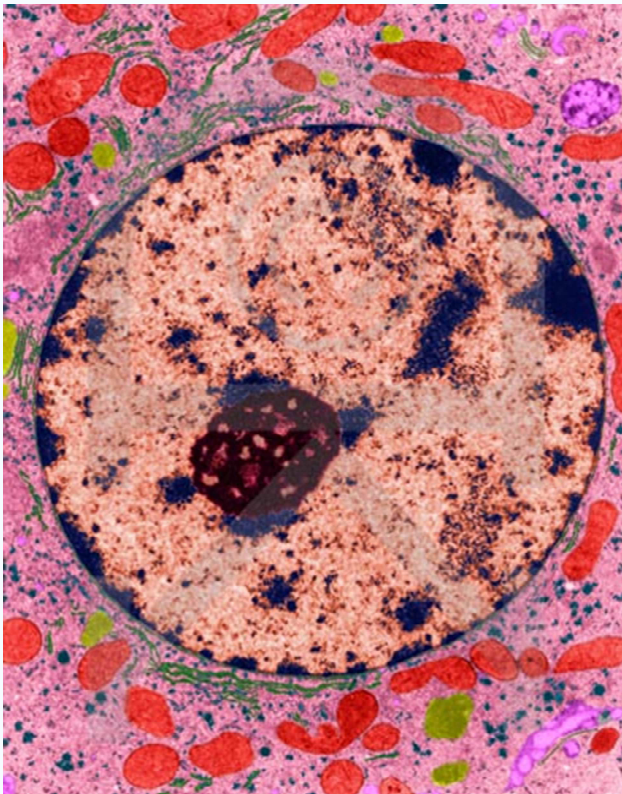


11

Orgánulos de doble membrana



1. LAS MITOCONDRIAS SON LAS CENTRALES DE ENERGÍA

En la membrana interna de la mitocondria se encuentran ATPasas

2. LOS CLOROPLASTOS CONVIERTEN LA ENERGÍA SOLAR EN QUÍMICA

En el estroma del cloroplasto abunda el RuBisCO

3. EL NÚCLEO DIRIGE LA VIDA CELULAR

El núcleo sólo es visible en la interfase
La envoltura nuclear tiene numerosos poros
El nucléolo se forma a partir de las NOR

4. CROMOSOMAS Y CROMATINA SON DOS FORMAS INTERCAMBIABLES DEL ADN CELULAR

Los cromosomas se empaquetan para la división celular
El conjunto ordenado de cromosomas forma el cariotipo

Núcleo celular rodeado de mitocondrias. Ver www2.estrellamountain.edu

DÓNDE BUSCAR INFORMACIÓN



Bibliografía y páginas web

- Bolinsky D.
https://www.ted.com/talks/david_bolinsky_animates_a_cell?language=es
- Farabee, M.J. 2007. Organización celular
<https://www2.estrellamountain.edu/faculty/farabee/biobk/BioBookCELL2.html>
- Redes, tv2. Origen de la vida, entrevista a Lyn Margulis
<https://www.youtube.com/watch?v=reeWlckqbUw>
- Schnek, A. y Massarini, A. 2008. Curtis. Biología. 7ª ed. México: Médica Panamericana.
<http://www.curtisbiologia.com/p1855>
- Villatoro, F. R. 2016. Células eucariotas sin mitocondrias
<http://francis.naukas.com/2016/05/13/36010/>



Noticias curiosas

Las técnicas de reemplazo mitocondrial han sido aprobadas en Reino Unido en febrero de 2015. Esta técnica, en la que el futuro bebe tiene ADN de dos madres, permite la donación de mitocondrias sanas a otra mujer, que es portadora del ADN nuclear pero cuyas mitocondrias llevan genes que determinan ciertas enfermedades. No permite tratar a una persona con una enfermedad mitocondrial, pero si satisfacer el deseo de los futuros padres a tener descendencia con un riesgo reducido de padecer la enfermedad materna.
<http://revistageneticamedica.com/2016/03/06/el-reemplazo-de-mitocondrias/>

OBJETIVOS

1. Recordar el origen endosimbiótico de los orgánulos energéticos
2. Conocer la estructura interna de mitocondrias y cloroplastos
3. Relacionar la estructura interna de mitocondrias y cloroplastos con la función que realizan
4. Explicar la estructura interna del núcleo y los elementos que alberga
5. Entender que el núcleo como tal sólo aparece en la interfase
6. Reconocer los distintos niveles de empaquetamiento de la fibra de cromatina
7. Explicar en detalle la composición química de un nucleosoma
8. Enumerar las diferencias entre los cromosomas en relación a la posición del centrómero
9. Diferenciar entre cromosomas homólogos y cromátidas hermanas

CONCEPTOS CLAVE

<i>ARNn, 10</i>	<i>heterocromatina, 12</i>
<i>ARNr, 10</i>	<i>heterocromosoma, 14</i>
<i>ATP, 5</i>	<i>histonas, 11</i>
<i>autosomas, 14</i>	<i>interfase, 8</i>
<i>cariotipo, 14</i>	<i>leucoplasto, 7</i>
<i>centrómero, 13</i>	<i>matriz, 5</i>
<i>cinetocoro, 13</i>	<i>membrana externa, 4</i>
<i>cloroplasto, 6</i>	<i>membrana interna, 4</i>
<i>collar de perlas, 12</i>	<i>mitocondria, 4</i>
<i>cresta, 4</i>	<i>NOR, 10</i>
<i>cromátida, 13</i>	<i>núcleo, 8</i>
<i>cromatina, 11</i>	<i>nucleolo, 9</i>
<i>cromoplasto, 7</i>	<i>nucleoplasma, 8</i>
<i>cromosoma, 8</i>	<i>nucleosoma, 12</i>
<i>diploide, 15</i>	<i>poro nuclear, 9</i>
<i>estroma, 7</i>	<i>rubisco, 7</i>
<i>euromatina, 12</i>	<i>satélite, 13</i>
<i>fase luminosa, 7</i>	<i>solenoide, 12</i>
<i>fase sintética, 7</i>	<i>telómero, 14</i>
<i>grana, 6</i>	<i>tilacoide, 6</i>
<i>haploide, 15</i>	

11.1 LAS MITOCONDRIAS SON LAS CENTRALES DE ENERGÍA

En las células eucariotas las **mitocondrias** se encargan de conseguir energía. Son los orgánulos que realizan la respiración celular, es decir, degradan moléculas azúcares o ácidos grasos para almacenar su energía en forma de ATP (ver Tema 7).

