celular



INTRODUCCIÓN

I. BIOLOGÍA CELULAR.....	1
1.1 ¿Cómo comenzó todo?.....	1
1.2 Un poco de historia.....	1
1.3 Teoría Celular.....	3
II. LA CÉLULA.....	3
2.1 Organización genómica.....	4
III. ESTRUCTURA CELULAR.....	5
3.1 Célula procariota.....	5
3.2 Célula eucariota.....	6
IV. LA MICROSCOPIA COMO HERRAMIENTA.....	8
V. TIPOS DE MICROSCOPIOS Y COMPONENTES.....	10
5.1 Microscopio compuesto.....	10
5.2 Estereomicroscopio.....	11
5.3 Microscopio electrónico.....	12
5.3.1 Microscopio electrónico de barrido.....	12
5.3.2 Microscopio electrónico de transmisión.....	13
VI. INFORMACIÓN GENÉTICA.....	14
6.1 Organización del material genético.....	14
VII. EL NÚCLEO CELULAR.....	15
VIII. CICLO CELULAR.....	16
IX. DIVISIÓN MITÓTICA.....	17
9.1 Citocinesis en una célula vegetal.....	19
X. DIVISIÓN MEIÓTICA.....	20
10.1 Meiosis I.....	21
10.2 Meiosis II.....	22
XI. MUERTE CELULAR.....	23
11.1 Apoptosis.....	23
11.2 Autofagia.....	23
11.3 Necrosis.....	23
REFERENCIAS.....	24
GLOSARIO.....	26

INTRODUCCIÓN

¿Te has preguntado...cuántas células hay en el cuerpo humano?

Pues bien, los científicos se han hecho esa misma pregunta y no se ponen de acuerdo. Los cálculos van de 10 a 100 billones. Es interesante saber que, en cambio, parecen concordar en que hay muchas más células bacterianas en el cuerpo que células humanas: unas 10 a 20 veces más. ¿Eso quiere decir que somos principalmente procariontes? No tanto. Casi todas las bacterias son huéspedes alojadas en nuestro aparato digestivo.

Bienvenidos a una de las fronteras del conocimiento biológico más excitante y apasionante: la célula

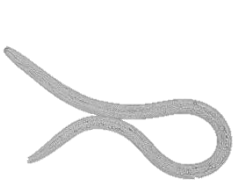
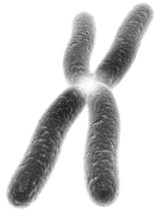
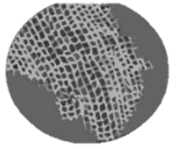
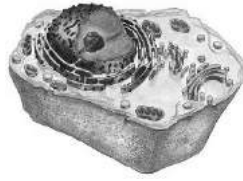
Todos los organismos vivos están formados por células dotadas de la extraordinaria capacidad para crear copias de sí mismas mediante el crecimiento y la división. Las células aisladas son la forma de vida más simple; los organismos superiores, como el hombre, son comunidades de células que derivan del crecimiento y división de una célula única fundadora: cada animal, hongo y vegetal es un conjunto extensa de células individuales que efectúan funciones especializadas y coordinadas por sistemas de comunicación complejos.

Las células, son las unidades fundamentales de la vida, y mediante la biología celular, que es la disciplina que las estudia, debemos encontrar la respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué es la vida y cómo funciona?

Con una comprensión más profunda de la estructura, función, comportamiento y evolución de las células, la biología celular puede proporcionar respuestas, y así entender los procesos involucrados en un organismo completo. La investigación en biología celular abarca a una gran diversidad de organismos, desde los unicelulares como las bacterias hasta células especializadas que constituyen a organismos pluricelulares más complejos, como las plantas y animales.

A partir de la importancia y el papel que tiene la fitosanidad, la presente guía tiene como objetivo dar un vistazo preliminar a la maquinaria que todas las células tienen en común y dar a conocer los conceptos básicos de la biología celular, pues es necesario entender los niveles de organización y adentrarse en el conocimiento de las bases celulares de organismos plaga y patógenos de especies de importancia agrícola.



I. BIOLÓGÍA CELULAR

Desde hace mucho tiempo, la curiosidad humana ha permitido el desarrollo de diversas ciencias que, basadas en ciertas hipótesis, han logrado descifrar el funcionamiento de los seres vivos. Una de ellas es la **Biología Celular**, la cual centra su estudio en la unidad fundamental de la vida: **la célula**.

En general, esta ciencia se enfoca en la **estructura, composición y función celular**, desde las propiedades más generales (compartidas por todas las células) hasta funciones específicas altamente complejas, propias de células especializadas (Figura 1).

1.1 ¿Cómo comenzó todo?

Probablemente las células vivas surgieron en la Tierra debido a la agregación espontánea de moléculas, hace aproximadamente 3.5 mil millones de años...Y parece que todo comenzó con la evolución del **ácido ribonucleico** (RNA).

Se cree que todos los organismos derivan de una **célula primitiva** que data de hace más de **3 mil millones de años**. Un evento importante en el camino evolutivo se produjo hace 1.5 mil millones de años, cuando ocurrió la transición de células pequeñas con estructura interna relativamente sencilla (**células procariotas**) a las **células eucariotas**, que son más grandes y complejas, tal como se encuentran hoy en día en animales y plantas superiores, por ejemplo.

Para explicar esta transición, **Lynn Margulis** propuso en 1968 la **Teoría de la Endosimbiosis**, la cual explica que las procariotas se asociaron simbióticamente para originar a la célula conocida actualmente como eucariota moderna (Figura 2).

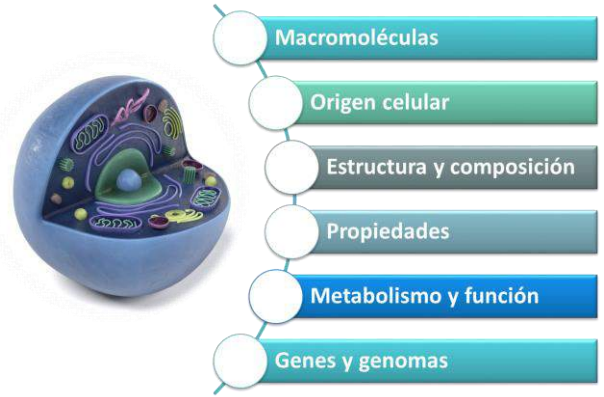


Figura 1. Algunos objetivos de estudio de la Biología Celular

CÉLULAS PROCARIOTAS

Células que carecen de envoltura nuclear, por lo que el material genético (ácido desoxirribonucleico, DNA) se encuentra en el citoplasma, en la región del nucleoide. Carecen de organelos diferenciados.

CÉLULAS EUCARIOTAS

Células que poseen un núcleo verdadero en el que está contenido el material genético (DNA). Contienen organelos membranosos y son más grandes y complejas que las procariotas.

1.2 Un poco de historia....

La historia de la Biología Celular ha estado ligada al desarrollo tecnológico que ha permitido su estudio: **el microscopio**.

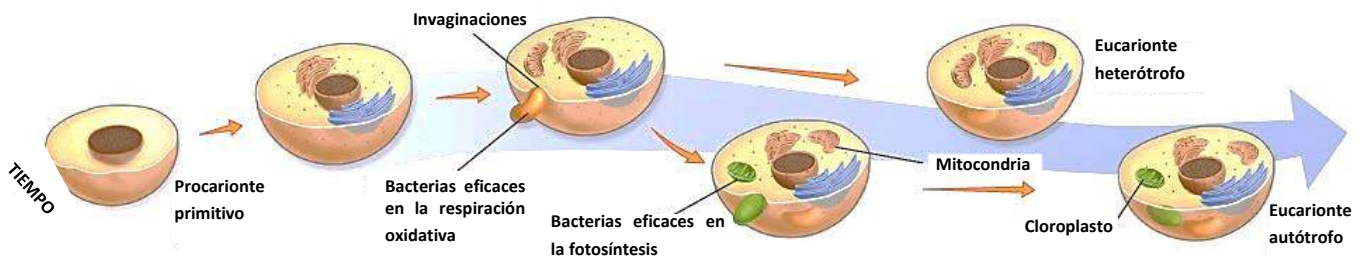


Figura 2. Teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis

Las primeras observaciones de pequeñas “celdas” en un fragmento de corcho fueron realizadas por **Robert Hooke** en 1665 con un microscopio primitivo (Figura 3), ahora se sabe que lo que vio Hooke eran las paredes de células muertas que rodean todas las células vegetales (Audesirk, Audesirk & Byers, 2013).

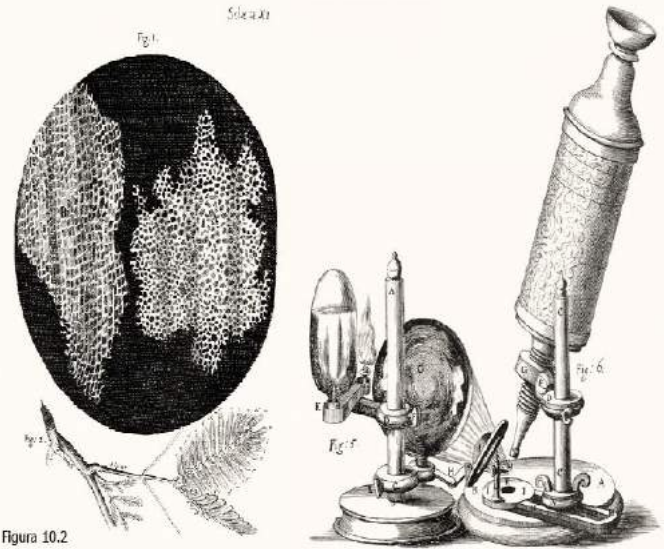


Figura 3. Dibujos de Robert Hooke de células de corcho, como las vio con un microscopio óptico parecido al que se muestra.

En la década de 1670, **Antonie van Leeuwenhoek** construyó microscopios simples y observó un mundo hasta entonces desconocido, realizó observaciones cuidadosas de una variedad enorme de especímenes microscópicos, como células sanguíneas, espermatozoides y huevos de insectos pequeños (Figura 4) (Audesirk et al., 2013).

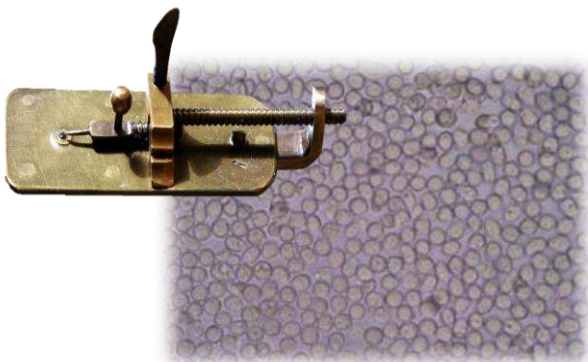


Figura 4. Microscopio de Leeuwenhoek y células sanguíneas vistas a través de éste.

1.3 Teoría Celular

Como las células son muy pequeñas, no se supo de ellas hasta la invención del microscopio, a mediados del siglo XVII...Pero ver las células fue apenas el primer paso para entender su importancia.

En 1838, el botánico alemán **Mathias Schleiden** concluyó que las células y las sustancias que producen forman la estructura básica de las plantas y que el crecimiento vegetal se da por agregación de células nuevas. En 1839, el biólogo alemán **Theodor Schwann** llegó a conclusiones similares para las células animales.

El trabajo de Schleiden y Schwann arrojó una teoría unificada de las células como unidades fundamentales de la vida. En 1855, el médico alemán **Rudolf Virchow** completó la **teoría celular**, al concluir que todas las células provienen de células ya existentes (Figura 5) (Audesirk et al., 2013).



Figura 5. Mathias Schleiden, Theodor Schwann y Rudolf Virchow.

La teoría celular es un concepto unificador en la biología y comprende tres principios (Figura 6).

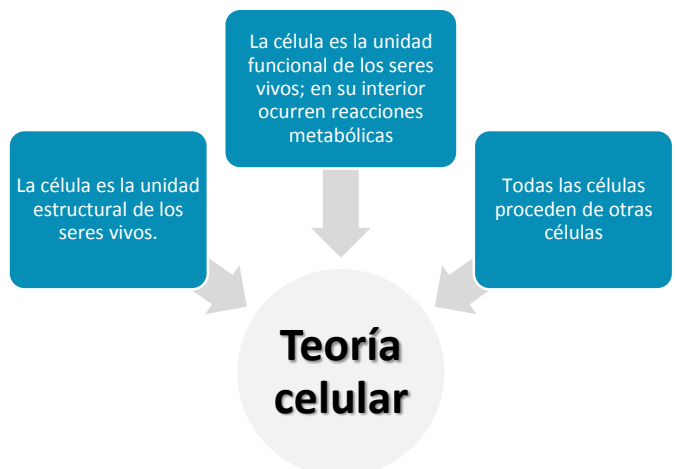


Figura 6. Principios de la Teoría celular.

II. LA CÉLULA

La **célula** es la unidad funcional y estructural básica de los seres vivos. Todas las células derivan de antepasados comunes y deben cumplir funciones semejantes en tamaño y estructura.

Pese a su diversidad comparten cuatro componentes fundamentales: la **membrana plasmática**, que limita a ésta del exterior; el **citoplasma**, fluido viscoso al interior; el **material genético**, que es el DNA y los **ribosomas**, que llevan a cabo la síntesis proteica.

Para sobrevivir, las células deben obtener energía y nutrimentos de su entorno, sintetizar proteínas y otras moléculas necesarias para crecer y repararse, y eliminar los desechos. Muchas células deben interactuar con otras. Para asegurar la continuidad de la vida, las células también deben reproducirse. Estas actividades se logran en partes especializadas de las células, como se verá más adelante.

Las células se clasifican en **procariotas** y **eucariotas** (Figura 7; Cuadro 1). Aunque las células procariotas presentan estructuras relativamente sencillas, éstas son bioquímicamente muy versátiles; por ejemplo, en las bacterias se pueden encontrar las vías metabólicas principales incluyendo los 3 procesos energéticos fundamentales (glucólisis, respiración y fotosíntesis).

Las células eucariotas son de mayor tamaño y complejidad, y presentan mayor contenido de material genético. Su DNA se encuentra en un **núcleo** rodeado por una doble membrana y el citoplasma contiene **organelos**. También tienen la característica de poseer un **citoesqueleto** de filamentos proteicos que ayuda a organizar el citoplasma y proporciona la maquinaria para el movimiento.

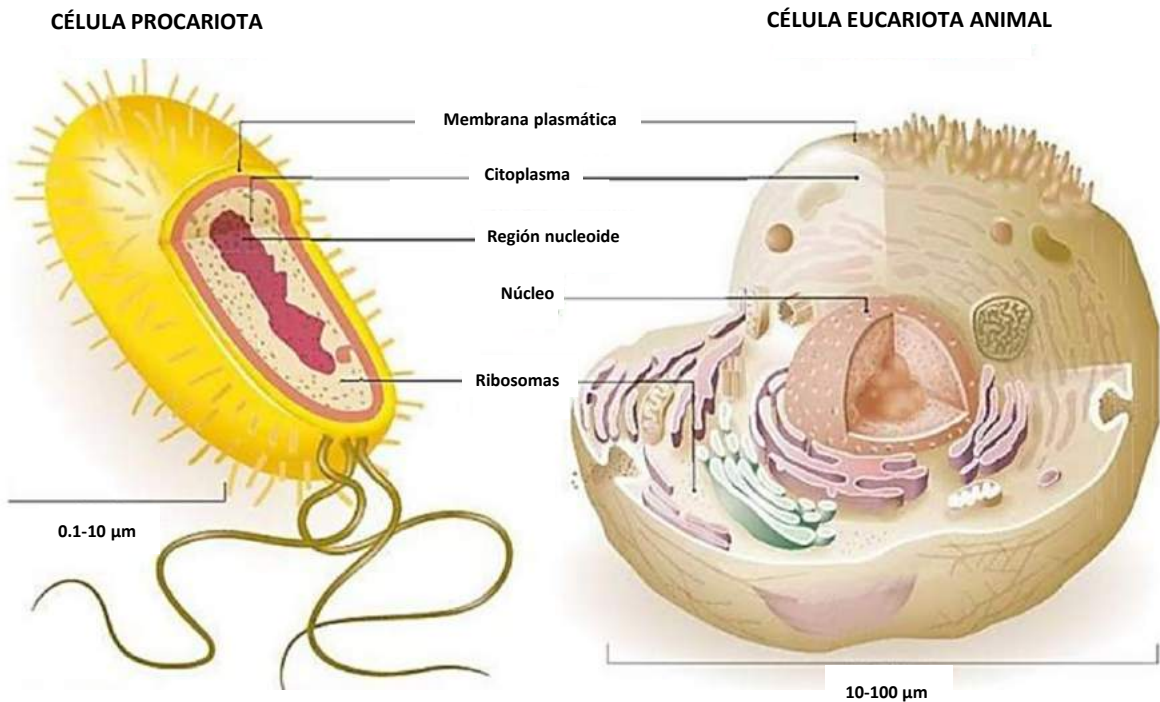


Figura 7. Célula procariota y eucariota



Células procariotas y eucariotas:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell/prokaryotic-and-eukaryotic-cells/v/prokaryotic-and-eukaryotic-cells>

Cuadro 1. Comparación entre célula procariota y eucariota

	Procariota	Eucariota
Organismos	Bacterias y arqueas	Protistas, hongos, plantas y animales
Tamaño	≈0.1 – 10 μm	≈5 – 10 μm
Metabolismo	Aeróbico o anaeróbico	Aeróbico
Material genético	Molécula de DNA circular en región nucleóide	Múltiples moléculas de DNA lineal organizados en cromosomas dentro del núcleo
Organelos	Ausentes	Presentes
Citoesqueleto	Homólogo bacteriano; sin endocitosis y exocitosis	Presente; endocitosis y exocitosis activa
Organización	Principalmente unicelular	Principalmente pluricelular

2.1 Organización genómica

El **genoma** es el conjunto de **genes** que contiene la información necesaria para que una célula pueda existir y reproducirse, es decir, son todos los genes de un organismo. El **genoma procariota** está formado por una molécula de DNA circular, con $\approx 10^5 - 10^7$ pares de bases (pb). Estos genomas poseen un porcentaje de DNA no codificante denominado “secuencias nucleotídicas cortas y repetidas”. Además, la mayoría de las bacterias posee una o más unidades genéticas móviles (plásmidos o transposones).

El **genoma eucariota** está organizado en unidades conocidas como **cromosomas**, los cuales contienen segmentos de DNA codificante y no codificante, como secuencias espaciadoras e **intrones**.

2.1.1 Expresión génica

La **expresión génica** es el proceso por el cual los genes (DNA) se transcriben en RNA y/o se traducen en proteínas (Figura 8). En cuanto a expresión, los procariotas y eucariotas son distintos, de forma general, en que:

- 1) En procariotas, el sistema de regulación génica, (relacionada con metabolismo) es el operón, por lo que diversos RNA son policistrónicos; mientras que en eucariotas, no.
- 2) En procariotas, la transcripción y traducción son simultáneas; en eucariotas la transcripción tiene lugar en el núcleo y la traducción en el citoplasma.
- 3) En procariotas hay menos modificaciones post-transcripcionales.

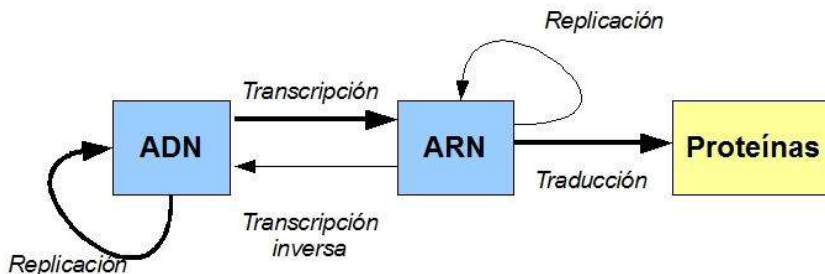


Figura 8. Expresión génica

III. ESTRUCTURA CELULAR

3.1 Célula procariota

Las células procariotas poseen características comunes, las cuales son: pared celular, membrana plasmática, DNA circular y ausencia de orgánulos internos rodeados por una membrana (Figura 9). Además de su tamaño relativamente pequeño, su capacidad de moverse y su retención de colorantes específicos (McKee y Mckee, 2003).

En este tipo de células, se encuentran las **bacterias** y las **arqueas**.

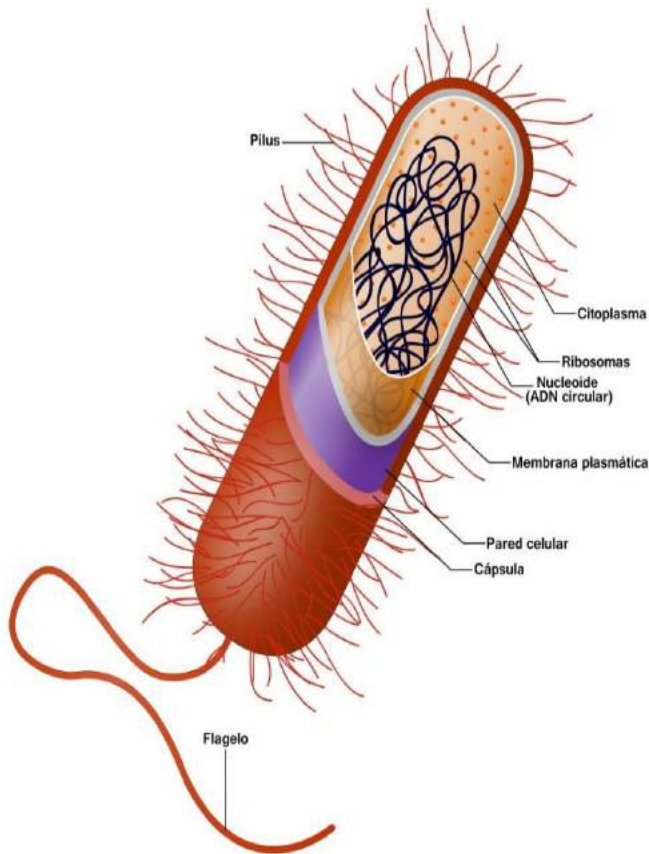


Figura 9. Célula procariota.

3.1.1 Pared celular

Es una estructura semirrígida que le sirve de sostén, forma y protección a la célula. En las bacterias, a esta pared se le conoce como **peptidoglucano** y se usa para diferenciar a las bacterias **Gram positivas** de las **Gram negativas**, por medio de la tinción de Gram (Figura 10). En las arqueas, la composición de la pared es variable o no hay, porque carecen de determinados azúcares y aminoácidos que suelen encontrarse en los peptidoglucanos (McKee y Mckee, 2003).

3.1.2 Membrana plasmática

Se localiza dentro de la pared celular, actúa como una barrera de permeabilidad selectiva y está compuesta por una **bicapa de fosfolípidos**, puede tener proteínas receptoras, transporte y otras que actúan en los procesos de transducción de energía y respiración (McKee y Mckee, 2003).

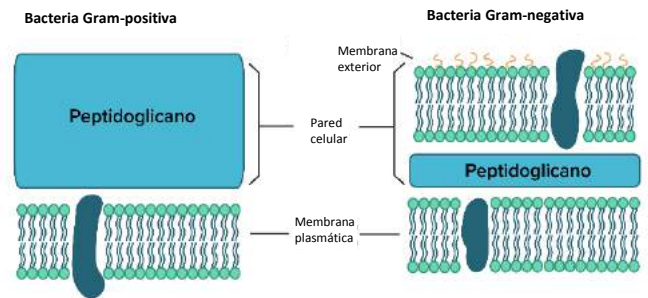


Figura 10. Pared celular y membrana plasmática de las bacterias Gram positivas y Gram negativas.

3.1.3 Pseudo-citoesqueleto

Se creía que las células procariotas no poseían **citoesqueleto**, pero se ha demostrado que existe una red de microfilamentos semejantes a la **actina**, la **tubulina** y la **miosina**, que ejercen una función parecida a las proteínas del citoesqueleto eucarionte (Guerrero Barrera et al., 2000). Estas proteínas juegan un papel muy importante en la división celular porque protegen, determinan la forma y la polaridad de las células procariotas (Guerrero Barrera et al., 2000; Wikipedia, 2018).

3.1.4 Citoplasma

Es una solución semifluida constituida de agua, moléculas inorgánicas y orgánicas, reservas de glucógeno, lípidos y compuestos fosfatados (Angulo Rodríguez et al., 2012), donde se encuentran inmersos los siguientes componentes: **nucleoide**, **plásmido**, **ribosomas**, **cuerpos de inclusión** y **tilacoide** (McKee y Mckee, 2003).

3.1.5 Flagelo, fimbria y pili

El **flagelo** consta de un filamento proteico, un gancho y un cuerpo basal que en conjunto le proporcionan movilidad a la bacteria (McKee y Mckee, 2003).

La **fimbria** es un apéndice pequeño que sirve para que la bacteria se adhiera a las superficies (Angulo Rodríguez et al., 2012).

Los **pilis** son estructuras que permiten a las células unirse a las fuentes alimenticias y a los tejidos de los hospedadores (McKee y Mckee, 2003).

3.2 Célula eucariota

Las células eucariotas poseen características estructurales semejantes, y cada tipo celular (**animal**, **vegetal**, **fúngica** y **algas**) posee sus propias características estructurales y funcionales (Figura 11) (McKee y Mckee, 2003).

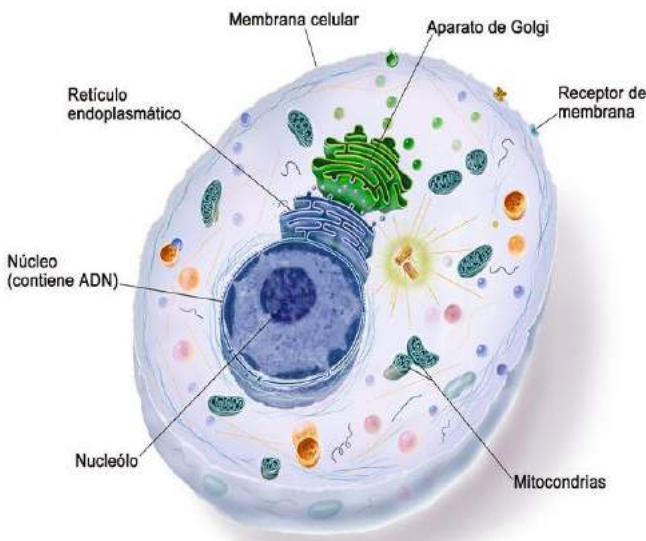


Figura 11. Célula eucariota.

3.2.1 Membrana plasmática

Está formada por una **bicapa de fosfolípidos** donde las proteínas están unidas, además, tiene una estructura denominada **glucocáliz**. Participa en procesos de transporte y señalización (McKee y Mckee, 2003).

3.2.2 Pared celular

Las células animales son las únicas que no tienen pared celular comparada con las otras células eucariotas. La pared celular de las plantas está conformada por azúcares simples como **glucosa** y cuando se unen forman **polisacáridos** (Figura 12) (Arredondo-Santoyo y Vázquez-Marrufo, s.f.). La pared fúngica está compuesta por polisacáridos (**quitina** y **glucano**) y proteínas que se asocian con los polisacáridos formando **glicoproteínas** (Potón, 2008). Mientras que la pared de las algas está compuesta por carbohidratos y glicoproteínas (ECURED, s.f.).

3.2.3 Citoesqueleto

El citoesqueleto mantiene la forma celular e interviene en el movimiento de las partes de la célula, está constituido de **microtúbulos**, **filamentos intermedios** y **filamentos de actina** (McKee y Mckee, 2003).

3.2.4 Citoplasma

Es todo lo que existe dentro de la célula, a excepción del núcleo (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.5 Citosol

Es una solución semilíquida compuesta por agua, moléculas inorgánicas y orgánicas (Angulo Rodríguez et al., 2012).

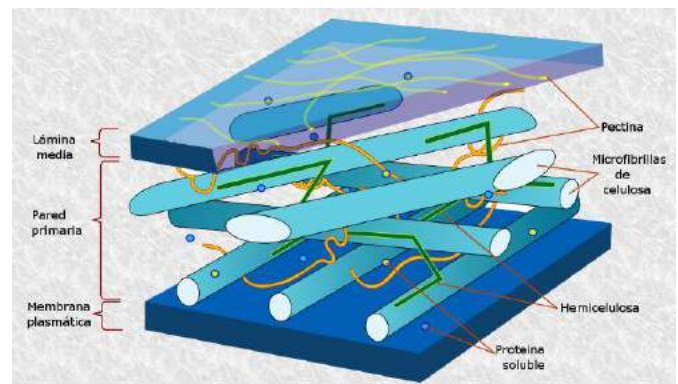


Figura 12. Estructura de la pared celular vegetal.

3.2.6 Núcleo

Está formada por una membrana nuclear con poros, contiene a la **cromatina** que está formada por DNA y a los nucléolos que son los productores de las subunidades de los ribosomas (McKee y McKee, 2003).

3.2.7 Mitocondria

Es donde se realiza la respiración celular y se producen las moléculas de **ATP** (Figura 13) (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.8 Cloroplastos

Es donde se lleva a cabo la **fotosíntesis** en las plantas, donde se convierte la energía luminosa en energía química (McKee & McKee, 2003).

3.2.9 Retículo endoplásmico

Existen dos tipos: rugoso (se encuentra adheridos los ribosomas) y liso (no tiene ribosomas), aquí se sintetizan los lípidos (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.10 Lisosomas

Son vesículas que contienen enzimas para digerir macromoléculas y partes celulares (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.11 Vesículas

Son sacos membranosos que transportan sustancias (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.12 Aparato de Golgi

Su función es sintetizar, empaquetar y secretar (**exocitosis**) productos celulares hacia los compartimientos externos e internos (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.13 Ribosomas

Son las partículas que realizan la síntesis de proteínas (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.14 Peroxisomas

Son vesículas que contienen enzimas para convertir el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno (Angulo Rodríguez et al., 2012).