Las mitocondrias tienen diferentes formas y tamaños, el tamaño medio oscila de 1 y 4 μm de longitud x menos de $1\mu\text{m}$ de diámetro, y se encuentran en grandes cantidades en prácticamente todas las células eucariotas. Son especialmente abundantes (más de mil mitocondrias) en células muy activas, que necesitan mucha energía, como son las células musculares, los hepatocitos o los espermatozoides.

La teoría endosimbiótica (ver Tema 8) ayuda a explicar la estructura interna de la mitocondria, y entender porque hay dos membranas, una externa y otra interna, y un pequeño ADN circular. La envoltura en doble membrana delimita dos cámaras: un espacio interno llamado **matriz**, y un estrecho **espacio intermembranoso**.

✚ La **membrana** mitocondrial **externa** es similar al resto de membranas celulares, aunque algo más permeable debido a la presencia de proteínas transmembrana, llamadas porinas, que actúan como canales de penetración.

✚ El pequeño espacio intermembranoso tiene una composición similar al citosol debido a la permeabilidad de la membrana mitocondrial externa

✚ La **membrana** mitocondrial **interna** presenta numerosos repliegues hacia el interior de la matriz llamados **crestas** mitocondriales que aumentan mucho la superficie, de forma que hay espacio para albergar proteínas que son fundamentales en las reacciones energéticas. Esta membrana es mucho más impermeable que la externa.

✚ La **matriz** mitocondrial, en el interior de la mitocondria, contiene ADN, formado por una doble hélice circular, ribosomas 70S como en procariontes y también contiene una gran variedad de enzimas que actúan en las reacciones de oxidación que tienen lugar en el orgánulo.

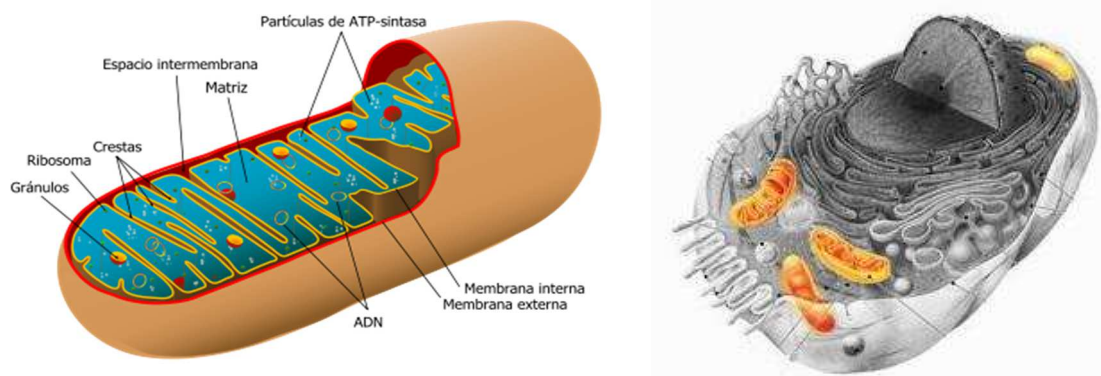


Figura 11.1. Mitocondrias. A la izq. posición relativa y tamaño en relación a otras estructuras celulares, a la drcha. esquema de la organización interna de una mitocondria. Fuente

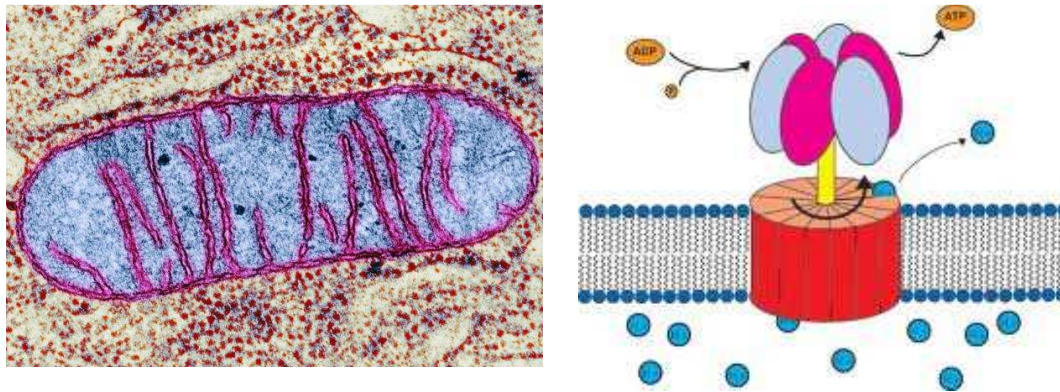


Figura 11.2. A la izq., imagen al microscopio electrónico, a la drcha., modelo de partícula ATPasa, la porción F_0 sobre la membrana y la F_1 sobresaliendo. Fuente: <http://biology.about.com/od/cellanatomy/ss/mitochondria.htm>.

En la membrana interna de la mitocondria se encuentran las ATPasas

Las mitocondrias producen energía mediante la oxidación de la materia orgánica, principalmente monosacáridos y ácidos grasos, utilizando O_2 y desprendiendo CO_2 y H_2O . Este proceso global se conoce como **respiración celular** y consta de varias reacciones entre las que destacan el ciclo de Krebs y la β -oxidación de los ácidos grasos que transcurren en la matriz, y la cadena de transporte de electrones que sucede en las crestas de la membrana mitocondrial interna (ver Tema 17)

El **ATP** se genera en las partículas F de la membrana interna, que funcionan como ATP-sintasas. El nombre completo de las partículas es *ATP fosfohidrolasa - H^+ -transportasa*, o F_0F_1 -ATPasa, F-ATP-asa, donde la letra F alude al proceso de fosforilación oxidativa que va asociado a la formación del ATP; aunque generalmente se simplifica a ATPasa o ATP sintasa. La partícula F consta de dos partes, la porción F_0 situada en la membrana funciona como canal de H^+ , y la porción F_1 que sobresale hacia la matriz contiene el lugar catalítico o sitio activo del ADP, donde se une al Pi para formar el ATP.