3.2.15 Vacuola

Son sacos grandes aislados, rodeados por una membrana que no tiene estructura interna, presenta diferentes formas y tamaños, y desempeña una gran variedad de funciones (Angulo Rodríguez et al., 2012).

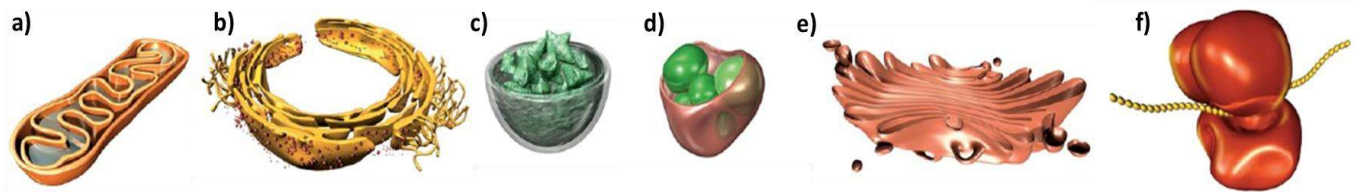


Figura 13. Estructuras internas de la célula eucariota. a) Mitocondria, b) Retículo endoplásmico, c) Lisosomas, d) Vesículas, e) Aparato de Golgi y f) Ribosoma.

3.2.16 Flagelos y cilios

Son delgadas prolongaciones que le confieren movilidad a las células, requieren una gran cantidad de energía liberada por las mitocondrias (Figura 14) (Angulo Rodríguez et al., 2012).

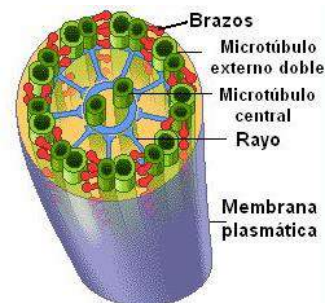


Figura 14. Estructura interna de un flagelo.



Resumen de las células animales y vegetales:

<https://es.khanacademy.org/science/biology/structure-of-a-cell/cytoskeleton-junctions-and-extracellular-structures/v/overview-of-animal-and-plant-cells>

IV. LA MICROSCOPIA COMO HERRAMIENTA EN LA BIOLOGIA CELULAR

A lo largo de muchos años, la comprensión de las estructuras celulares ha crecido como resultado directo de las tecnologías disponibles para su estudio. Desde el descubrimiento del microscopio en el siglo XVII, las células han sido un foco importante en la investigación biológica (McIntosh, 2007);

El invento del microscopio es atribuido a **Zaccharias Janssen** (1590); sin embargo, también es atribuido a **Galileo** (Figura 15). En 1624 es utilizado por primera vez el término “**microscopio**” por la primera *Accademia Dei Lincei* en Italia.

En 1665 **Robert Hooke** crea el primer microscopio compuesto y publicó los resultados de sus observaciones, que incluyeron todo tipo de fenómenos microscópicos en su libro “*Micrografía*”.

Su contribución a la ciencia hizo que todavía hoy se le conozca como el padre de la microbiología (Croft, 2006).

El microscopio fue ganando popularidad y los materiales biológicos tuvieron un mayor impacto ya que las estructuras vivas eran más claramente visibles sin tratamiento. Este conocimiento produjo avances e innovaciones en el campo de los microscopios durante los siglos XVIII y XIX (Cuadro 2).



Figura 15. Primeros microscopios utilizados.

Cuadro 2. Avances en la fitopatología gracias al microscopio

Año	Evento
1656	Borellus observó "gusanos del vinagre". Power, Hooke y Leeuwenhoek también observaron a <i>Anguillula aceti</i> = <i>Turbatrix aceti</i> .
1743	Needham observó gusanos en granos negros de trigo (<i>Anguina tritici</i>).
1857	Kühn encontró a <i>Aguillula dipsaci</i> = <i>Ditylenchus dipsaci</i> afectando <i>Dipsacus follunum</i> L.
1873	Ernst Karl Abbe definió los límites de resolución de la microscopía óptica, junto con Otto Schott y Carl Zeiss fundan la óptica moderna.
1926	H. Bush, padre de la óptica electrónica, crea lente electromagnética.
1932	Ernst Ruska y Max Knoll desarrollaron el primer microscopio electrónico de transmisión (TEM).
1938	Manfred von Ardenne desarrolló el primer microscopio electrónico de barrido.
1939	Observación directa de las partículas virales del Virus del Mosaico del Tabaco (TMV).
1967	Observación de <i>Mollicutes</i> fitopatógenos (llamados posteriormente Fitoplasmas) mediante microscopía electrónica en cortes ultra finos de tejido del floema de plantas.
1971	Se visualizan viroides, siendo los agentes infecciosos más pequeños conocidos hasta ese momento.

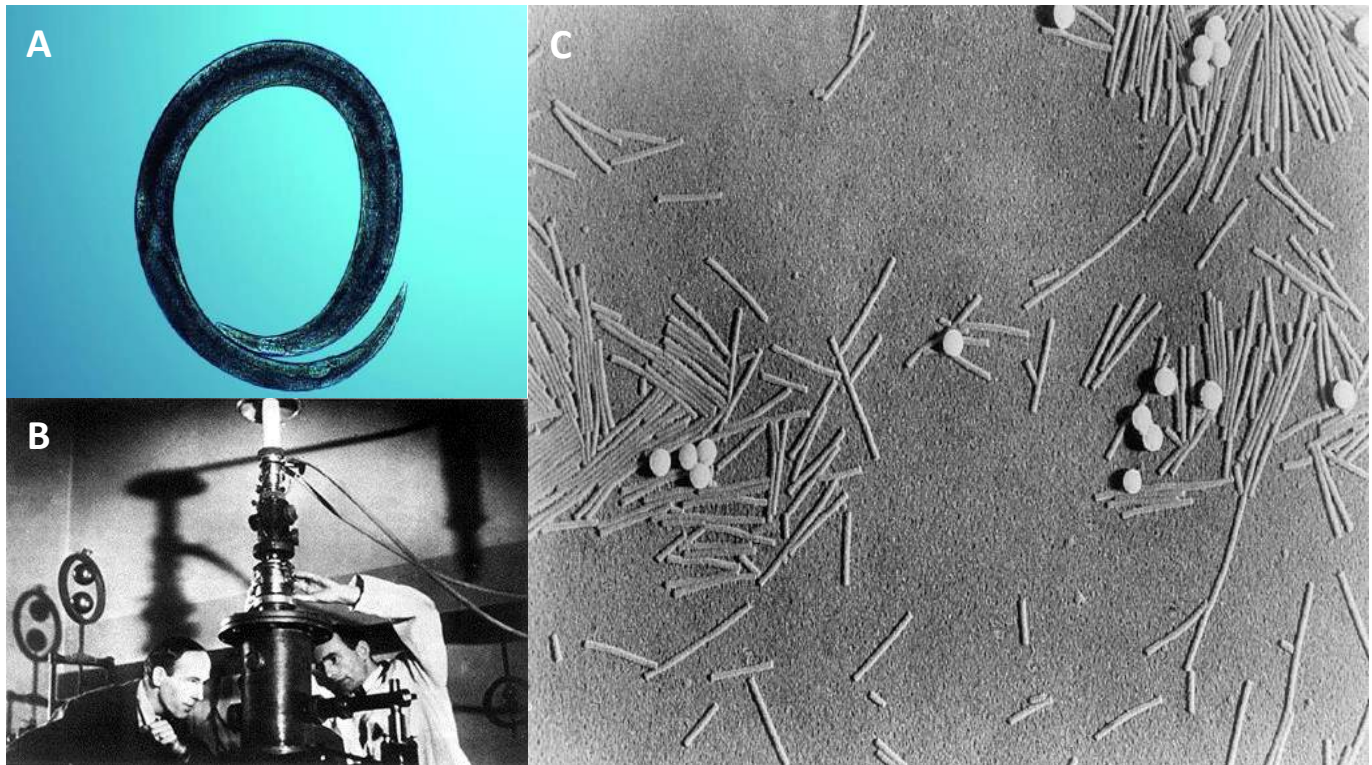


Figura 16. A. Nematodo de la espiga (*Anguina tritici*), B. Ernst Ruska y Max Knoll, C. Partículas virales del Virus del Mosaico del Tabaco.

V. TIPOS DE MICROSCOPIOS Y COMPONENTES

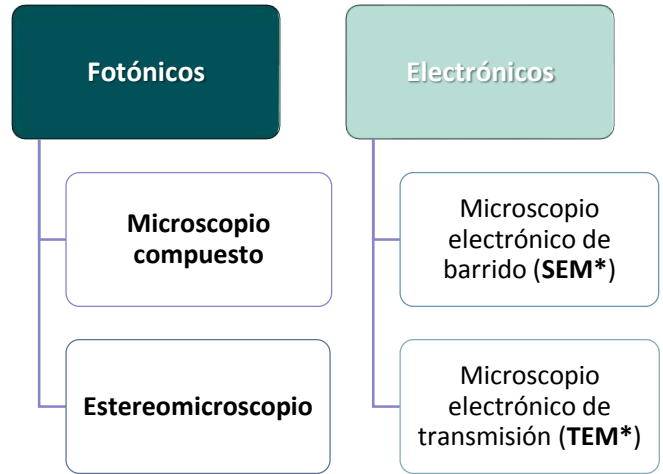
Los microscopios son instrumentos de óptica que permiten ver objetos muy pequeños o detalles estructurales imposibles de distinguir a simple vista porque están por debajo del límite de resolución del ojo humano. Éstos instrumentos pueden dividirse en dos categorías:

■ **Fotónicos:** se denominan fotónicos debido a que emplean la **luz** como fuente de energía para formar imágenes aumentadas y detalladas de objetos que a simple vista no es posible observar (Montalvo, 2010).

■ **Electrónicos:** utiliza un **flujo de electrones** en lugar de un haz de luz. El haz de electrones es enfocado por lentes electromagnéticas y el objeto de estudio se interpone que interactúa con dicho haz y se proyecta una imagen que se registra en una pantalla sensible a los electrones (Vera, 2004).

Cuando un haz de electrones incide en el vacío sobre un objeto, las partículas incidentes pueden ser absorbidas, transmitidas y modificarse de distintas formas (Gama, 2007).

A su vez, ambas categorías se dividen en dos tipos (Figura 17)



*SEM: Scanning Electron Microscopy

*TEM: Transmission Electron Microscopy

Figura 17. Tipos de microscopios.

5.1 Microscopio compuesto

Es un instrumento que permite mayores aumentos. Se denomina compuesto porque la imagen se forma mediante la utilización de tres sistemas de lentes, cada uno de ellos constituidos por lentes **convergentes y divergentes**.

Los sistemas de lentes son el **condensador**, los **objetivos y los oculares** (Montalvo, 2010) (Figura 18).

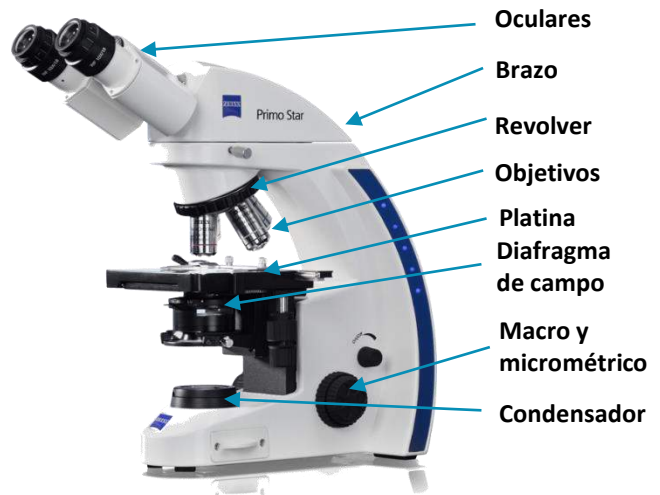


Figura 18. Principales partes de un microscopio compuesto.

Luz: Porción visible de la energía radiante.

Fotón: Es un término introducido por la mecánica cuántica en la teoría electromagnética para designar una partícula de luz o un cuanto de energía electromagnética.

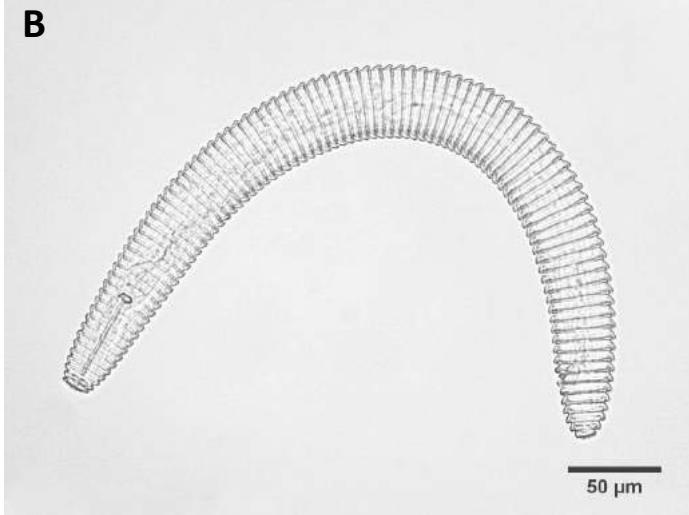


Figura 19. Fotografías tomadas con un microscopio compuesto: A. Teliosporas maduras y células estériles de *Tilletia indica* (Laboratorio de Micología, CNRF, 2018); B. *Criconemoides inusitatus* (Laboratorio de Nematología, CNRF, 2017).

5.2 Esteriomicroscopio

Constan de una sola lente o un solo sistema de lentes convergentes biconvexas (parte óptica) sostenidas por un soporte con tornillos de enfoque (parte mecánica). La distancia focal es pequeña, entre 5 y 10 cm. Proporcionan una imagen virtual, derecha, tridimensional, aumentada entre 2 y 20-50 veces .

La magnificación depende del aumento proporcionado por los oculares; generalmente tienen también un sistema de acercamiento (*zoom*) enfrentado al objeto (Anzalone, 1974; Montuenga, Esteban & Calvo, 2009)(Figura 20).

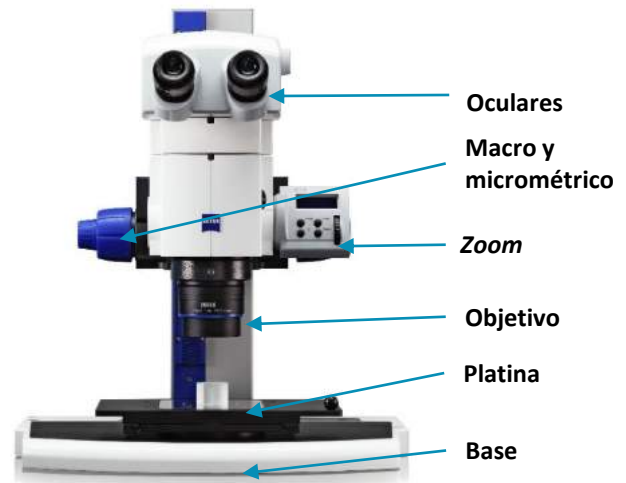


Figura 20. Partes de un estereomicroscopio.