11.2

LOS CLOROPLASTOS CONVIERTEN ENERGÍA SOLAR EN QUÍMICA

Los **cloroplastos** son un tipo de plastos que contienen clorofila, un pigmento de color verde, gracias al cual realizan la fotosíntesis. Este proceso se produce en las zonas verdes de las plantas, como son los tallos verdes y las hojas. También tienen cloroplastos las algas.

Los cloroplastos son orgánulos relativamente grandes, de unos $5 \mu m$ de diámetro, y forma generalmente alargada o esférica. Algunas células sólo tienen un cloroplasto, otras llegan a tener hasta 20 o 40 ejemplares.

Al igual que en las mitocondrias, la teoría endosimbiótica (ver Tema 8) ayuda a explicar la estructura interna del cloroplasto, la presencia de la doble membrana y del ADN circular.

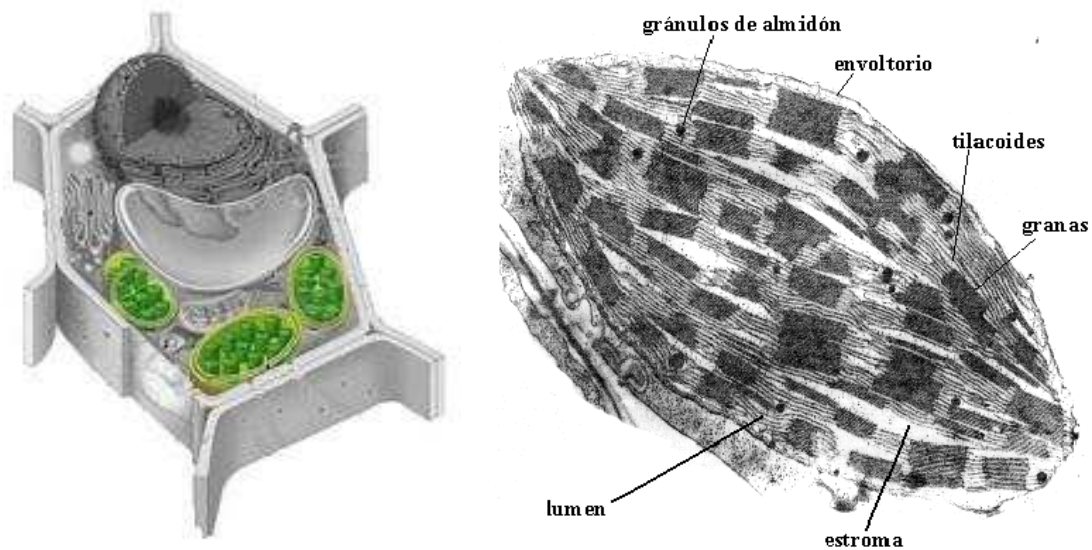


Figura 11.3. A la izq., tamaño y situación relativa de los cloroplastos en la célula vegetal; a la drcha., imagen de la estructura interna al microscopio electrónico de un cloroplasto. Fuente

La envoltura en doble membrana delimita dos cámaras: un espacio interno llamado estroma, y un estrecho **espacio intermembranoso**.

- ✚ La membrana **externa** contiene porinas que le confieren una gran permeabilidad, igual que en mitocondrias, para las moléculas pequeñas.
- ✚ La membrana **interna** es mucho menos permeable, igual que en mitocondrias, y presenta una gran cantidad de proteínas transportadoras específicas.
- ✚ Las dos membranas están separadas por un espacio intermembranoso.

El espacio interno del cloroplasto está adaptado para captar energía solar y para ello cuenta con una serie de sacos internos apilados llamados **tilacoides**, interconectados entre sí. La membrana que los forma es la membrana tilacoidal, los bloques apilados reciben el nombre de **grana**, y el espacio interno o lumen de los tilacoides es el **espacio tilacoidal**. Estas membranas contienen los pigmentos fotosintéticos, principalmente clorofilas, carotenoides, etc., así como las partículas F (ATPasas), similares a las de las mitocondrias, implicadas en el proceso de **fotofosforilación**.

El fluido que rodea los tilacoides, llamado **estroma**, es el lugar donde se producen y almacenan los azúcares y contiene ADN circular y ribosomas 70S. también puede haber inclusiones de granos de almidón, pues la materia orgánica formada en la fotosíntesis se almacena como granos de almidón o incluso como gotas lipídicas.

Por tanto, el cloroplasto tiene tres membranas (externa, interna y tilacoidal) y tres espacios diferentes (intermembranoso, estroma y tilacoidal).

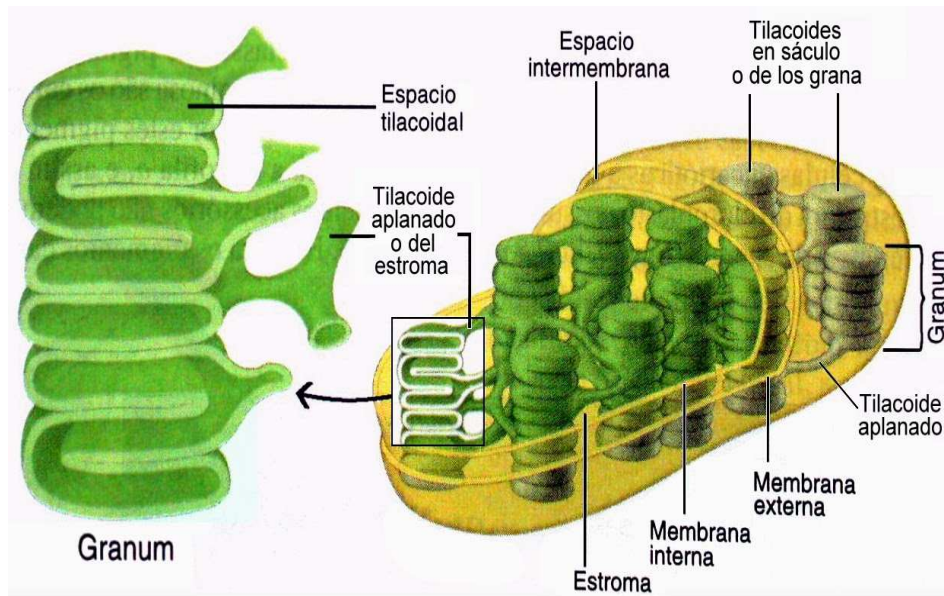


Figura 11.4. Esquema de la estructura interna y la organización de las membranas tilacoidales del cloroplasto. Fuente:

En el estroma del cloroplasto abunda el RuBisCO

En resumen, el cloroplasto es un convertidor de energía que transforma la energía luminosa en energía química, y utiliza dicha energía química para sintetizar materia orgánica a partir de CO_2 y agua (ver Tema 18). En ella se distinguen 2 fases:

- Fase dependiente de la luz o **fase luminosa**: sucede en la membrana de los tilacoides donde se encuentran los pigmentos. Se obtiene energía química.
- Fase independiente de la luz, fase oscura o **fase sintética** (ciclo de Calvin): sucede en el estroma y no necesita luz. Se utiliza la energía química para reducir moléculas inorgánicas y obtener materia orgánica. Entre las enzimas que trabajan en este ciclo destaca el **rubisco** que es la proteína más abundante en la naturaleza y es la encargada de fijar el CO_2 para formar materia orgánica.

Los cloroplastos son un tipo de plasto o plastidio, término general que agrupa a todos los orgánulos vegetales que fabrican o almacenan nutrientes o pigmentos. Los **leucoplastos**: (del griego *leukos*, que significa blanco) son plastos incoloros, que almacenan sustancias de reserva, como almidón. Abundan sobre todo en las raíces y en los rizomas. Los **chromoplastos**, tienen pigmentos de diferentes colores (carotenos y xantofilas), responsables del color característico de frutos como el tomate, zanahoria, limón, etc. y de las flores. Según la exposición a la luz y las necesidades del vegetal se pueden transformar unos en otros.

11.3 EL NÚCLEO DIRIGE LA VIDA CELULAR

En la célula eucariota el ADN se encuentra dentro del **núcleo**, organizado en estructuras muy complejas, con forma de hilo denominadas **fibra de cromatina**, ahí se encuentran los genes, que son los anteproyectos para la fabricación de las proteínas. Al condensarse la cromatina forma

los cromosomas, la palabra *cromosoma* viene del griego *croma*, que significa color y *soma*, cuerpo. El que tengan color es una ventaja a la hora de estudiarlos, pues los cromosomas condensados durante la división celular se tiñen fácilmente y así se pueden observar al microscopio óptico.

Por tanto el núcleo alberga la información genética (ADN) y fabrica el ARN; este ARN sale al citoplasma donde se producirá la síntesis de proteínas. Esta separación espacial entre citoplasma y núcleo supuso un acontecimiento de gran importancia en el transcurso de la evolución, ya que dio lugar a la célula eucariota, la unidad funcional de los seres vivos superiores (Tema 8).

En las células eucariotas, el núcleo actúa como centro de control: interviene activamente en el desarrollo y división de la célula, y en base a la información contenida en el ADN, regula la organización, diferenciación y especialización celular.

El núcleo sólo es visible en la interfase

El núcleo como tal sólo es visible al microscopio durante la **interfase**, que es la fase del ciclo celular en el que la célula no se está dividiendo; durante la división la membrana se deshace y el ADN se condensa formando los cromosomas, de modo que el núcleo como orgánulo independiente desaparece. Por eso frecuentemente se alude al núcleo como **núcleo interfásico**.

El núcleo en reposo, normalmente, tiene forma esférica y ocupa una posición central. En la célula vegetal, cuando la vacuola es grande, se encuentra en posición excéntrica y adquiere una forma discoidal. Otras veces aparecen núcleos polilobulados (ej. granulocitos, ver Tema 22), etc.

El tamaño del núcleo está en relación directa con el citoplasma, de manera que si el volumen de uno aumenta, también lo hará el otro. La relación entre el volumen del núcleo y del citoplasma es la llamada **relación nucleoplasmática (RNP)** constante para cada célula, que se expresa de la siguiente manera:

$$RNP = V_n / V_c - V_n \text{ siendo } V_n = \text{volumen del núcleo y } V_c = \text{volumen celular}$$

Si el volumen celular incrementa demasiado el núcleo no puede controlar la célula, entonces la RNP alcanza un valor mínimo y se inicia la división celular.

La envoltura nuclear tiene numerosos poros

Al microscopio electrónico, se aprecia que el núcleo está formado por una envoltura nuclear que consta de una doble membrana, que, a menudo, está interrumpida por numerosos poros nucleares que comunican el interior del núcleo con el citoplasma. La envoltura limita un medio interno llamado **nucleoplasma** donde se encuentra la cromatina formada por ADN con histonas más o menos condensado y uno o más **nucleolos** que son estructuras esféricas y densas a los electrones -se ven oscuras al microscopio electrónico- que contiene gran cantidad de ARN, ya que es donde se sintetiza el ARNr.

✚ La **membrana nuclear externa** tiene ribosomas en su cara citoplasmática y se continúa con la membrana del retículo endoplasmático liso o rugoso, dado que existe una conexión entre estos orgánulos.

✚ La **membrana nuclear interna** tiene la cara interna cubierta por una red de fibras proteicas llamada lámina nuclear (ver Tema 9). Su función parece ser servir de anclaje a la cromatina, regular la organización y crecimiento de la envoltura nuclear, así como su desaparición al iniciarse la mitosis.

✚ Los **poros nucleares** son los lugares donde se fusionan las dos membranas. Cada poro está rodeado de una estructura anular de ocho bloques de proteínas llamado complejo del poro, además hay proteínas transportadoras centrales y proteínas de anclaje a la membrana. Es una estructura bastante compleja, lo que significa que los poros nucleares no son simples aberturas, sino que seleccionan específicamente las moléculas que lo atraviesan.

El espacio libre del poro es un canal central por el que, de forma pasiva, sólo pueden pasar pequeñas partículas. El tráfico de grandes moléculas requiere gasto energético. Desde el interior nuclear, salen a través de los poros, moléculas de ARNm y las subunidades ya formadas de los ribosomas, mientras que desde el citoplasma pasan al interior del núcleo nucleótidos, proteínas ribosómicas y enzimas implicadas en la duplicación y transcripción.