Figura 21. Fotografías tomadas con un estereomicroscopio: A. Macho de *Trogoderma granarium* (Laboratorio de Entomología y Acarología, CNRF, 2018); B. Síntomas de Carbón parcial en grano de trigo (*Tilletia indica*) (Laboratorio de Micología, CNRF, 2018)

5.3 Microscopio electrónico

Existen dos sistemas de microscopía electrónica (**SEM** y **TEM**), utilizados como una herramienta complementaria para la observación tanto de materiales biológicos como no biológicos.

Estos sistemas permiten obtener imágenes de gran resolución a un nivel microscópico y ayudan a entender la interacción que existe en esa área, porque se forma determinada fase o reacción orgánica e inorgánica (Prin et al., 2009).

5.3.1 Microscopio electrónico de barrido

El microscopio electrónico de barrido utiliza lentes electromagnéticas, sistema de vacío, aperturas y cañón de electrones (Figuras 22). El SEM acelera los electrones y forma un haz muy fino que incide sobre la superficie de la muestra produciendo varias posibilidades de obtención de imagen (Ubero, 2009).

Debido al tamaño pequeño de las aperturas y la longitud de onda de los electrones tan corta, se puede conseguir una gran profundidad de campo (por lo tanto mucho más información de la muestra) comparado con la imagen que se obtendría con un microscopio óptico si se usa el mismo aumento (Nieto, 2010).

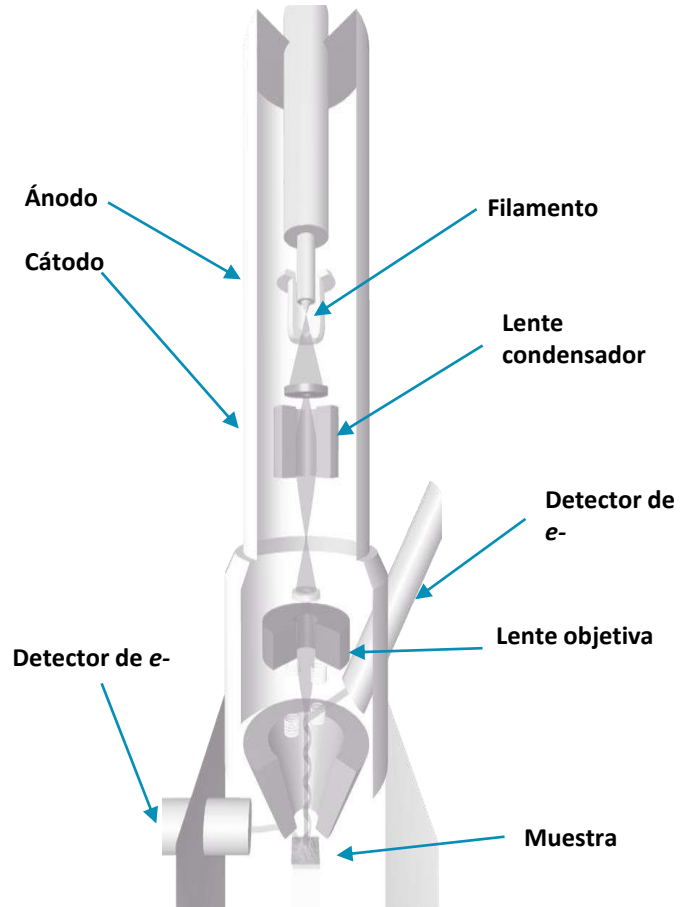


Figura 22. Principales partes de un microscopio electrónico de barrido (SEM).

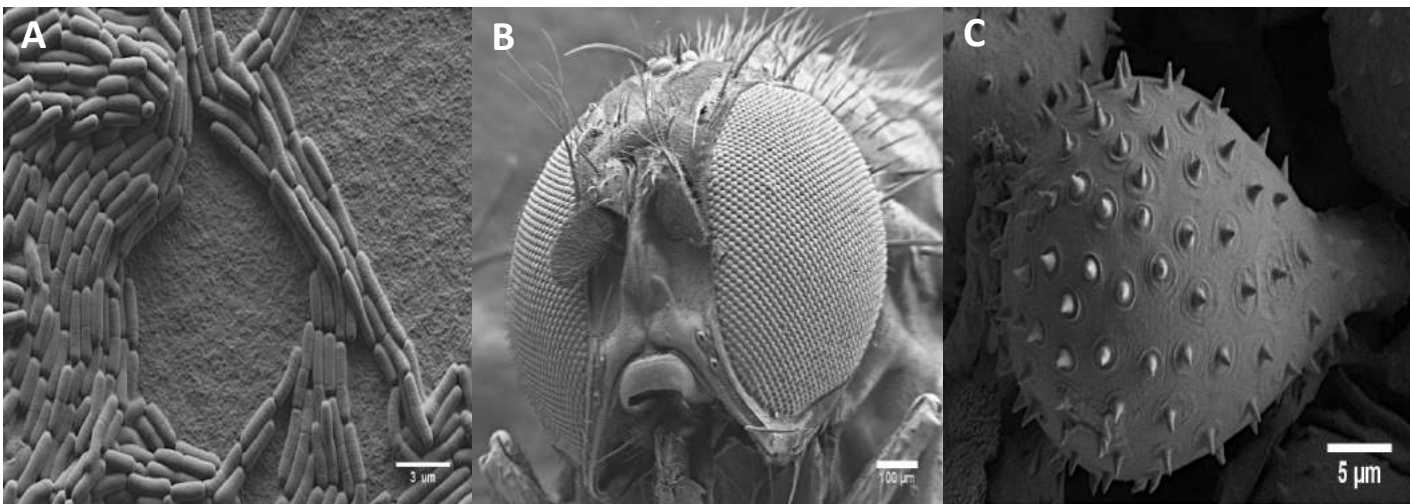


Figura 23. Fotografías tomadas con el SEM. A. Bacilos; B. *Drosophila suzukii*; C. Roya (Área de Microscopía Electrónica, CNRF).

5.3.2 Microscopio electrónico de transmisión

El microscopio electrónico de transmisión (TEM) tiene un modo de operar similar al del microscopio óptico, ya que está basado en el hecho de que la manera de actuar un campo electromagnético sobre un haz de electrones es análogo a la acción de una lente de cristal sobre el haz de fotones. La imagen, sin embargo, se forma sobre una pantalla fluorescente como lo haría en una pantalla de televisor (Ubero, 2009).

El microscopio electrónico de barrido no tiene la resolución que se alcanza con el microscopio electrónico de transmisión, pero su ventaja es una excelente impresión tridimensional, derivada de la amplificación de señales que se generan al irradiar la superficie de las muestras con un haz muy estrecho de electrones (Ubero, 2009).

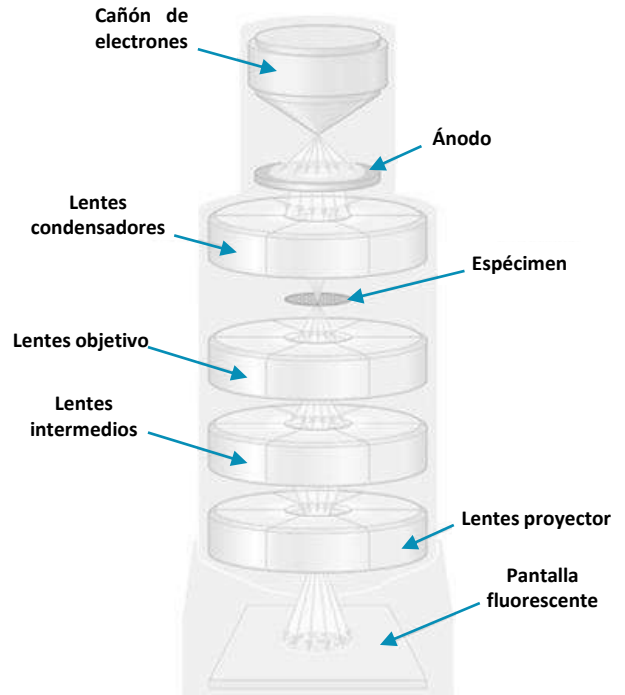


Figura 24. Principales partes de un microscopio electrónico de transmisión (TEM).

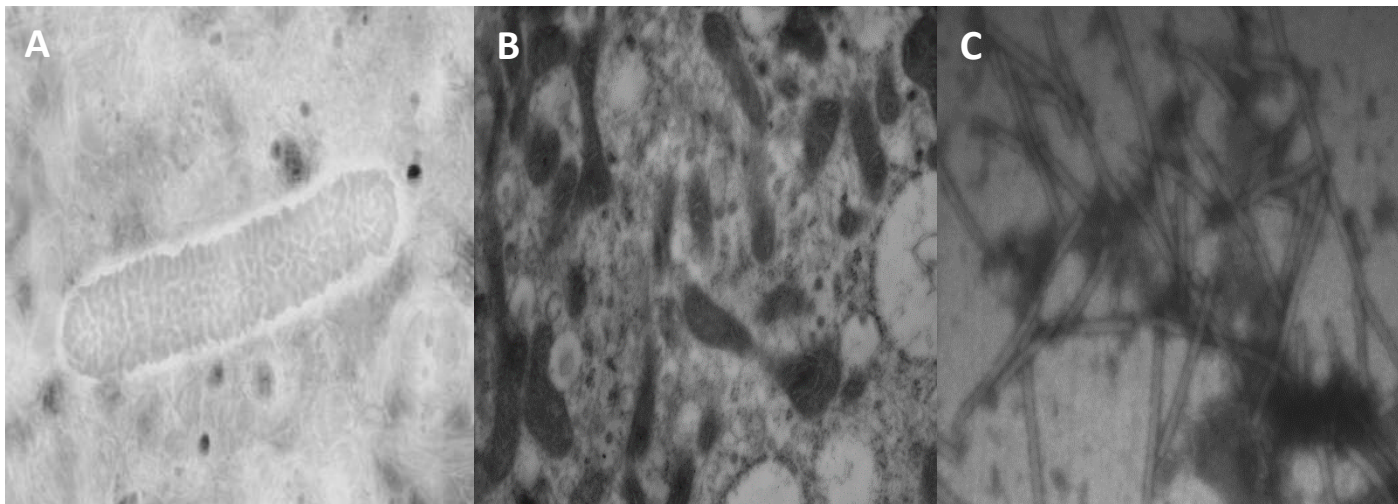


Figura 25. Fotografías tomadas con el TEM. A. Bacteria; B. Mitocondria de célula animal; Virus ToBRFV (Área de Microscopía Electrónica, CNRF).



BNI-Supermicroscopios para comprender lo invisible / Exploradores: del átomo al cosmos:

<https://youtu.be/U6YxA8kC0y4>



Conocimiento, manejo y aplicaciones del microscopio óptico de campo claro:

<https://youtu.be/9o5Nbn1VYK>

4



Ciencias naturales. El microscopio: un modo de conocer:

https://youtu.be/zBWi_l3fGBI

VI. INFORMACIÓN GENÉTICA

La **información genética** de los seres vivos, que determina sus características y funciones, está almacenada en el **materi al genético celular** que es el **DNA** (abreviación en inglés de ácido desoxirribonucleico) para la mayoría de los organismos.

Todas las células tienen la capacidad de generar nuevas células y la información genética de una célula viva se transmite de una generación a otra. Sin embargo, existe una diferencia principal en la organización del material genético entre las células procariotas y eucariotas.

6.1 Organización del material genético

El **DNA** (material genético) de una célula se organiza en **cromosomas**. El cromosoma o juego de cromosomas que contiene todo el DNA de un organismo se denomina **genoma**.

En procariotas, el DNA se organiza usualmente en un cromosoma circular único que se encuentra en una región llamada del **nucleoide** dentro del citoplasma (Figura 26) (Griswold, 2008).

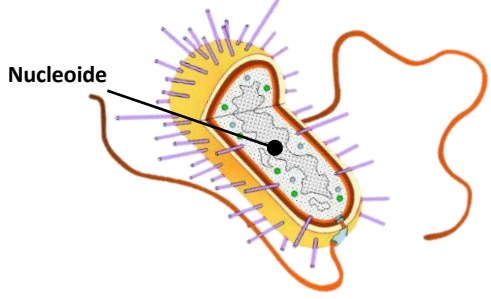


Figura 26. Localización del DNA en procariotas.

Mientras que el DNA en las células eucariotas se organiza en múltiples cromosomas lineares que se encuentran rodeados por una membrana formando el **núcleo** (Figura 27) (Alberts et al., 2002).

Otras disimilitudes importantes se resumen en Cuadro 3.

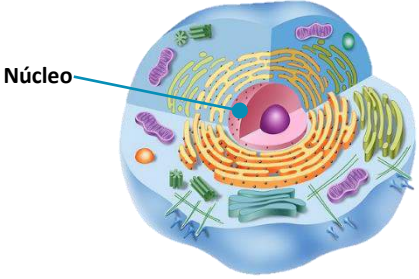


Figura 27. Localización del DNA en eucariotas.

Cuadro 3. Diferencias entre la organización del DNA entre procariotas y eucariotas

DNA en células procariotas	DNA en células eucariotas
El cromosoma procariota está condensado en el nucleoide por medio del superenrollamiento del DNA y su asociación a proteínas estructurales.	Los cromosomas eucariotas están condensados en el núcleo debido a que el DNA se une a proteínas llamadas histonas.
El tamaño del genoma procariota varía desde 0.58 Mb hasta 10 Mb, con la excepción de Bacillus megaterium que tiene un genoma de 30 Mb.	Los genomas eucariotas tienen un tamaño mayor, que varía entre 19 Mb hasta 100 000 Mb.
La mayoría de las células procariotas poseen una sola copia de cada gen, es decir son haploides.	Casi todas las células eucariotas cuentan con dos copias de cada gen, es decir son diploides.
Los procariotas poseen plásmidos (DNA extracromosómico circular) que contiene genes no esenciales.	Los plásmidos no están presentes comúnmente en células eucariotas.
Los genomas procariotas son compactos y poseen poco DNA repetitivo.	Los genomas eucariotas contienen grandes cantidades de DNA repetitivo no codificante.
El DNA procariota se encuentra en el citoplasma, por lo que la transcripción y traducción ocurren simultáneamente.	En los eucariotas, la transcripción ocurre en el núcleo y la traducción en el citoplasma.

Mb: millón de pares de bases (pb)

VII. EL NÚCLEO CELULAR

El **núcleo** es la estructura que caracteriza a las células eucariotas, este organelo altamente especializado cumple dos principales funciones: almacena el material genético o DNA; y coordina todas las actividades celulares incluyendo el crecimiento, el metabolismo, la síntesis de proteínas y la reproducción, es decir, la división celular (Guo y Fang, 2014).

Normalmente, hay un solo núcleo por célula, su forma suele ser redondeada y adaptada a la forma celular. La localización habitual del núcleo es en el centro de la célula, pero también puede situarse en otras posiciones más periféricas (Edens et al., 2013).

Los componentes del núcleo son (Figura 28):

■ **Envoltura nuclear:** separa el nucleoplasma del citoplasma, está formada por dos membranas (una interna y una externa).