El nucléolo se forma a partir de las NOR

El **nucleoplasma**, también llamado carioplasma o matriz nuclear, es el medio interno acuoso del núcleo. Es similar al citosol por tanto se trata de una dispersión coloidal, un gel semi-fluido con con diferentes componentes, destacando las enzimas relacionadas con el metabolismo del ADN y ARN. En el nucleoplasma tiene lugar la replicación o duplicación del ADN y la transcripción del ADN para sintetizar los diversos tipos de ARN (Tema 7).

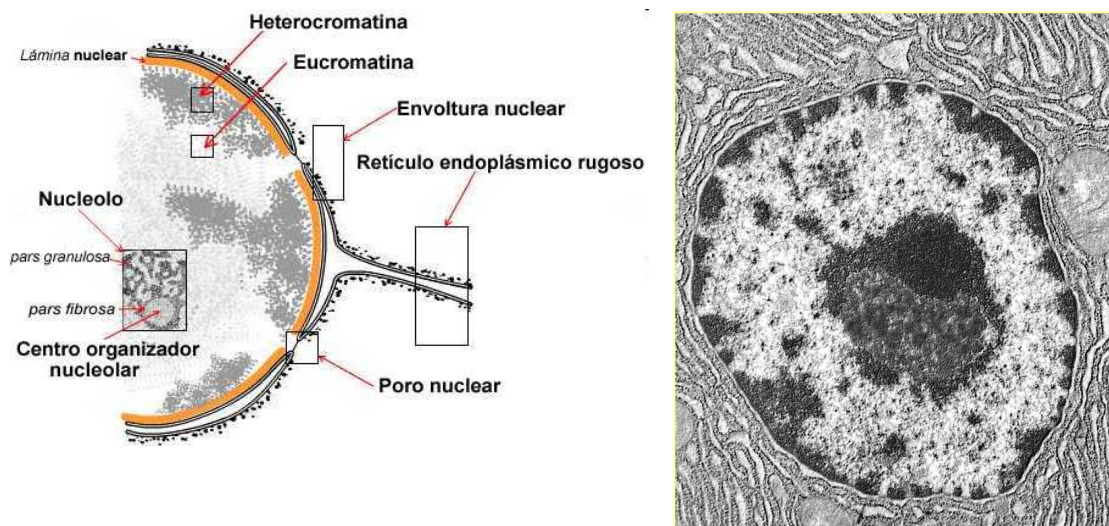


Figura 11.5. Núcleo celular; a la izq., esquema del núcleo con sus elementos; a la drcha., imagen al microscopio electrónico de transmisión. Fuente:

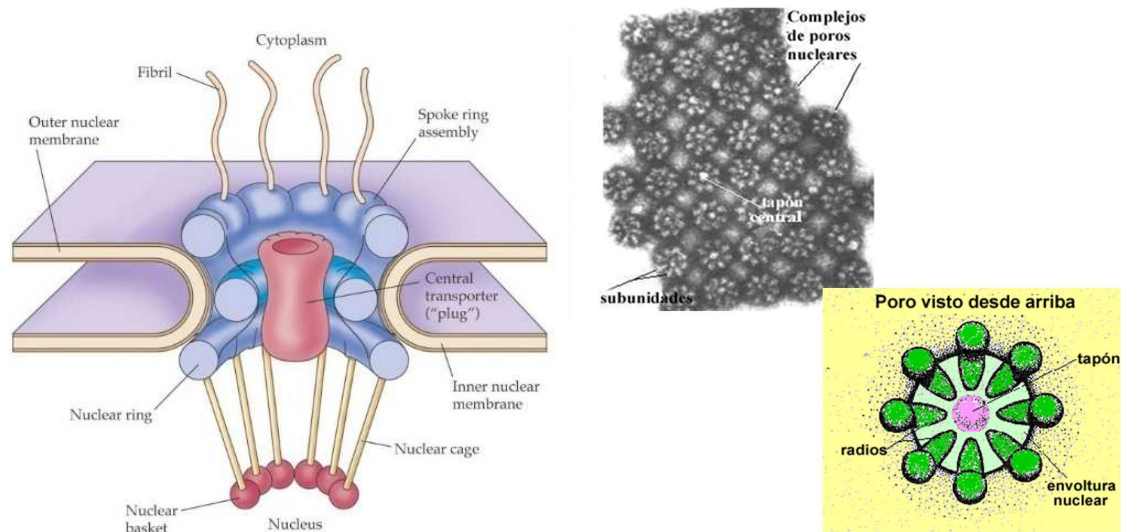


Figura 11.6. Poro nuclear. A la izqda., esquema. **Figura 11.7.** Microscopio electrónico de barrido y esquema para ver la imagen frontal de los poros nucleares. Fuente:

El **nucléolo** es una estructura casi esférica, densa y de contorno irregular, rodeado por nucleoplasma, que contiene proteínas y ácidos nucleicos, tanto ADN como ARN. El número de nucléolos varía, puede haber 2 ó 3, e incluso más, su función está relacionada con la construcción de ribosomas, pues aquí se sintetizan y procesan primero los ARNn y luego los **ARNr** que darán lugar a las subunidades ribosómicas.

Sólo algunos cromosomas tienen información genética para formar ribosomas. Los grupos de genes del ADN que codifican para el ARN nucleolar se localizan en una parte del cromosoma llamada **región organizadora nucleolar** (o **NOR**, del inglés: *nucleolar organizer region*), que está asociada a una constricción secundaria (ver más adelante). Cuando la cromatina está expandida en la interfase, estas regiones de los distintos cromosomas se agrupan y forman el nucléolo. En la división celular, durante la profase tardía, cuando el cromosoma se empieza a condensar, el nucléolo desaparece.

Los fragmentos de ADN de la **región organizadora nucleolar** se transcriben a **ARNn**, a partir del cual, por fragmentación se originan los ARNr. Dichos ARNr maduran y se ensamblan con las proteínas ribosómicas importadas desde el citoplasma, originando las subunidades mayores y pequeñas de los ribosomas. Por último, las subunidades salen al citoplasma a través de los poros nucleares.