■ **Poros nucleares:** atraviesan la envoltura nuclear permitiendo el transporte regulado de moléculas entre el núcleo y el citoplasma.

■ **Nucleoplasma:** medio interno del núcleo donde se encuentran el resto de los componentes nucleares.

■ **Nucléolo:** masa densa y esférica compuesta por RNA y proteínas, sin membrana propia, donde se elaboran los ribosomas.

■ **Cromatina:** es el conjunto de fibras de DNA y proteínas asociadas que se localizan en el nucleoplasma. Se distinguen dos tipos de cromatina: **heterocromatina** o cromatina condensada, y **euromatina** o cromatina difusa (Figura 29) (Vaquero y Bosch-Presegué, 2017).

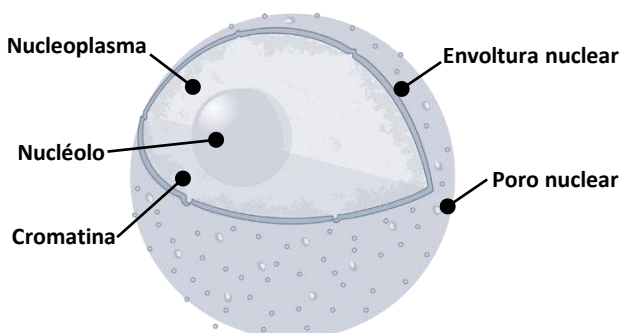


Figura 28. Componentes del núcleo.

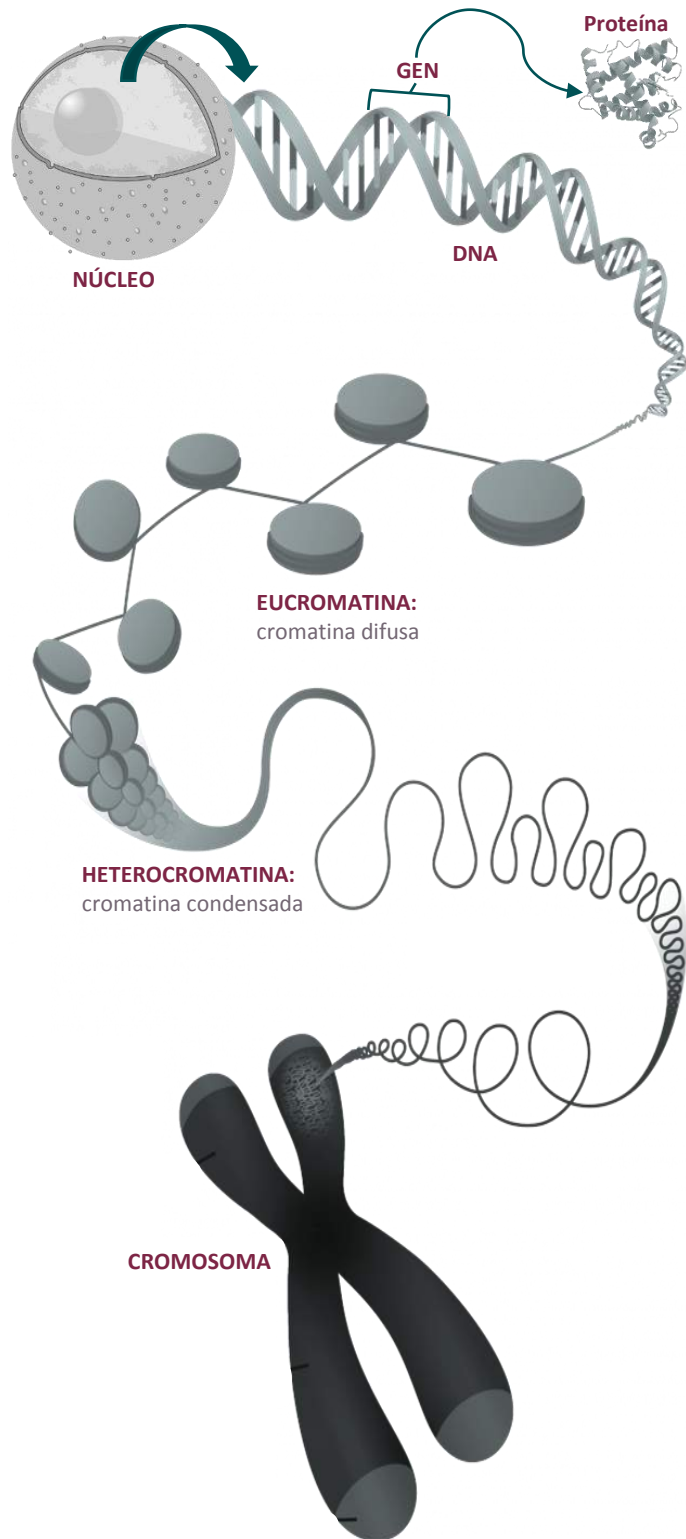


Figura 29. Organización del DNA en el núcleo celular.



Núcleo, cromosomas y genes

<https://www.youtube.com/watch?v=r1BzKgJ91II>

VIII. CICLO CELULAR

Tanto las células procariotas como las eucariotas tienen ciclos de crecimiento, actividad metabólica, replicación del DNA y división. A esa secuencia ordenada de acontecimientos se le denomina **ciclo celular** (Audesirk et al., 2013).

El ciclo celular en **procariotas** consiste en un periodo relativamente largo de crecimiento (durante el cual la célula también replica su DNA) seguido por una forma de división celular llamada **fisión binaria**.

En los **eucariotas** el ciclo celular es más complejo y se divide en dos fases principales: **interfase** y **división celular** (mitosis o meiosis) (Figura 30).

El ciclo celular puede requerir desde pocas horas hasta varios días para completarse, dependiendo del tipo de célula y de factores externos como la temperatura o los nutrientes disponibles (Alberts et al., 2002).

Antes de que una célula eucariota pueda comenzar a dividirse, debe:

- Replicar su DNA, para duplicar el número de sus cromosomas.
- Sintetizar proteínas asociadas al DNA.
- Producir una reserva adecuada de organelos para las dos células hijas.
- Ensamblar las estructuras necesarias para que se lleven a cabo la mitosis y la citocinesis.

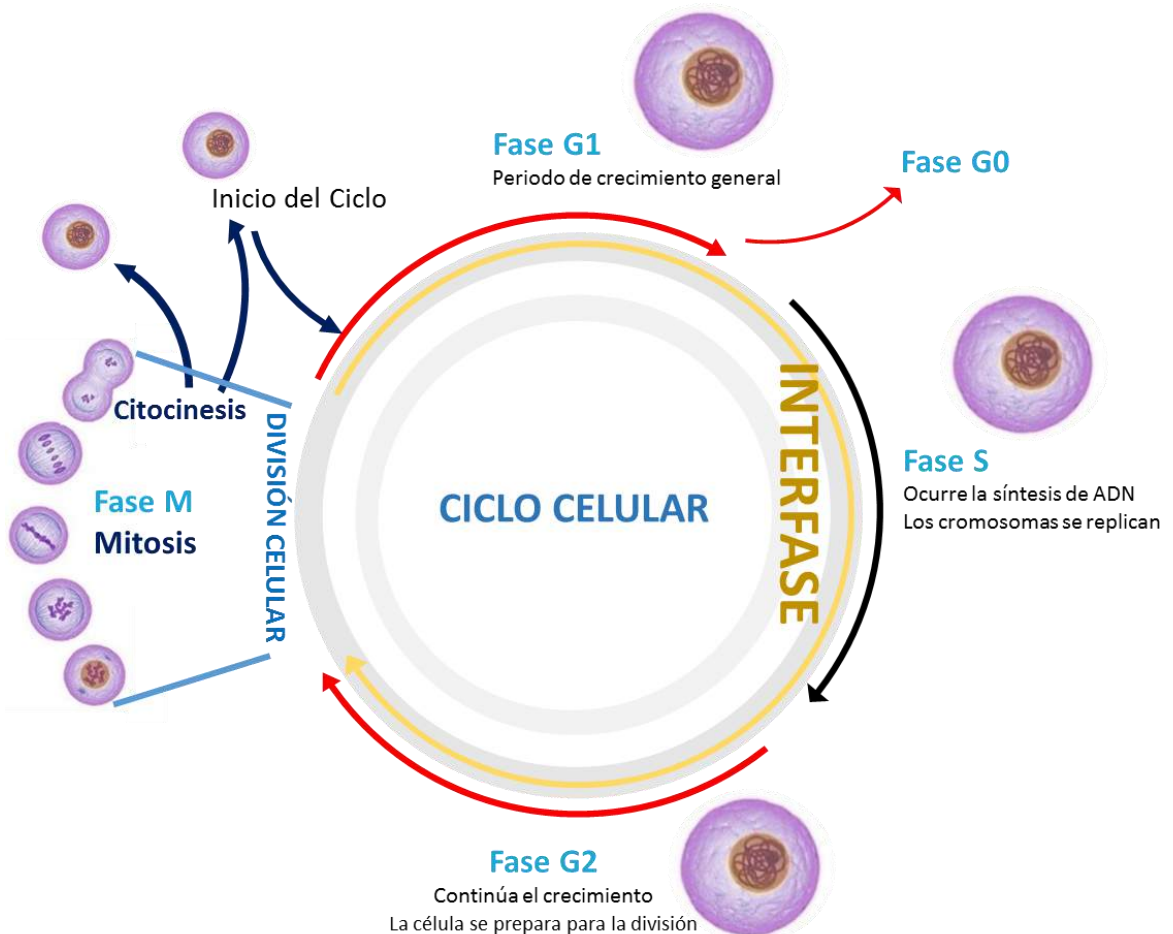


Figura 30. Fases del ciclo celular en células eucarióticas

IX. DIVISIÓN MITÓTICA

La **división mitótica** es el mecanismo de la reproducción asexual de las células eucariontes y consiste en una división del núcleo (llamada **mitosis**), seguida por la división del citoplasma (la **citocinesis**).

La palabra “mitosis” proviene del término griego que significa “hilo”; durante la cual, los cromosomas se condensan y aparecen como delgadas estructuras filamentosas. La citocinesis (“movimiento de la célula” en griego) es la división del citoplasma en dos células hijas (Audesirk et al., 2013).

Después de la interfase, cuando los cromosomas de la célula se duplicaron y se realizaron otros preparativos

necesarios para la división, puede realizarse la división mitótica.

Con base en el aspecto y actividad de los cromosomas, la mitosis se divide en cuatro fases: **profase**, **metafase**, **anafase** y **telofase** (Audesirk et al., 2013).

Durante la **profase** (que en griego significa “etapa previa”), ocurren tres hechos principales (Figura 32):

- 1) Los cromosomas duplicados se condensan.
- 2) Se forman los microtúbulos del huso.
- 3) Estos microtúbulos del huso se unen a los cromosomas

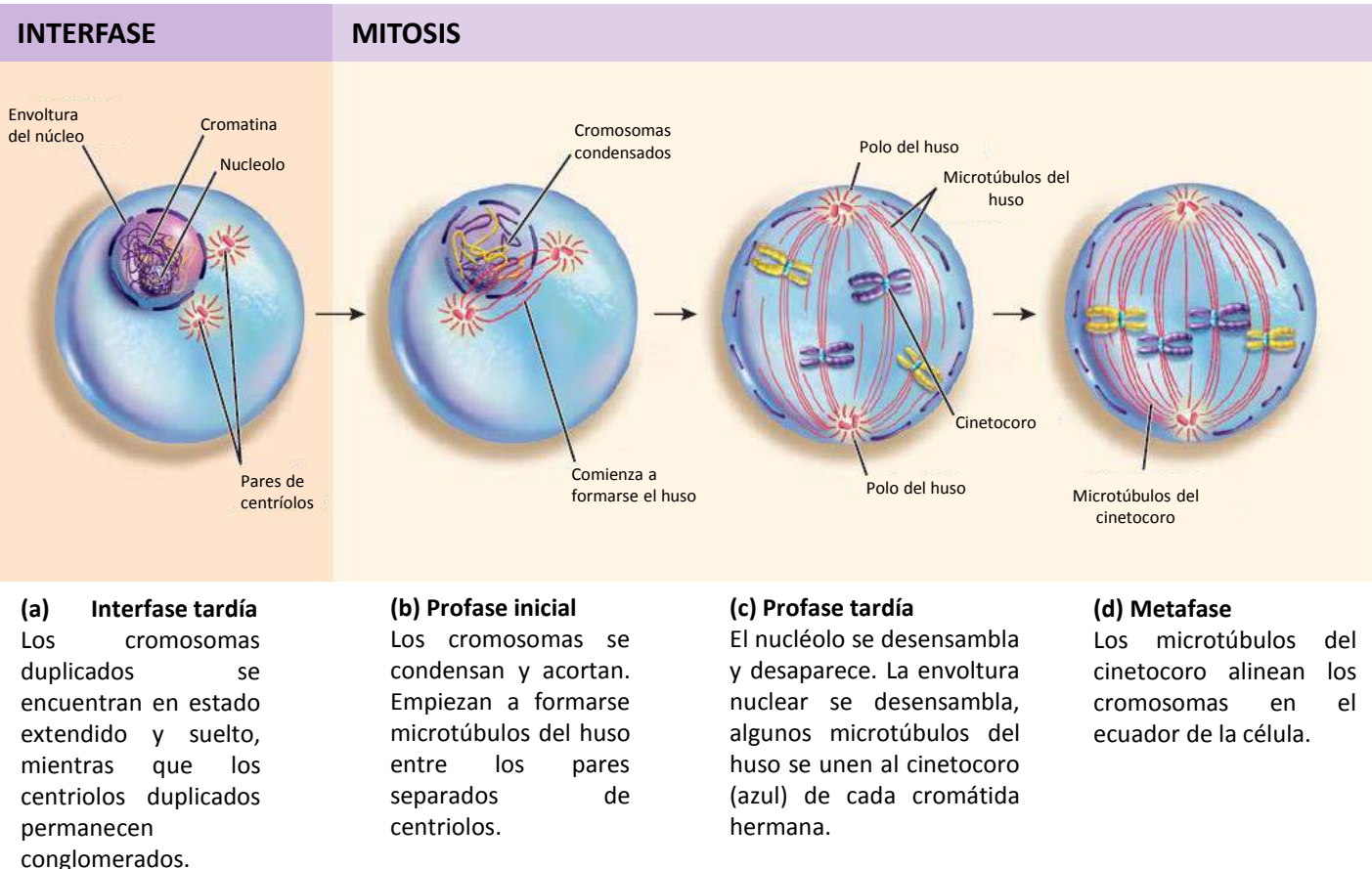


Figura 31. División mitótica (etapas de la profase)

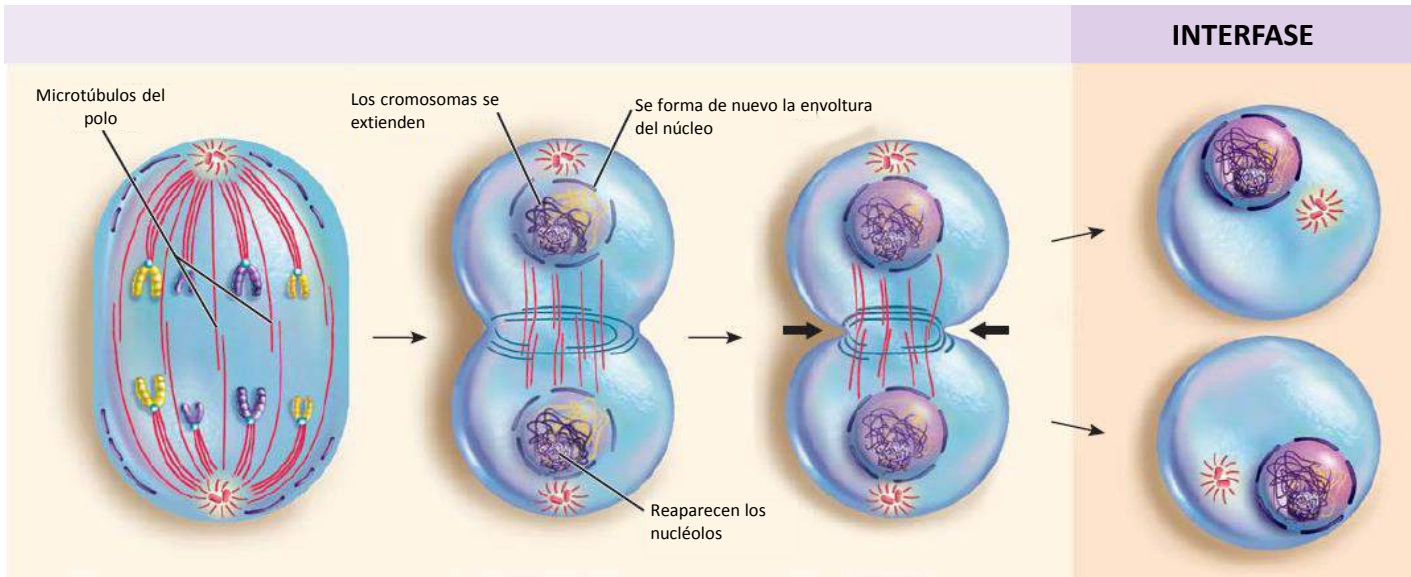
La mitosis da a cada núcleo de las células hijas una copia de los cromosomas duplicados de la célula progenitora y la citocinesis deposita un núcleo en cada célula hija.