11.4

CROMOSOMAS Y CROMATINA SON DOS FORMAS INTERCAMBIABLES DEL ADN CELULAR

En el nucleoplasma se encuentran las fibras de **cromatina**, reciben este nombre las moléculas formadas por la doble hélice de ADN (bicatenario) que aparecen unidas a proteínas. Las principales proteínas son **histonas**, proteínas básicas (**Tema 5**) que permiten el mayor o menor grado de compactación del ADN, e influyen en su grado de expresión.

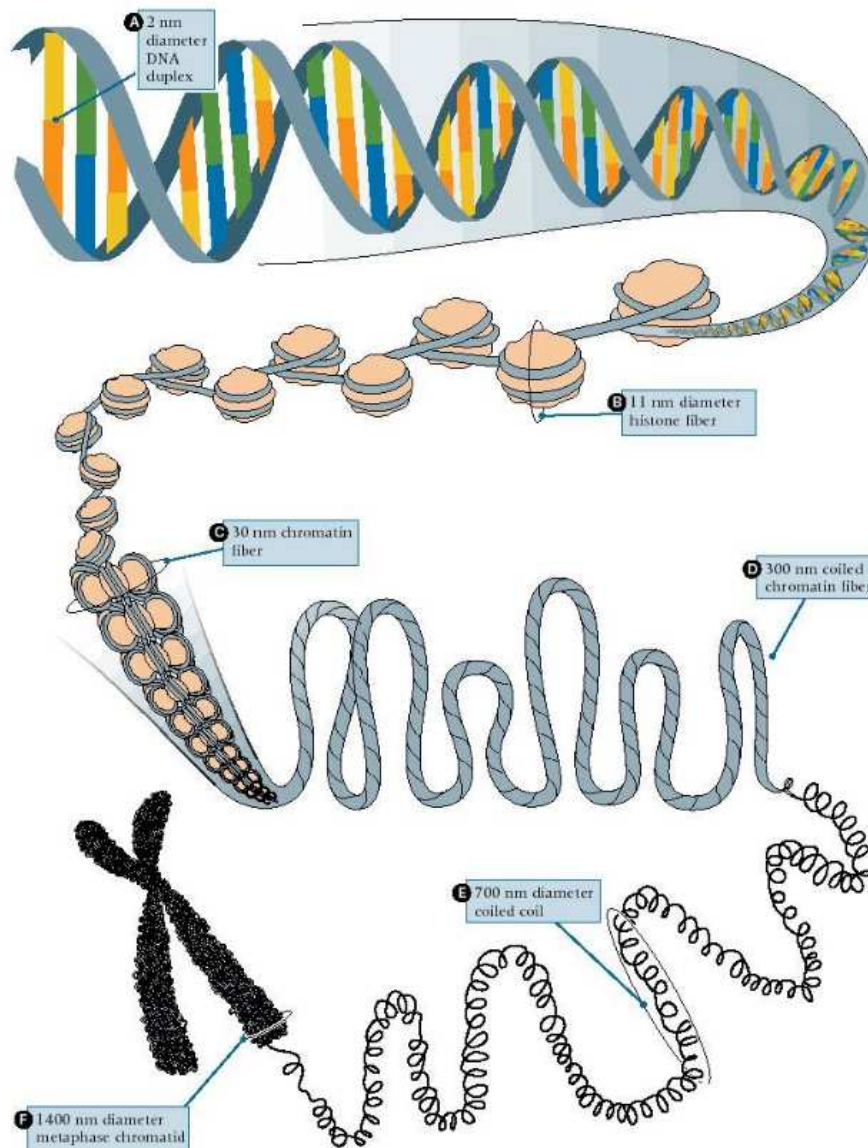


Figura 11.8. Niveles de empaquetamiento del material genético. Fuente

En la cromatina, el ADN se asocia a las histonas formando unos complejos denominados **nucleosomas** (ver Tema 7). Se puede decir que los nucleosomas son las *unidades estructurales* de la cromatina. La **fibra de cromatina**, o collar de perlas, está formada por los nucleosomas que representan las cuentas unidas por fragmento de ADN libre o espaciador, que corresponde al hilo del collar. Esta fibra elemental se enrolla helicoidalmente hasta formar un **solenoido** o **fibra** de **30 nm**, con seis nucleosomas por vuelta (ver Fig. 11.8). Los niveles superiores de empaquetamiento se conocen peor, se supone que las fibras de 30 nm se pliegan en el núcleo formando **bucles** radiales, que se van compactando y enrollando sucesivamente durante la división del núcleo, hasta formar los **cromosomas** metafásicos.

En el núcleo interfásico las fibras de cromatina pueden presentar distinto grado de condensación:

○ La **euromatina** corresponde las zonas de cromatina activas, presenta un aspecto laxo y difuso, es aproximadamente el 10% de la cromatina total. Se interpreta que es ADN que se está leyendo, pues está poco empaquetado; es decir, el ADN está lo suficientemente distendido para permitir el acceso de las enzimas implicadas en los procesos de transcripción.

○ La **heterocromatina** se visualiza como zonas homogéneas y más oscuras, más densas a los electrones del microscopio electrónico, pues corresponden a las zonas replegadas de ADN, con mayor grado de empaquetamiento. Se interpreta que son zonas inactivas, es decir, que el ADN no se transcribe. La mayor parte de la heterocromatina se inactiva de manera específica y varía de un tipo celular a otro, por ejemplo una parte del cromosoma X en mujeres.

En las células eucarióticas adultas, la fibra de cromatina se duplica durante la fase S de la interfase, donde la S hace referencia a la síntesis de ADN (ver Tema 12).

Los cromosomas se empaquetan para la división celular

Tras la fase S, en la profase mitótica comienza la condensación del material genético hasta formar unas estructuras altamente organizadas, los **cromosomas**, que se hacen visibles en la metafase y son útiles para asegurar el reparto equitativo de información genética entre las células hijas. En cada cromosoma se puede distinguir las siguientes partes:

1. **Cromátida** es cada una de las mitades simétricas y genéticamente iguales de un cromosoma metafásico, formada cada una por el empaquetamiento de una fibra de cromatina. Las cromátidas hermanas permanecen unidas en el centrómero.
2. **Centrómero** es el estrechamiento o constricción primaria donde se unen las dos cromátidas hermanas, que las divide longitudinalmente en dos fragmentos o brazos.
3. **Brazos** son cada una de las porciones, en las que el centrómero divide al cromosoma o cromátida.

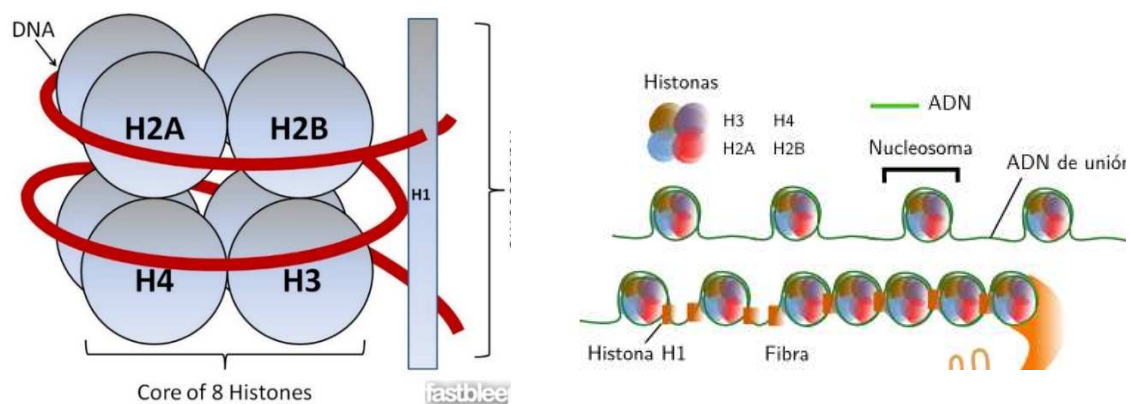


Figura 11.9. Modelo de nucleosoma y esquema de los nucleosomas formando parte del collar de perlas. Fuente

4. **Constricción secundaria** es otro estrechamiento que se encuentra en algunos cromosomas cerca de su extremo.

5. **Satélite** es una pequeña porción de un brazo situada entre la constricción secundaria y el extremo del cromosoma. Generalmente el ADN del satélite es NOR, va a formar parte del nucléolo.

6. **Cinetocoros** son los discos proteicos que se sitúan a ambos lados del centrómero en cada cromátida. En ellos se enganchan los microtúbulos del huso mitótico.

7. **Telómeros** son los extremos protectores del cromosoma. Corresponden a regiones de ADN no codificante que se van acortando a medida que la célula se va dividiendo, de modo que cuando el cromosoma pierde todo su telómero, la célula muere.

8. **Bandas** son segmentos del cromosoma que aparecen más oscuros, y que se tiñen con determinados colorantes. Cada banda contiene una serie de genes determinados.

Una forma de distinguir los cromosomas es fijarse en la longitud de los brazos, según este criterio se nombran los siguientes tipos de cromosomas, como se ve en la **Fig. 11.11**:

- Telocéntricos, si el centrómero está situado en el extremo del cromosoma.
- Acrocéntricos, cuando el centrómero se sitúa muy cerca de un extremo
- Submetacéntricos, si la longitud de un brazo es algo mayor que el otro.
- Metacéntricos, si el centrómero se encuentra en la mitad del cromosoma

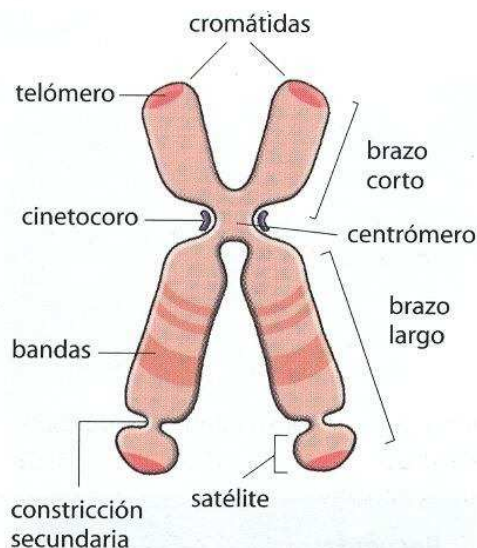


Figura 11.10. A la izq., partes de un cromosoma. Fuente: <http://microrespuestas.com/como-se-llaman-las-partes-del-cromosoma/>. A la drcha. imagen al m. electrónico de barrido de la pareja de cromosomas sexuales humanos, los cromosomas X e Y. Fuente: <http://genome.wustl.edu/projects/detail/y-chromosome/>

El conjunto ordenado de cromosomas forma el cariotipo

El **cariotipo** es el conjunto de cromosomas de cada especie ordenados por sus características físicas: tamaño, forma, etc. Cada cromosoma o pareja de cromosomas se designa con un número, excepto los cromosomas sexuales que se denominan con las letras X e Y. Así pues el cariotipo de una célula presenta dos tipos de cromosomas:

- **Autosomas:** cromosomas ordinarios, iguales en individuos masculinos y femeninos, que no deciden el sexo del individuo.
- **Heterocromosomas** o cromosomas sexuales: en mamíferos corresponden a una pareja de cromosomas, diferente según el sexo. Así en la especie humana, hay dos cromosomas sexuales, el cromosoma X y el Y. El primero está presente en los dos sexos, y el segundo es propio del sexo masculino, de forma que una mujer tiene 44 autosomas + XX, y un hombre 44 autosomas + XY.

Cada especie tiene un número de cromosomas dado, que es constante, de modo que todas las células de cada ser vivo tienen el mismo nº de cromosomas. Las células **diploides** llevan un nº doble de cromosomas (diploide= 2n) y las células **haploides** tienen un nº sencillo (haploide= n).

Las células **diploides** (2n) son las células que poseen dos juegos o series de cromosomas, en alusión a la serie aportada por cada progenitor. En la especie humana son 23 cromosomas aportados por el padre y otros 23 cromosomas por la madre, para formar células con un total de 46 cromosomas. Cada célula diploide presenta parejas de dos cromosomas iguales (en forma y tamaño), denominados cromosomas homólogos, conteniendo los mismos genes para los mismos caracteres; aunque es importante destacar que puede que no lleven exactamente la misma información genética, pues pueden ser distintos alelos. Por ej., el gen color de ojos puede tener información sobre ojos azules en un progenitor y marrones en el otro.