Por tanto, la división mitótica produce dos células hijas que son genéticamente idénticas entre sí y a la célula madre, que contienen cantidades iguales de citoplasma (Figura 32).

La división mitótica, seguida por la diferenciación de las células hijas, permite al óvulo fecundado convertirse en individuo adulto con, quizá, billones de células especializadas (Audesirk et al., 2013).

Gracias a esta, un organismo puede mantener sus tejidos, muchos de los cuales necesitan reemplazos; por ejemplo, para reparar partes dañadas por una herida o incluso regenerar partes completas.

La división mitótica es también el mecanismo por el que se reproducen las células madre (Audesirk et al., 2013).



(e) Anafase

Las cromátidas hermanas se separan y se mueven a los polos opuestos de la célula. Los microtúbulos apartan los polos.

(f) Telofase

Un juego de cromosomas llega a cada extremo y comienza a extenderse, comienzan a formarse envolturas nucleares; empiezan a reaparecer nucléolos, los microtúbulos del huso comienzan a desensamblarse, alrededor del ecuador se forman los anillos de los microfilamentos.

(g) Citocinesis

El anillo de los microfilamentos se contrae y divide las células en dos, cada célula hija recibe un núcleo y alrededor de la mitad del citoplasma.

(h) Interfase de las células hijas

Los husos se desensamblan y desaparecen. Se forman envolturas nucleares intactas y los cromosomas se extienden por completo.

Figura 32. División mitótica

9.1 Citocinesis en una célula vegetal

La **citocinesis** de las células vegetales es muy diferente, quizá porque sus paredes rígidas hacen imposible que se divida una célula en dos por opresión de la cintura. En cambio, vesículas llenas de carbohidratos, que brotan del aparato de Golgi, se alinean a lo largo del ecuador de la célula entre los dos núcleos (Figura 33).

Las vesículas se fusionan y producen una estructura llamada **placa celular**, que es como un saco aplanado, rodeado por membrana y lleno de carbohidratos pegajosos.

Cuando se fusionan suficientes vesículas, las orillas de la placa celular se unen con la membrana plasmática en la circunferencia de la célula. Los dos lados de la membrana de la placa forman nuevas membranas plasmáticas entre las dos células hijas.

Los carbohidratos que estaban en las vesículas se quedan entre las membranas plasmáticas como parte de la pared celular (Audesirk et al., 2013).

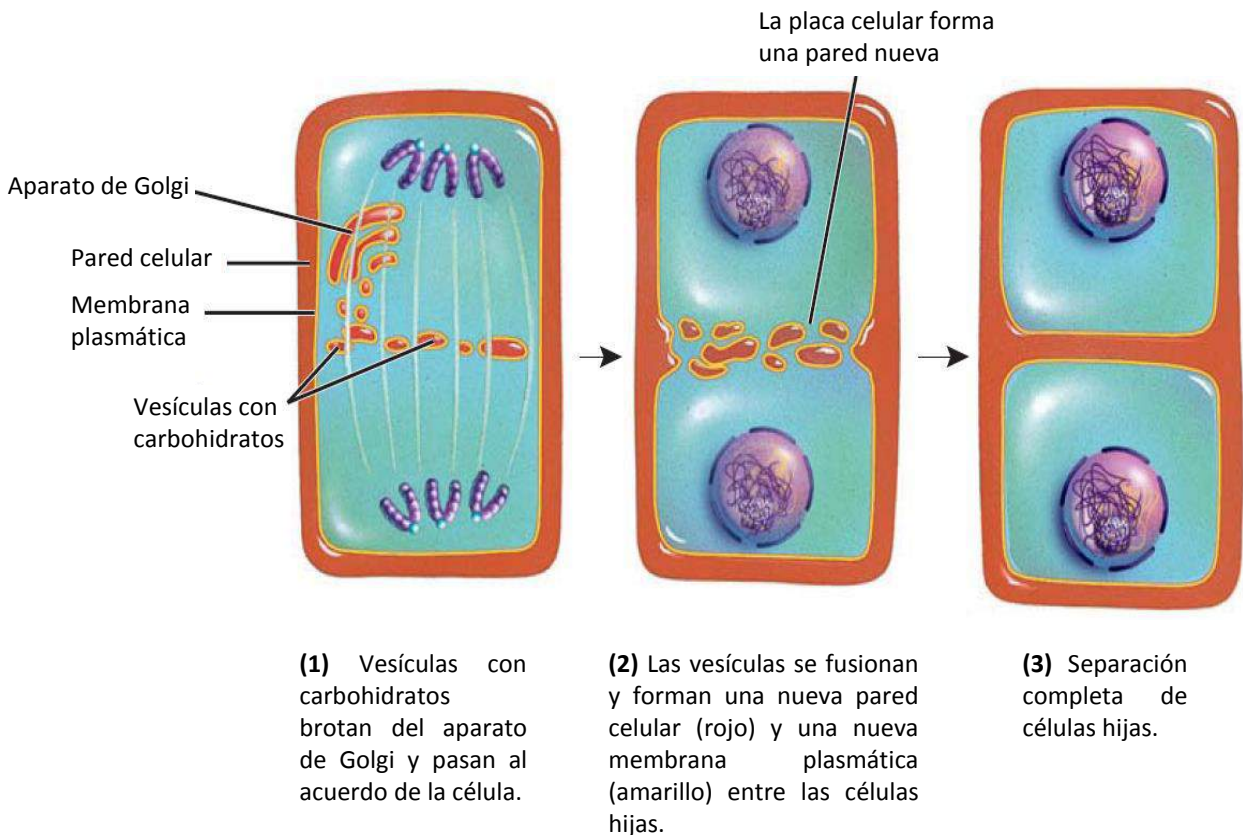


Figura 33. Citocinesis de una célula vegetal

X. DIVISIÓN MEIÓTICA

La **división meiótica** es un requisito de la reproducción sexual en todos los organismos eucariontes. En los animales, la división meiótica ocurre únicamente en ovarios y testículos.

La división meiótica consiste en una división especializada del núcleo llamada **meiosis** y dos rondas de citocinesis para producir cuatro células hijas que pueden convertirse en gametos (óvulos o espermatozoides)(Figura 34). Los gametos llevan la mitad del material genético del progenitor. Las células producidas por división meiótica no son genéticamente idénticas entre ellas ni a la célula original (Audesirk et al., 2013).

La clave de la reproducción sexual en los eucariontes es la meiosis, la producción de núcleos haploides de padres con cromosomas apareados.

En la división meiótica (meiosis seguida por citocinesis), cada célula hija recibe un miembro de cada par de cromosomas homólogos.

Por tanto, la meiosis (que proviene de la palabra griega que significa “disminuir”) reduce a la mitad el número de los cromosomas de una célula diploide (Audesirk et al., 2013).

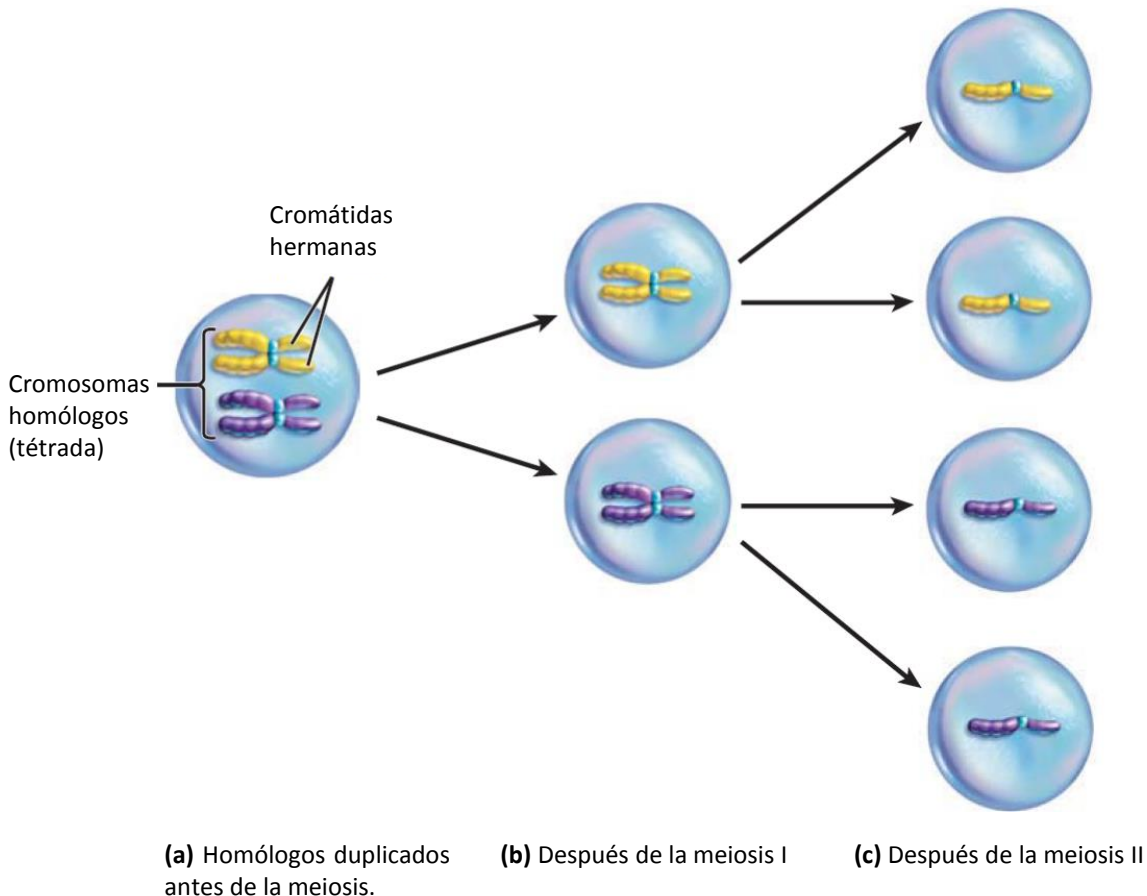


Figura 34. La meiosis reduce a la mitad el número de cromosomas

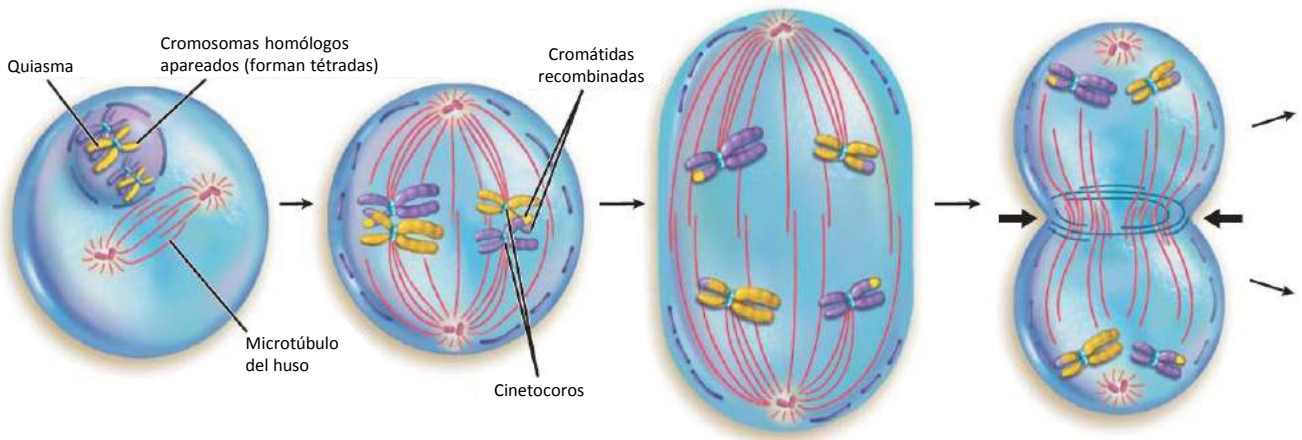
10.1 Meiosis I

Las fases de la meiosis llevan los mismos nombres que las fases aproximadamente equivalentes de la mitosis, seguidas por el número I o II para distinguirlas de las dos divisiones nucleares que ocurren en la meiosis.

La primera división de la meiosis (llamada meiosis I) separa los pares de homólogos y envía uno de cada par a cada uno de los dos núcleos hijos, con lo que se producen dos núcleos haploides (Figura 36). Ahora bien, cada homólogo sigue constando de dos cromátidas (Audesirk et al., 2013).

En las descripciones siguientes, suponemos que hay una citocinesis junto con las divisiones nucleares. Como en la mitosis, los cromosomas se duplican en la interfase, antes de la meiosis, y las cromátidas hermanas de cada cromosoma se unen una a la otra en el centrómero. Cuando comienza la meiosis (Audesirk et al., 2013).

MEIOSIS I



(a) Profase I

Los cromosomas duplicados se condensan. Los cromosomas homólogos se aparean, forman una tétrada y se producen quiasmas cuando las cromátidas de los homólogos intercambian partes por entrecruzamiento. La envoltura nuclear se desensambla y desaparece y se forman los microtúbulos del huso.

(b) Metafase I

Los cromosomas homólogos apareados se alinean a lo largo del ecuador de la célula. Un homólogo de cada par se dirige a un polo de la célula y se une a los microtúbulos del huso por medio del cinetocoro (azul).

(c) Anafase I

Los homólogos se separan y un miembro de cada par se dirige a un polo de la célula. Las cromátidas hermanas no se separan.

(d) Telofase I

Se desensamblan y desaparecen los microtúbulos del huso. Se forman dos agrupamientos de cromosomas, cada uno con un miembro de cada par de homólogos. Por tanto, los núcleos hijos son haploides. En esta etapa ocurre la citocinesis. La interfase entre la meiosis I y la meiosis II es breve o falta.

Figura 35. División meiótica (meiosis I)

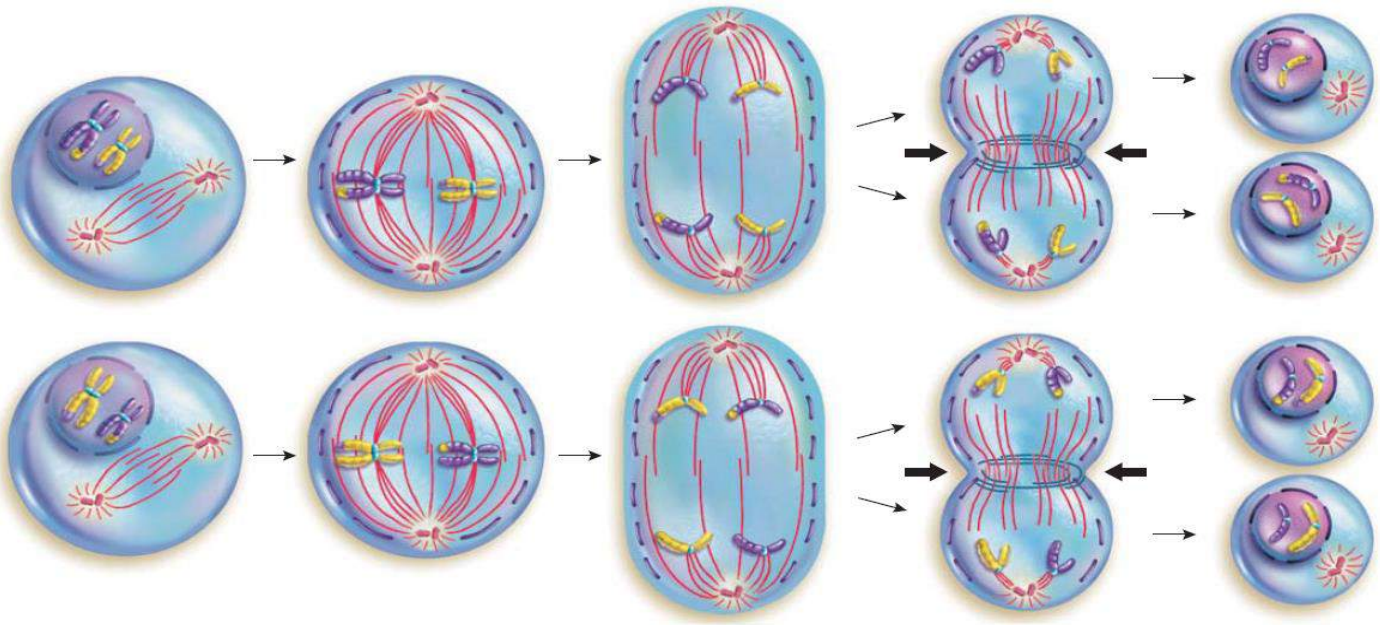
10.2 Meiosis II

Una segunda división (llamada meiosis II) separa las cromátidas y empaqueta una cromátida en cada uno de los otros dos núcleos hijos. Por tanto, al final de la meiosis hay cuatro núcleos haploides hijos, cada uno con una copia de cada cromosoma homólogo.

Como cada núcleo se encuentra en una célula diferente, la división meiótica produce cuatro células haploides a partir de una célula diploide original (Audesirk et al., 2013).

La meiosis evolucionó de la mitosis, así que muchas de las partes y acontecimientos de la meiosis se parecen o son idénticos en la mitosis. Sin embargo, la meiosis se distingue de la mitosis en un sentido importante: durante la meiosis, la célula pasa por *una* ronda de replicación de ADN seguida por *dos* divisiones del núcleo (Audesirk et al., 2013).

MEIOSIS II



(e) Profase II

Si los cromosomas se extendieron después de la telofase I, vuelven a condensarse. Se vuelven a formar los microtúbulos del huso y se unen a las cromátidas hermanas.

(f) Metafase II

Los cromosomas se alinean a lo largo del ecuador, con las cromátidas hermanas de cada cromosoma unidas a microtúbulos del cinetocoro que llevan a polos opuestos.

(g) Anafase II

Las cromátidas hermanas se separan en cromosomas hijos independientes y se dirigen cada uno a un polo.

(h) Telofase II

Los cromosomas concluyen su traslado a los polos opuestos. Se vuelven a formar las envolturas nucleares y los cromosomas se extienden de nuevo (no se muestran aquí)

(i) Cuatro células haploides

La citocinesis da por resultado cuatro células haploides, cada una con un miembro de cada par de cromosomas homólogos (que aquí muestran en estado condensado)

Figura 36. División meiótica (meiosis II)

XI. MUERTE CELULAR

Las células pueden ser eliminadas en cualquier momento de su ciclo celular. Esta eliminación puede estar mediada por mecanismos internos celulares o por la acción de agentes externos.

Con base en criterios morfológicos y bioquímicos, en las células eucariotas se han definido tres clases de muerte celular: **apoptosis**, **autofagia** y **necrosis** (Figura 37) (Ramírez-Agudelo y Rojas-López, 2010).

11.1 Apoptosis

La apoptosis es un proceso activo en el que se consume ATP, mediado primordialmente por caspasas. En cuanto a los cambios morfológicos, la apoptosis se caracteriza por la condensación de la cromatina y fragmentación del núcleo y del DNA, dando origen a los cuerpos apoptóticos que contiene material celular degradado.

La apoptosis es esencial para el desarrollo y homeostasis de los tejidos, participa en la respuesta inmune y, en general, en todos los procesos fisiológicos.

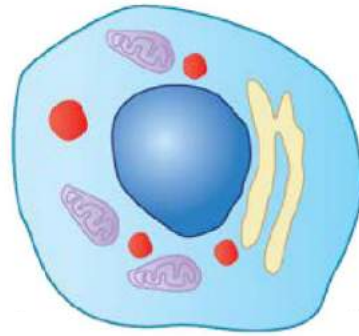
Se ha demostrado que la muerte celular en procariontes es muy similar al proceso apoptótico que realizan las células eucariotas (Hochman, 1997).

11.2 Autofagia

Es un proceso lento que inicialmente afecta a organelos y comportamientos celulares. Durante la autofagia algunas porciones del citoplasma quedan aisladas dentro de una vacuola de doble membrana y son digeridas por hidrolasas lisosomales. Este mecanismo es inducido en condiciones microambientales adversas como limitantes de nutrientes y cuando se debe remover un organelo con alteraciones funcionales.

11.3 Necrosis

En la necrosis hay ganancia de volumen celular (oncosis), ruptura de la membrana plasmática y salida del material intracelular. El aspecto de las células necróticas resulta de la desnaturalización de proteínas y de la digestión enzimática autolítica o heterolítica.

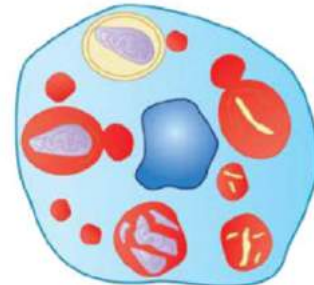


CÉLULA SANA



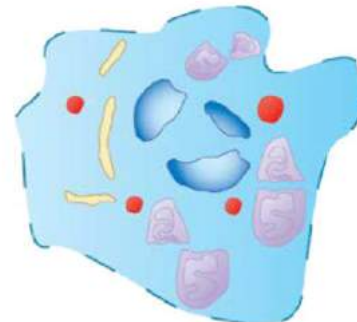
APOPTOSIS

Las células apoptóticas presentan evaginaciones características y fragmentación nuclear.



AUTOFAGIA

La autofagia se ilustra con numerosos compartimentos acidificados y vesículas de doble membrana.



NECROSIS

La muerte celular necrótica muestra la lisis de la membrana plasmática y la inflamación de los orgánulos

Figura 37. Tipos de muerte celular.



Apoptosis

<https://es.khanacademy.org/science/biology/developmental-biology/apoptosis-in-development/v/apoptosis>

REFERENCIAS

- Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Walter, P. (2011). *Introducción a la Biología Celular* (3ª ed.) Buenos Aires, Argentina: Medica Panamericana.
- Alberts, B., Bray, D., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. y Walter, P. (2002). *Molecular Biology of the Cell* (4ª ed.) Nueva York, Estados Unidos: Garland Science.
- Angulo Rodríguez, A.A., Galindo Uriarte, A.R., Avendaño Palazuelos, R.C. y Pérez Angulo, C. (2012). *Biología Celular* (1 ed.). Sinaloa, México: UAS: DGEP.
- Anzalone, R.,A. y Rojas de G., B. (1974). *Curso de Zoología Teórico-Práctico* (4ª. ed). Montevideo, Uruguay: Barreiro Ramos S.A. Editores.
- Arista, H., Cieza, J. y Díaz, D. (2011). *La Teoría Endosimbiótica*. En *Biología Médica*. Recuperado el 11 de marzo de 2019 de <http://biologiamedica.blogspot.com/2011/09/la-teoria-endosimbiotica.html>
- Audesirk, T., Audesirk, G. y Byers, B. E. (2013). *Biología. La vida en la Tierra con Fisiología* (9ª ed.) Ciudad de México, México: Pearson Education de México.
- Biología. (2015). En Khan Academy. Recuperado el 08 de marzo de 2019 de <https://es.khanacademy.org/science/biology>
- Biología Celular – Concepto, Origen, Campos de estudio e Importancia. (s.f.). En Biositio. Recuperado el 12 de marzo de 2019 de <https://biositio.com/biologia/biologia-celular>
- Célula. (s.f.). En Instituto Nacional del Cáncer. Recuperado el 12 de marzo de 2019 de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionario/def/celula>
- Cooper, G. M. (2001). *La Célula* (5ª ed). Madrid, España: Marbán.
- Croft, W.J. (2006). *Under the microscope a brief history of microscopy* . Singapore: World Scientific Publishing Corporation.
- Edens L. J., White K. H., Jevtic P., Li X. y Levy D. L. (2013). Nuclear size regulation: from single cells to development and disease. *Trends in cell biology* 23:151-159.
- Genomas eucariota y procariota. (2015). En Word Press. Recuperado el 11 de marzo de 2019 en <https://cadgblogwordpresscom.wordpress.com/2015/11/30/genomas-eucariota-y-procariota/>
- Griswold, A. (2008). Genome packaging in prokaryotes: the circular chromosomes of E. coli. *Nature Education* 1(1), 57. Disponible en línea en: <https://www.nature.com/scitable/topicpage/genome-packaging-in-prokaryotes-the-circular-chromosome-9113>
- Guerrero Barrera, A.L., Segura Nieto, M. y de la Garza, Mireya (2000). ¿Tienen citoesqueleto las bacterias?. *Mensaje Bioquímico*, 24, 137-157.
- Guo, T. y Fang, Y. (2014). Functional organization and dynamics of the cell nucleus. *Frontiers in plant biology*, vol 5. Artículo 378. doi: 10.3389/fpls.2014.00378
- Hochman, A. (1997). Programmed cell death in prokaryotes. *Crit. Rev. Microbiol.*, 23(3), 207-214. doi:10.3109/10408419709115136

- Karp, G. (2011). *Biología Celular y Molecular* (6ª ed). Ciudad de México, México: Mc Graw-Hill Interamericana.
- Lodish, H., Berk, A., Matsudzira, P., Kaiser, A. C., Krieger, M., Scott, P. M., Ziporsky, S. L. y Darnell, J. (2005). *Biología celular y molecular* (5ª ed). Santa Fe de Bogotá, Colombia: Editorial Médica Panamericana.
- Mckee, T. y Mckee, J. R. (2003). *Bioquímica: la base molecular de la vida* (1 ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Montalvo, C.E (2010). Microscopía [Archivo PDF]. Recuperado el 11 de marzo de 2019 de http://bct.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2018/08/2_microscopia.pdf
- Nieto, L., M. G. (2010). Fundamentos en la preparación de muestras para microscopía electrónica de barrido [Archivo PDF]. Recuperado el 13 de marzo de 2019 de <https://docplayer.es/3046828-Fundamentos-en-la-preparacion-de-muestras-para-microscopia-electronica-de-barrido-m-c-maria-guadalupe-nieto-lopez.html>
- Pared celular (s.f.). En ECURED. Recuperado el 13 de marzo de 2019 de https://www.ecured.cu/Pared_celular
- Pared celular de las plantas: Función, estructura y aplicaciones (s.f.). En Arredondo-Santoyo, M. y Vázquez-Marrufo, G. Recuperado el 13 de marzo de 2019 de <https://www.sabermas.umich.mx/archivo/articulos/323-numero-38/587-pared-celular-de-las-plantas-funcion-estructura-y-aplicaciones.html>
- Parraga, A. y Fernández R. (1994). Una mirada retrospectiva sobre la evolución histórica de las formas del microscopio [Archivo PDF]. Cuaderno Hospital Clínico. Recuperado el 11 de marzo de 2019 de : <http://saludpublica.bvsp.org.bo/textocompleto/facmed/chc1994400109.pdf>
- Potón, J. (2008). La pared celular de los hongos y el mecanismo de acción de la anidulafungina. *Rev Iberoam Micol*, 25, 78-82.
- Prin, J.L. (2010) Operando el microscopio electrónico como herramienta para el estudio de los polímeros y otros materiales. i. el microscopio electrónico de barrido (MEB). *Revista Iberoamericana de Polímeros* 11(1), 26-42.
- Prokaryotic cytoskeleton (2018). En Wikipedia. Recuperado el 13 de marzo de 2019 https://en.wikipedia.org/wiki/Prokaryotic_cytoskeleton
- Ramírez-Agudelo, M. E. y Rojas-López, M. (2010). La necrosis, un mecanismo regulado de muerte celular. *IATREIA*, 23(2), 166-177.
- Sánchez, L.R. y Oliva García, N.R. (2015) Historia del microscopio y su repercusión en la Microbiología. *Humanidades Médicas* 15 (2), 355-372. Recuperado el 11 de marzo de 2019 de <http://www.medigraphic.com/pdfs/hummed/hm-2015/hm152i.pdf>
- Tipos de microscopios (s/f). En Mundo Microscopio [Archivo PDF] Recuperado el 11 de marzo de 2019 de <https://www.mundomicroscopio.com/tipos-de-microscopios/>
- Ubero, P., N. (2009). Técnicas de microscopía aplicadas a las ciencias forenses [Archivo PDF]. Recuperado el 13 de marzo de 2019 de https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/13917/1/GD-MicApliCCFF-2010_11.pdf
- Vaquero, A. y Bosch-Presegué, L. (2017). Papel diferencial de las isoformas de HP1 en la organización y estructura de la heterocromática. *Genética Médica* 4(92), 20-22.