Una célula **haploide** es aquella que contiene un solo juego de cromosomas o la mitad (n, haploide) del número normal de cromosomas de una célula diploide.

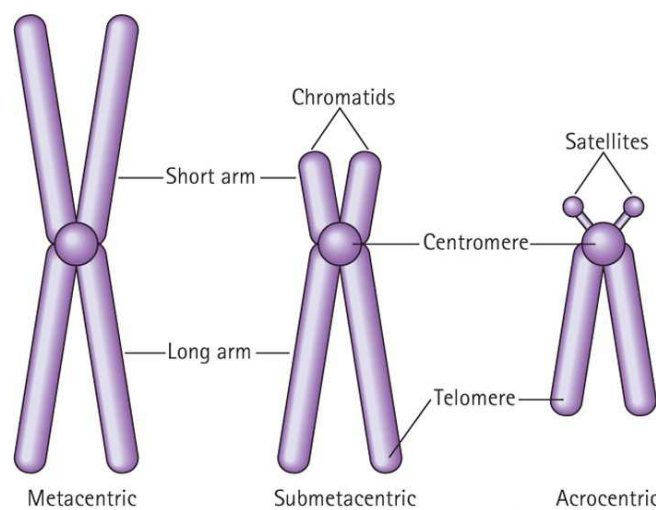


Figura 11.11. Tipos de cromosomas según la longitud de los brazos. Fuente

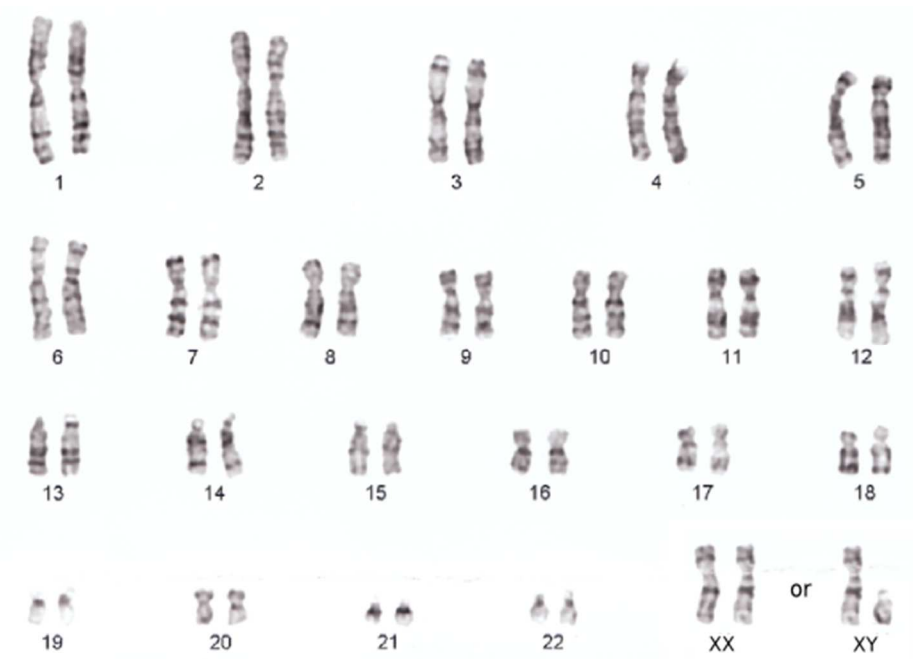


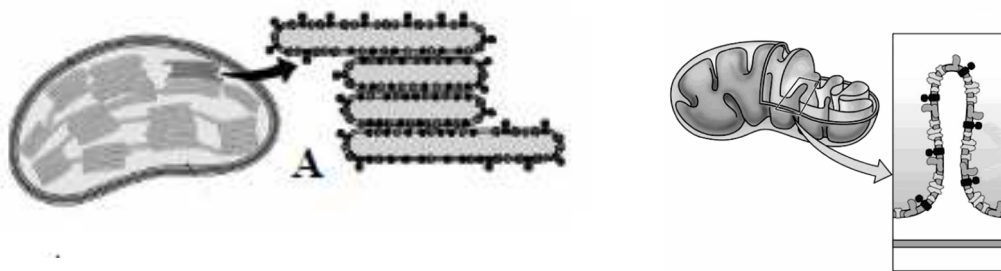
Figura 11.12. Cariotipo humano. Fuente: <http://study.com/academy/lesson/karyotype-definition-disorders-analysis.html>

Por ejemplo, en la especie humana, las células somáticas diploides tienen 46 cromosomas, de parejas de dos, mientras que los gametos humanos (óvulos y espermatozoides), al ser n , tienen 23 cromosomas todos distintos. Cuando los gametos se unen durante la fecundación, el huevo fecundado contiene un número normal de cromosomas ($2n = 46$), se convierte en una célula diploide.

Algunos organismos tienen células **poliploides**, en las que el número de cromosomas de cada tipo es mayor de dos.

CUESTIONES Y EJERCICIOS

- 1) Indica qué orgánulos celulares están delimitados por doble membrana ¿todas las células eucariotas contienen dichos orgánulos? Razona la respuesta
- 2) Cita y explica al menos tres evidencias a favor del origen bacteriano de mitocondrias y cloroplastos.
- 3) En un cierto tipo celular se pueden encontrar estos dos orgánulos energéticos ¿Qué orgánulos representan las figuras A y B?



b.- ¿En qué tipo de células se pueden hallar ambos orgánulos?

c.- Complete la tabla adjunta poniendo en cada casilla un Si o un NO

	Orgánulo A	Orgánulo B
Tilacoides		
Matriz		
Crestas		
Estroma		
Contiene la maquinaria para la síntesis de ciertas proteínas		
Respiración celular		

4) ¿Qué se entiende por herencia citoplasmática?

5) Si las células vegetales utilizan la luz como fuente de energía en sus cloroplastos ¿para qué necesitan también mitocondrias?

6) En la imagen se muestra una microfotografía y un esquema de la misma zona de una célula.

a) ¿Qué dos orgánulos se pueden distinguir?

b) Identifica las partes numeradas.

c) ¿Se establece alguna relación entre ambos orgánulos?

d) ¿Tienen envoltura doble o simple?