GLOSARIO

A.....

Aerobio: cualquier proceso biológico u organismo que pueda o deba ocurrir en presencia de oxígeno molecular (O₂).

Actina: proteína filamentosa que se encarga de conferir su forma a la célula, fijar proteínas de membrana y participar en los movimientos celulares.

Agalla: hinchamiento o crecimiento excesivo que aparece en las plantas como resultado de la infección. Este crecimiento excesivo del tejido vegetal es resultado de la hipertrofia (incremento en el tamaño de la célula) o hiperplasia (incremento en el número de células).

Agente fitopatogénico: organismo capaz de causar enfermedades a los vegetales.

Aislamiento: separación de un patógeno de su hospedante y su cultivo en un medio nutritivo.

Anaerobio: se aplica a procesos biológicos u organismos que deben o pueden vivir sin oxígeno libre.

Ánodo: polo positivo de un generador de electricidad por el que entra la corriente.

Apoptosis: tipo de muerte celular en la que una serie de procesos moleculares en la célula conducen a su muerte. Este es un método que el cuerpo usa para deshacerse de células innecesarias o anormales. El proceso de apoptosis puede estar bloqueado en las células cancerosas. También se llama muerte celular programada.

Arquea: grupo de microorganismos procariotas unicelulares parecidas a las bacterias, pero por sus características tan particulares a partir de la década de los 70's se consideran como un dominio separado de éstas.

ATP: adenosin trifosfato, por sus siglas en inglés, es un nucleótido fundamental en la obtención de energía celular. Está formado por una base nitrogenada unida a un azúcar tipo pentosa y enlazado con tres grupos fosfato. Es la principal fuente de energía para la mayoría de las funciones celulares.

Autofagia: proceso normal mediante el cual una célula destruye proteínas y otras sustancias en su citoplasma (el líquido que está dentro de la membrana celular, pero fuera del núcleo), que pueden producir la muerte celular.

B.....

Bacteria: microorganismo procariota de pocos micrómetros y diversas formas (cocos, bacilos, vibrios y espirilos). No tienen un núcleo definido ni orgánulos membranosos internos.

Bicapa de fosfolípidos: es una delgada membrana polar formada por dos capas de lípidos que se encuentra alrededor de las células y sus estructuras. Mantienen a los iones, a las proteínas y otras moléculas donde se necesitan evitando su dispersión.

Biología celular: es la rama de la ciencia que estudia las propiedades, funciones, estructuras y componentes de las células, así como su ciclo vital y la interacción que tienen con el ambiente.

C.....

Cátodo: electrodo positivo de una célula electrolítica hacia el que se dirigen los iones negativos.

Caspasas: enzimas que intervienen en el proceso de apoptosis. El término caspasa hace referencia a las propiedades catalíticas de esta familia de enzimas; la “c” refleja un mecanismo de proteinasa de cisteína, y el término “aspasa” se refiere a su capacidad exclusiva para fragmentar residuos de ácido aspártico

Célula: unidad funcional y estructural básica de los seres vivos.

Ciclo celular: comprende toda una serie de acontecimientos o etapas que tienen lugar en la célula durante su crecimiento y división. Una célula pasa la mayor parte de su tiempo en la etapa llamada interfase, y durante este tiempo crece, duplica sus cromosomas y se prepara para una división celular.

Citoesqueleto: entramado tridimensional de proteínas que provee soporte interno en las células, organiza las estructuras internas e interviene en los fenómenos de transporte, tráfico y división celular.

Citoplasma: contenido viscoso que se encuentra dentro de la célula rodeado por la membrana plasmática.

Cromatina: sustancia que se encuentra en el núcleo de la célula formando el material cromosómico durante la interfase; está compuesto de DNA unido a proteínas.

Cromosomas (del griego *chroma* = color; *soma* = cuerpo): estructuras del núcleo de la célula eucariota que consiste en moléculas de DNA (que contienen los genes).

Cuerpo de inclusión: son agregados proteicos densos, retráctiles, altamente hidratados, resistentes a algunos detergentes, cilíndricos y de medida variable.

D.....

DNA: ácido desoxirribonucleico. Ácido nucleico compuesto de dos cadenas polinucleotídicas que se disponen alrededor de un eje central formando una doble hélice, capaz de autoreplicarse y codificar la síntesis de RNA.

E.....

Electrón: partícula elemental más ligera que constituye a los átomos . Se trata de una partícula subatómica que rodea al núcleo del átomo, que está compuesto por protones y neutrones. Los electrones definen las atracciones entre los átomos y generan, a través de su movimiento, corriente eléctrica en la mayoría de los metales.

Eucariotas (del griego *eu* = verdadero; *karyon* = núcleo): organismos caracterizados por poseer células con un núcleo verdadero rodeado por membrana. Presentan citoesqueleto y contienen organelos membranosos.

E.....

Evolución: adaptación de los organismos a las variaciones del medio.

Exocitosis: es el proceso durable que consume energía y en el cual una célula dirige el contenido de vesículas secretoras de la membrana celular en el espacio extracelular.

Exón: secuencia del DNA que se transcribe en RNA mensajero y que es traducido a aminoácidos para la formación de la proteína que codifica ese gen (son las secuencias que se expresan).

F.....

Floema: tejido conductor encargado del transporte de nutrientes orgánicos e inorgánicos, especialmente azúcares.

G.....

Gen: segmento específico de DNA que controla las estructuras y funciones celulares; la unidad funcional de la herencia.

Genoma: conjunto completo de DNA (material genético) en un organismo que determina todas sus características y funciones.

Glicoproteína: es una molécula compuesta por una proteína unida a uno o varios glúcidos, simples o compuestos. Cuando se encuentra en la superficie de las membranas plasmáticas su función es estructural y de reconocimiento celular.

Glucano: tipo de polisacárido formado específicamente por unidades monómeras del monosacárido D-glucosa, unidos entre si por medio de enlaces glucosídicos.

Glucocálix: exudado polimérico extracelular compuesto por proteínas y carbohidratos producido por algunas bacterias y células como las epiteliales de las superficies mucosas.

Glucosa: es un monosacárido que sirve como fuente de energía para las células, mediante su oxidación catabólica y es el componente principal de polímeros de importancia estructural como la celulosa y de polímeros de almacenamiento energético como el almidón y el glucógeno.

I.....

Intrón: secuencia no codificante de un gen que, aunque es inicialmente transcrito a RNA mensajero, se pierde durante el proceso de ensamblaje, por lo que no está presente en el RNA mensajero maduro.

L.....

Lentes: se denominan lentes a ciertos aditamentos transparentes (vidrio, plástico, etc.) que presentan por lo menos una de sus superficies curvas.

Lentes convergentes o positivas: se caracterizan porque concentran los rayos luminosos paralelos que se desplazan a través de ellas, en un punto denominado foco.

Lente electromagnética: las lentes electromagnéticas en un microscopio electrónico son el equivalente de las lentes de vidrio en un microscopio óptico. Se comportan siempre como lentes convergentes, y su distancia focal es variable en función de la corriente eléctrica que circula por su interior.

Longitud de onda: distancia que existe entre dos crestas o dos valles sucesivos de la onda luminosa. Las longitudes de onda de la luz son muy pequeñas.

M.....

Meiosis: forma especial de división celular en la que cada célula hija recibe la mitad de la cantidad de DNA que tiene la célula madre. La meiosis tiene lugar en los mamíferos durante la formación del huevo y los espermatozoides.

Membrana: bicapa lipídica donde se encuentran integradas proteínas y otros compuestos.

Metabolismo: conjunto de procesos y reacciones químicas encargadas de sintetizar y degradar otras sustancias.

Microbiología: rama de la biología dedicada a estudiar los organismos que son solo visibles a través del microscopio (virus, procariontes y eucariontes simples).

Microscopio: instrumento óptico para ampliar la imagen de objetos o seres, o de detalles de éstos, tan pequeños que no se pueden ver a simple vista; consta de un sistema de lentes de gran aumento.

Microscopio óptico: instrumento que permite observar en un tamaño aumentado elementos que son imperceptibles a simple vista.

Microtúbulo: son estructuras celulares formadas por polímeros proteicos y se extienden a lo largo de todo el citoplasma. Difiere entre las células procariotas y eucariotas.

Miosina: es una proteína fibrosa que permite principalmente la contracción de los músculos e interviene en la división celular y el transporte de vesículas.

Mitosis: proceso por el cual una sola célula parental se divide para producir dos células hijas. Cada célula hija recibe un conjunto completo de cromosomas de la célula parental. Este proceso le permite al cuerpo crecer y reemplazar las células.

Mollicutes fitopatógenos : los miembros de la clase Mollicutes se caracterizan por carecer de pared celular, tienen un genoma pequeño de 680 a 1,600 kb, y un bajo contenido guanina-citosina. Son los organismos fitopatógenos más pequeños que poseen toda la maquinaria necesaria para autoreplicarse.

N.....

Núcleo: estructura membranosa que tiene la función de ejercer un control sobre las actividades de las células y de conservar la integridad de los genes.

O.....

Ocular: el ocular de un microscopio es uno de los elementos esenciales del sistema óptico. Su función es magnificar la imagen de la muestra que ha sido previamente aumentada por el objetivo y a través del ocular se observa la muestra.

Operón: unidad genética funcional formada por un grupo o complejo de genes capaces de ejercer una regulación de su propia expresión por medio de los sustratos con los que interacciona las proteínas codificadas por sus genes. Está formado por genes estructurales que codifican para la síntesis de proteínas (generalmente enzimas) que participan en vía metabólicas cuya expresión generalmente está regulada por otros dos factores de control llamados promotor y operador. El operador permite la activación/desactivación del promotor a modo de “interruptor génico” por medio de su interacción con un compuesto inductor. De esta manera el promotor dará lugar a la expresión/represión de los genes estructurales.

Óptica: rama de la física que está encargada del estudio del comportamiento que presenta la luz, así como también de sus características y principales manifestaciones.

Organelos: elemento celular que cumple una función específica dentro de la célula.

P.....

Peptidoglucano: es un copolímero formado por una secuencia alternante de N-acetil-glucosamina y el ácido N-acetilmurámico. Es muy resistente y protege a las bacterias de una ruptura osmótica en ambientes acuáticos, además, le da forma.

Plásmido: son moléculas de DNA extracromosómico generalmente circular que se replican y transmiten independientes del DNA cromosómico.

Polisacárido: son biomoléculas formadas por la unión de gran cantidad de monosacáridos. Se encuentran entre los glúcidos y cumplen diversas funciones, sobre todo de reserva energética y estructural.

Proteínas (del griego *proteios* = primario): polímeros constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos que intervienen en numerosas funciones celulares. Una de las clases de macromoléculas orgánicas que tienen funciones estructurales y de control en los sistemas vivientes.

Q.....

Quitina: es un carbohidrato que forma parte de las paredes celulares de los hongos, del exoesqueleto de los artrópodos y algunos órganos de otros animales como las quitas de anélidos.

R.....

Replicación del DNA: síntesis de nuevas cadenas de DNA a partir del material genético o DNA existente.

Resolución: capacidad de un objetivo de poder distinguir la distancia mínima que debe existir entre dos puntos del objeto para que se puedan visualizar como dos puntos separados.

R.....

Ribosomas: complejos macromoleculares de proteínas y RNA presentes en todas las células. Se encargan de sintetizar proteínas a partir de la información contenida en el DNA, que llega transcrita a los ribosomas en forma de RNA mensajero.

RNA: ácido ribonucleico. Ácido nucleico formado por una cadena polinucleotídica. Su nucleótido, consiste en una molécula del azúcar ribosa, un grupo fosfato, y una de estas cuatro bases nitrogenadas: adenina, uracilo, citosina y guanina. Hay diferentes tipos de moléculas de RNA (mensajero, de transferencia, ribosómico, etc.) con diferentes funciones.

T.....

Tejido: grupo de células de similar estructura que realizan una función específica.

Teoría de Endosimbiosis (postulada por Lynn Margulis): el origen las células eucariontes, es a partir de las células procariotas primitivas, la cual sufrió una modificación o pérdida de su pared celular, y por lo contrario adquirió a través de la fagocitosis la capacidad de unirse a otras células procariotas con diferentes funciones específicas de las cuales se obtuvieron las mitocondrias y los cloroplastos presentes en las células eucariotas modernas.

Tilacoide: son sacos aplanados que son independientes de la membrana interna del cloroplasto, sitio de las reacciones captadoras de luz de la fotosíntesis y de la fotofosforilación.

Tinción de Gram: es un tipo de tinción diferencial empleado en bacteriología para la visualización de bacterias. Las bacterias Gram positivas se tiñen de color morado, mientras que las bacterias Gram negativas se tiñen de rosa, rojo o grosella.

Traducción: proceso de la expresión genética mediante el cual se realiza la síntesis proteica. En la traducción, el RNA mensajero se decodifica para generar una cadena específica de aminoácidos, llamada polipéptido para la formación de las proteínas, de acuerdo con las reglas especificadas por el código genético.

Transcripción: proceso de la expresión genética mediante el cual se transfiere la información contenida en la secuencia del DNA hacia la secuencia de proteína utilizando diversos RNA como intermediarios. Durante la transcripción genética, las secuencias de DNA son copiadas a RNA mediante una enzima llamada RNA polimerasa que mantiene la información de la secuencia del DNA.

Tubulina: se denomina como un heterodímero que al ensamblarse de manera altamente organizada genera uno de los principales componentes del citoesqueleto, como los microtúbulos.

DIRECTORIO

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula
SECRETARIO DE SADER

SENASICA

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga
DIRECTOR EN JEFE DEL SENASICA

Ing. Francisco Ramírez y Ramírez
DIRECTOR GENERAL DE SANIDAD VEGETAL

Dr. José Abel López Buenfil
DIRECTOR DEL CENTRO NACIONAL REFERENCIA FITOSANITARIA

M. en C. José Gustavo Torres Martínez
SUBDIRECTOR DE DIAGNÓSTICO FITOSANITARIO

Compilado por:

Grupo DiaFi

M. en C. Ariana G. Robles Zárate

Dra. Berenice Calderón Pérez

Ing. Lizeth Guadalupe Durán Espinosa

Biól. Salomé Alcasio Rángel

Ing. Sandra Valeria Soto Cárdenas

Revisión Técnica:

Grupo DiaFi

M. en C. Ariana G. Robles Zárate

Dra. Berenice Calderón Pérez

Diseño y Edición:

Grupo DiaFi

M. en C. Ariana G. Robles Zárate

Forma recomendada de citar:

Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). (2019). Guía Introductoria: Conceptos Básicos de Biología Celular [Versión 1.0]. Tecámac, México: Autor.

www.gob.mx/sader

www.gob.mx/senasica

 **SENASICA SADER**

 **@SENASICA**

 **SENASICA SADER**

"Este programa es público, ajeno a cualquier partido político.
Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa".