

Tema 5: Fisiología de la célula eucariota.

En la célula, que es la **unidad fisiológica** de los organismos, se pueden considerar tres grupos de funciones:

- 1) Las **funciones de relación**, que comprenden la recepción de estímulos y el movimiento respecto al medio ambiente;
- 2) Las **funciones de nutrición**, que incluyen el aporte de nutrientes y de energía para la construcción de la propia materia celular y para la realización de las distintas funciones vitales;
- 3) Las **funciones de reproducción**, que abarcan los diferentes procesos de formación de nuevas células.

La energía, un problema perenne

La vida es un proceso activo que depende de la realización continua de varios tipos de trabajo. Fijémonos en lo que le es más propio: el crecimiento y la multiplicación. Para formar una nueva célula deben sintetizarse, partiendo de cero o de sillares relativamente sencillos, miles de proteínas, ácidos nucleicos, hidratos de carbono, grasas y otras sustancias complejas. Para todo lo cual la célula necesita energía, lo que significa que tiene que ser capaz de extraerla y utilizarla en la realización de un trabajo químico. Además, los organismos se mueven, generan electricidad y remodelan sus alrededores; a veces incluso emiten luz. Todo ello requiere, también, energía. Como ya vimos en nuestra visita a las mitocondrias y cloroplastos, la evolución ha propuesto soluciones muy refinadas al problema de la energía celular. Pero constituyen inventos tardíos, desarrollados al cabo de más de mil millones de años de esfuerzos. ¿Cómo se procuró la energía hasta entonces?

Sospechamos que la vida fiaba en los tipos de sistema que hoy encontramos en el citosol. Ninguna prueba nos avala, pues no podemos retroceder en el tiempo para comprobarlo. Ni tampoco existen restos fósiles que nos muestren cómo se las ingeniaban esas formas primitivas de vida para satisfacer sus necesidades. Lo que el registro fósil atestigua es que hace 3.200 millones de años hubo un microbio, conocido con el nombre de *Eobacterium isolatum*, que, de acuerdo con las huellas que ha dejado en algunas rocas de Africa del Sur, pudo semejarse bastante a ciertas bacterias de nuestros días. En Groenlandia se han descubierto restos de un microorganismo aún más primitivo, *Isuasphaera*, que se remontan hasta 3.800 millones de años. Es casi seguro que en aquellos lejanos tiempos la atmósfera de la tierra contenía muy poco oxígeno, que, según se cree, es, en su mayor parte, producto de la fotosíntesis. Así, tanto *Isuasphaera*, *Eobacterium* como muchos descendientes suyos debieron obtener la energía sirviéndose de mecanismos anaerobios —mecanismos capaces de sustentar la vida sin aire—. De hecho, lo que encontramos en el citosol de las células superiores y en el jugo celular de la mayoría de las bacterias actuales es precisamente eso: un mecanismo anaerobio productor de energía, que se conoce por **glicolisis**. De ahí nuestra suposición de que ese sistema nos venga dado, quizá con muy pocos cambios, de aquellas formas primitivas de vida que comenzaron a poblar la tierra hace unos 4.000 millones de años.

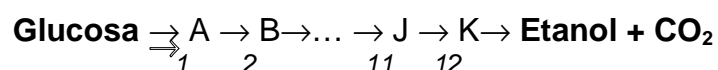
En la glicolisis se distinguen, en efecto, las huellas de los tiempos primitivos, incluida la relativa a su carácter elemental. A este respecto, el citosol nos ofrece una buena introducción en el suministro de la energía biológica. Aún así, para que nuestra

visita resulte provechosa habremos de aguzar la vista más de lo que venimos haciendo. No tanto para discernir estructuras moleculares complejas —que constituirán un mínimo estricto— cuanto para apreciar ciertos conceptos clave sin los cuales no entenderíamos las soluciones que la vida da al problema energético.

Hay otro aspecto histórico en este apartado de nuestra visita. En cierto modo, recorreremos los pasos de los primeros exploradores que descubrieron los principios de la bioenergética, pues la glicolisis anaerobia es la cuna de la bioquímica dinámica. Se diría incluso que ha sido un elemento fundamental del desarrollo de la civilización. Se descubrió hace muchos milenios, bajo la forma de **fermentación**, y la emplearon nuestros lejanos antepasados para la fabricación de *levadura*, *quesos* y *bebidas alcohólicas*. Estas antiguas industrias permanecieron en el plano puramente empírico hasta que, en 1856, un tal Sr. Bigo, dueño de unas destilerías en la ciudad francesa de Lille, se encontró de repente amenazado por la ruina. Por algunas razones inexplicables los toneles de fermentación de la remolacha se le agriaban: en vez de alcohol producían ácido láctico. Pidió ayuda a un joven químico de París recientemente incorporado a la universidad de aquella ciudad y que, según sus informes, contaba con brillantes antecedentes. El joven logró sacar de sus apuros al Sr. Bigo, a la vez que efectuaba un descubrimiento que habría de cambiar el mundo: las fermentaciones anaeróbicas son obra de microorganismos vivos. El investigador no era otro que Louis Pasteur. Posteriormente, en 1897, el químico alemán Eduard Buchner descubrió que el “jugo” obtenido de las levaduras —se trata, en realidad, del citosol de las células de levadura— bastaba para provocar la conversión del azúcar en alcohol. Demostró así Buchner que la función del microorganismo en la fermentación alcohólica era estrictamente química y que no fiaba, como creía Pasteur, en una fuerza vital especial, propia de los organismos vivos. Buchner también abrió el camino a la disección química del sistema glicolítico presente en el citosol de las células y, con ello, inició un vasto movimiento que nos ha proporcionado el detallado conocimiento actual del metabolismo.

El término **metabolismo** procede de la palabra griega que significa cambio. Cubre la suma total de los cambios químicos que se registran en los organismos vivos. Se subdivide en **anabolismo** (arriba) y **catabolismo** (abajo). El anabolismo abarca todos los procesos que requieren energía y se describen termodinámicamente como endergónicos (del griego dentro + trabajo). Su principal función es la biosíntesis. El catabolismo está constituido por las reacciones que producen energía, por cuya razón se las denomina exergónicas (fuera + trabajo). Necesariamente, el catabolismo mantiene al anabolismo, así como a todas las formas restantes de trabajo que desarrollan los organismos vivos (a excepción de aquellas reacciones que reciben la energía de una fuente externa, fundamentalmente la luminosa).

NOTA: Las células de la levadura convierten el azúcar en alcohol etílico (etanol). Lo hacen en doce pasos químicos consecutivos, que constituyen una cadena de reacciones, una serpiente metabólica:



Hasta el décimo paso, el bacilo láctico (que contaminó los toneles del Sr. Bigo) y nuestros músculos (cuando realizan un esfuerzo brusco) siguen la misma vía. Sólo después del paso 11 se separan del camino que tomará la levadura y transforman el intermediario J (ácido pirúvico) en ácido láctico, en vez de en CO₂ y alcohol. Así, la

fermentación láctica difiere de la alcohólica sólo en el final de la cadena. Antes de ese punto siguen la misma ruta universal: la vía glicolítica.

5.1 Funció de relació.

SENSIBILIDAD CELULAR

Las variaciones de los factores ambientales pueden constituir **estímulos** celulares siempre y cuando provoquen irritación y excitación en la célula. Esos estímulos producen una **reacción** o respuesta por parte de la célula, que puede consistir en movimientos de desplazamiento respecto al estímulo, denominados **taxias** o **tactismos**. Cuando no hay desplazamiento, sino solamente orientación de la célula respecto al estímulo, se habla de **tropismo**. Si el movimiento se realiza hacia el estímulo se denomina **tactismo positivo**; si se efectúa alejándose del estímulo, se denomina **tactismo negativo**. Cuando el estímulo es mecánico, se habla de **tigmotactismo**; si es la fuerza de gravedad, se denomina **geotactismo**; si es la temperatura, se llama **termotactismo**; si es la luz, se denomina **fototactismo**; y si es una sustancia química, se habla de **quimiotactismo**. Del mismo modo, existen fenómenos de **tigmotropismo**, **geotropismo**, etc.

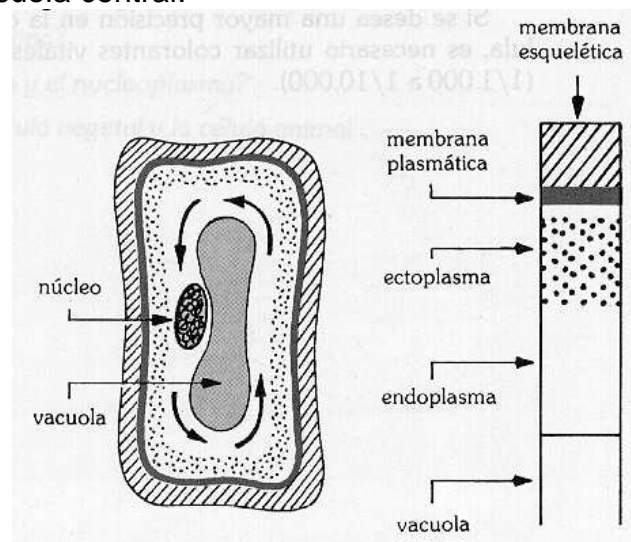
Ante cambios del medio muy desfavorables, algunas células pueden adoptar un estado de vida latente mediante el **enquistamiento**, que consiste en la formación, alrededor del cuerpo, de una cubierta resistente segregada por la propia célula.

MOTILIDAD CELULAR

Movimientos de ciclosis

Consisten en unas **corrientes endocelulares** del hialoplasma que arrastran a los orgánulos intracitoplasmáticos. Se dan en las células dotadas de una estructura esquelética que mantiene su forma. Así ocurre en las células vegetales, que poseen una membrana esquelético y una gran vacuola central.

El hialoplasma más próximo a la membrana plasmática —el— está en estado viscoso, mientras que el más interno —el endoplasma— es más fluido. Con el microscopio electrónico se ha observado que el ectoplasma presenta numerosos microtúbulos dispuestos paralelamente a la membrana plasmática. Estos sirven probablemente para orientar las corrientes del hialoplasma. En el ectoplasma se sitúan los complejos proteicos contráctiles que originan el movimiento del endoplasma.



Movimientos ameboideos

Se producen en células libres, sin membrana rígida, como amebas, leucocitos, etc. En ellas el ectoplasma y el endoplasma están en estado viscoso (gel) y fluido (sol), respectivamente. La formación de un **pseudópodo** se origina mediante un desplazamiento del endoplasma en el sentido de la emisión. Luego éste se extiende lateralmente y al llegar a las proximidades de la membrana adquiere la consistencia de gel. Al mismo tiempo, el gel posterior pasa al estado de sol y fluye hacia adelante. Se han observado en el hialoplasma de amebas filamentos que posiblemente intervengan en este movimiento. Los pseudópodos pueden clasificarse en **filópodos** (delgados y fusiformes), **reticulópodos** (delgados, largos, entrelazados) y **lobópodos** (gruesos, cortos, aislados).

Movimientos vibrátiles

Se dan en células que presentan **cilios** o **flagelos**, como en los espermatozoides, en los protozoos ciliados y flagelados, etc. Las vibraciones de cilios y flagelos en células libres y pequeñas originan un desplazamiento de éstas en el medio. Si son células fijas y grandes, lo que se produce es un desplazamiento del medio respecto de la célula (células ciliadas del oído interno humano).

El movimiento de un cilio consiste en la vibración de éste a modo de golpe de remo, volviendo al estado inicial al curvarse desde la base al extremo. La energía necesaria para dicho deslizamiento la suministra el ATP en presencia de Ca y Mg.

El movimiento de un flagelo puede ser semejante al ciliar o de tipo undulatorio. Cuando las vibraciones de una hilera de cilios, denominada **cinetia**, ocurren de forma que cada cilio comienza su vibración poco después del anterior y un poco antes que el posterior, se dice que el ritmo es **metacronal**. Cuando todos los cilios vibran al mismo tiempo, se dice que poseen un ritmo **isocronal**. La coordinación de las vibraciones es probable que se realice mediante las raíces ciliares que parten de los cinetosomas, de forma que cada cilio provoque la vibración del que le sigue.

Movimientos contráctiles

Consisten en movimientos del hialoplasma en una dirección fija, lo cual provoca un acortamiento de la célula. Así, por ejemplo, en las células musculares el movimiento de contracción se debe a la presencia de moléculas proteicas fibrosas en el hialoplasma. Estas moléculas constituyen los miofilamentos que están agrupados en miofibrillas, las cuales pueden contraerse debido al desplazamiento de unos miofilamentos respecto de otros⁵.

5.2 Funció de nutrició.

La nutrición celular comprende los siguientes procesos: captura e ingestión del alimento o endocitosis, digestión del alimento y defecación de las sustancias no digeridas, intercambio de sustancias a través de la membrana, metabolismo,

⁵ Ampliaremos algo más estos conceptos cuando veamos el tejido muscular.

transporte de sustancias y excreción de los productos del metabolismo. Dada su complejidad, el metabolismo celular no se estudiará en este crédito.

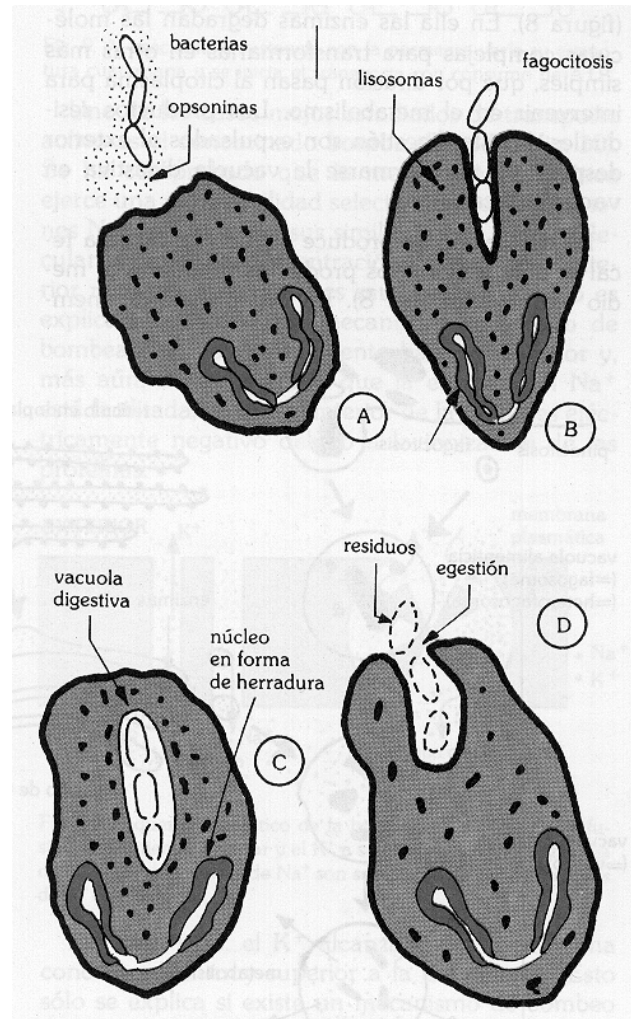
CAPTURA E INGESTION DEL ALIMENTO O ENDOCITOSIS

La **endocitosis** comprende un conjunto de procesos de transporte de moléculas más o menos grandes desde el medio hacia el interior de la célula. Las partículas se fijan a la membrana, la cual se invagina, embolsándolas. La formación de las **bolsas endocíticas** requiere un suministro energético por parte del ATP.

La **pinocitosis** es un caso particular de endocitosis. Consiste en la ingestión, por parte de la célula, de líquidos y sustancias disueltas mediante las **vesículas pinocíticas**, que pueden verter su contenido en el retículo endoplasmático.

La **fagocitosis** es otro caso de endocitosis en el que las partículas ingeridas son sólidas y de gran tamaño relativo. Este proceso está relacionado con el movimiento ameboide, ya que generalmente consiste en la captura de partículas mediante la emisión de pseudópodos y posterior ingestión en una **vacuola alimenticia** o **fagosoma** al fusionarse dichos pseudópodos (figura de la derecha).

Otro mecanismo de captura e ingestión del alimento es el que presentan los ciliados y flagelados. Estos poseen una estructura a modo de boca celular, denominada **citostoma**, que está rodeada de cilios y se continúa en una cavidad tubular llamada **citofaringe**. Los cilios peribucal originan una corriente que arrastra los nutrientes hacia el citostoma. Al final de la citofaringe se forman las vacuolas alimenticias.



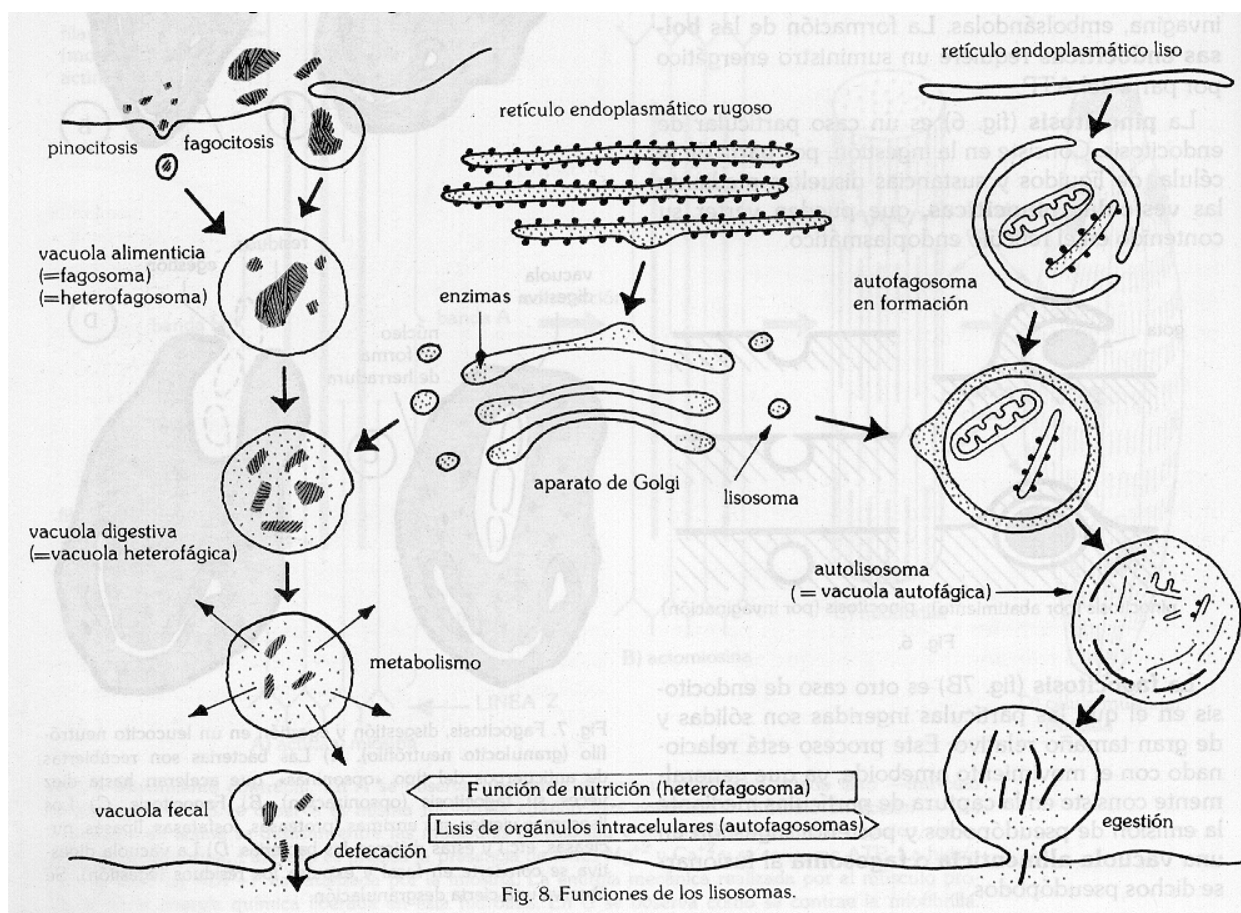
Fagocitosis, digestión y egestión en un leucocito neutrófilo (granulocito neutrófilo). A) Las bacterias son recubiertas de anticuerpos del tipo «opsoninas», que aceleran hasta diez veces su fagocitosis (opsonización). B) Fagocitosis. C) Los lisosomas vierten sus enzimas (proteasas, fosfatasas, lipasas, nucleasas, etc.) y éstas digieren las bacterias. D) La vacuola digestiva se convierte en fecal y expulsa los residuos (egestión). Se observa una cierta desgranulación.

DIGESTION DEL ALIMENTO Y EGESTION DE SUSTANCIAS NO DIGERIDAS

La vacuola alimenticia se fusiona con los **lisosomas**, que liberan en ella las enzimas hidrolíticas originadas en los ribosomas. La vacuola resultante se denomina **vacuola digestiva** o **heterofágica**. En ella las enzimas degradan las moléculas complejas para transformarlas en otras más simples, que por difusión pasan al citoplasma para intervenir en el metabolismo. Los productos residuales de esta digestión son expulsados al exterior después de transformarse la vacuola digestiva en **vacuola fecal**.

La defecación se produce cuando la vacuola fecal se abre y vierte los productos residuales al medio extracelular. En organismos de membrana rígida la defecación se realiza a través de la citofaringe o del **citopigio** (estructura parecida a la citofaringe, pero especializada en la defecación). En muchas células las sustancias no asimilables no se expulsan, sino que se acumulan en su interior en forma de inclusiones.

Un proceso directamente relacionado con la digestión de sustancias extracelulares es la destrucción de los propios orgánulos celulares. Esta se realiza en las llamadas **vacuolas citolisosómicas** o **vacuolas autofágicas**. En las células hepáticas, por ejemplo, se destruye una mitocondria cada 15 minutos. La célula puede llegar a la autofagia. Esto sucede en tejidos enfermos, en los procesos de metamorfosis, etc. Se rompe la membrana de los lisosomas —que es inatacable por contener ciertas glucoproteínas en su cara interna—, y las enzimas se vierten en todo el citoplasma provocándose la necrosis celular.



INTERCAMBIO DE SUSTANCIAS A TRAVES DE LA MEMBRANA

Para que una sustancia penetre en el hialoplasma es preciso que antes atraviere la membrana citoplasmática. Esto es así tanto si está en el exterior de la célula como si está en una vacuola digestiva por tratarse de un producto de la digestión. Existen unos mecanismos de **intercambio** pasivo de sustancias, es decir, que no requieren energía (ATP) para realizarse, como son la **difusión** y la **ósmosis**. Mediante estos procesos la célula intercambia con el medio moléculas disueltas de pequeño peso molecular, como CO_2 , O_2 , iones Na^{2+} , iones K^+ , aniones, glucosa, etc. Este transporte es tanto más rápido cuanto menor es el tamaño de la molécula, cuanto mayor es la diferencia de concentraciones entre el exterior y el interior de la célula y cuanto más lipófila sea la sustancia (ha de atravesar una capa lipídica).

Se ha comprobado que la membrana plasmática ejerce una **permeabilidad selectiva**; por ejemplo, en los eritrocitos puede penetrar la D-glucosa, pero no la L-glucosa. Esto hace pensar que no se trata de una simple difusión, sino que existen unas proteínas, denominadas **permeasas** —con una estructura complementaria de la molécula específica que dejan pasar—, que son las encargadas de facilitar el paso a través de la membrana (transporte facilitado). Este proceso no consume energía celular —ATP—, ya que va siempre a favor de la diferencia de concentraciones.

También existe otro tipo de proceso, denominado **intercambio de tipo activo** o **transporte activo**, para cuya realización se requiere una energía que es suministrada por el ATP. En este mecanismo intervienen igualmente las moléculas enzimáticas situadas en la membrana plasmática —las permeasas o proteínas transmembranales—, que son específicas para cada una de las sustancias que transportan y con las cuales se combinan formando complejos que atraviesan la membrana y posteriormente se escinden. Mediante el transporte activo pueden intercambiarse sustancias de elevado peso molecular contra el gradiente de concentración, es decir, hacia el lugar de mayor concentración, y pese a que sean sustancias muy lipóforas.

Uno de los casos mejor estudiados de transporte activo es el denominado **bomba de sodio**. Se ha comprobado que la membrana plasmática ejerce una permeabilidad selectiva respecto a los iones Na^{2+} y K^+ pese a sus similitudes de peso molecular y carga. La concentración de Na^{2+} en el interior respecto al exterior es muy baja. Esto sólo es explicable si existe un mecanismo encargado de bombear Na^{2+} constantemente hacia el exterior y, más aún, si se considera que la entrada del Na^{2+} está facilitada, ya que el interior de la célula es eléctricamente negativo debido a la ionización de las proteínas.

Por otro lado, el K^+ alcanza en el interior una concentración muy superior a la del exterior. Esto sólo se explica si existe un mecanismo de bombeo de K^+ hacia adentro, que obviamente puede ir acoplado al de Na^{2+} hacia afuera. Todo ello es necesario, ya que el K^+ es imprescindible para el metabolismo celular.

CONCENTRACION, TRANSPORTE Y DISTRIBUCION DE SUSTANCIAS

El retículo endoplasmático actúa como órgano colector concentrando en sus cavidades sustancias procedentes del medio extracelular y también sustancias del medio intracelular, como las proteínas sintetizadas por los ribosomas.

Asimismo interviene en el transporte de sustancias de un punto a otro de la célula a través de sus cavidades, como ocurre en las células musculares con el ATP y el Ca^{2+} , necesarios para la contracción muscular.

EXCRECION DE LOS PRODUCTOS DEL METABOLISMO

La excreción es el proceso de expulsión de las sustancias finales (H_2O , CO_2 , NH_3 , ...) resultantes del catabolismo. En esto se diferencia de la defecación, que es el proceso de expulsión de las sustancias que no han sido metabolizadas debido a su resistencia a las enzimas hidrolíticas de los lisosomas.

El H_2O , CO_2 y otras sustancias solubles son eliminados a través de la membrana por simple difusión. Algunas sustancias permanecen en la célula en forma de inclusiones (carbonatos, oxalatos, etc.). Otras pueden formar parte de la membrana de secreción. La **vacuola contráctil** o **pulsátil** que poseen algunas especies dulceacuícolas —con un citoplasma hipertónico respecto del medio extracelular— interviene en la eliminación del agua.

5.3 Funció de reproducció.

La célula es la **unidad reproductora** de los seres vivos. El crecimiento, desarrollo y reproducción de los organismos pluricelulares y unicelulares vienen condicionados por la división celular. Esta función se puede condensar en la famosa frase de Virchow: «Omnis cellula ex cellula», toda célula procede de otra célula.

CAUSAS DE LA DIVISION CELULAR

Algunas causas de la división celular parecen ser las siguientes:

- a) Cuando la relación **tamaño del núcleo — tamaño del citoplasma** se desequilibra en el sentido de un mayor crecimiento del citoplasma, el núcleo aumenta de tamaño y se duplica, restableciéndose el equilibrio.
- b) Las **necrohormonas**, que son sustancias producidas por células que han sufrido una herida, inducen la división de las células próximas.
- c) Diversas **sustancias químicas** influyen en la división celular. Por ejemplo, el nitrato de manganeso favorece la división de algunos ciliados.

DIVISION CELULAR: MITOSIS

La **mitosis** es el proceso de división celular mediante el cual, a partir de una célula madre, aparecen dos células hijas con idéntica dotación cromosómica que la progenitora. La mitosis consta de cuatro fases —*profase*, *metafase*, *anafase* y *telofase* y un tiempo de reposo, denominado *interfase*.

Interfase

La **interfase** comprende tres períodos. El **período G_1** tiene una duración variable. Es el período posmitótico y en él se produce la síntesis del ARN_m y de

proteínas. La célula posee un solo diplosoma (2 centríolos). El **período S** tiene una duración de seis a ocho horas. Es el período en el que se produce la duplicación del ADN y, por tanto, la duplicación de las cromátidas, apareciendo varios pares de ellas (tantos como cromosomas tiene la célula). Las dos cromátidas se mantienen unidas por el centrómero. Continúa la síntesis del ARN_m y también se sintetizan histonas. Junto a cada centríolo del diplosoma se forma un procentríolo. El **período G₂** tiene una duración de cuatro a cinco horas. Es el período premitótico. Comienza cuando deja de formarse ADN. En él se continúa sintetizando ARN_m.

Profase

La **profase** se inicia con el hinchamiento del núcleo debido al paso del agua del citoplasma a través de la doble membrana nuclear. Las dos cromátidas comienzan a arrollarse en espiral somática formando un solo cromosoma, ya que permanecen unidas a nivel del centrómero. Los nucléolos se deshacen al principio de la división y desaparecen. La membrana nuclear se rompe, desapareciendo casi toda al final de esta fase y poniéndose en contacto el nucleoplasma y el citoplasma.

Los dos diplosomas inmaduros (centríolo y procentríolo) se separan y se disponen en una situación diametralmente opuesta uno respecto al otro, constituyendo los dos polos de la célula en división. Mientras dura la profase cada procentríolo se alarga y da lugar a un nuevo centríolo. En el hialoplasma se originan unas fibras de microtúbulos que se sitúan alrededor de cada diplosoma como irradiando de ellos. Estas fibras se denominan **fibras del áster**. También aparecen otras estructuralmente semejantes que unen los dos diplosomas y se denominan **fibras continuas**. Los cromosomas se dirigen hacia el plano ecuatorial de la célula. Entre los centrómeros y los diplosomas se forman, en el nucleoplasma y en el hialoplasma, microtúbulos que constituyen las denominadas **fibras cromosómicas**, las cuales, junto con las fibras continuas forman el **huso acromático**. Esta fase dura unos quince minutos.

Metafase

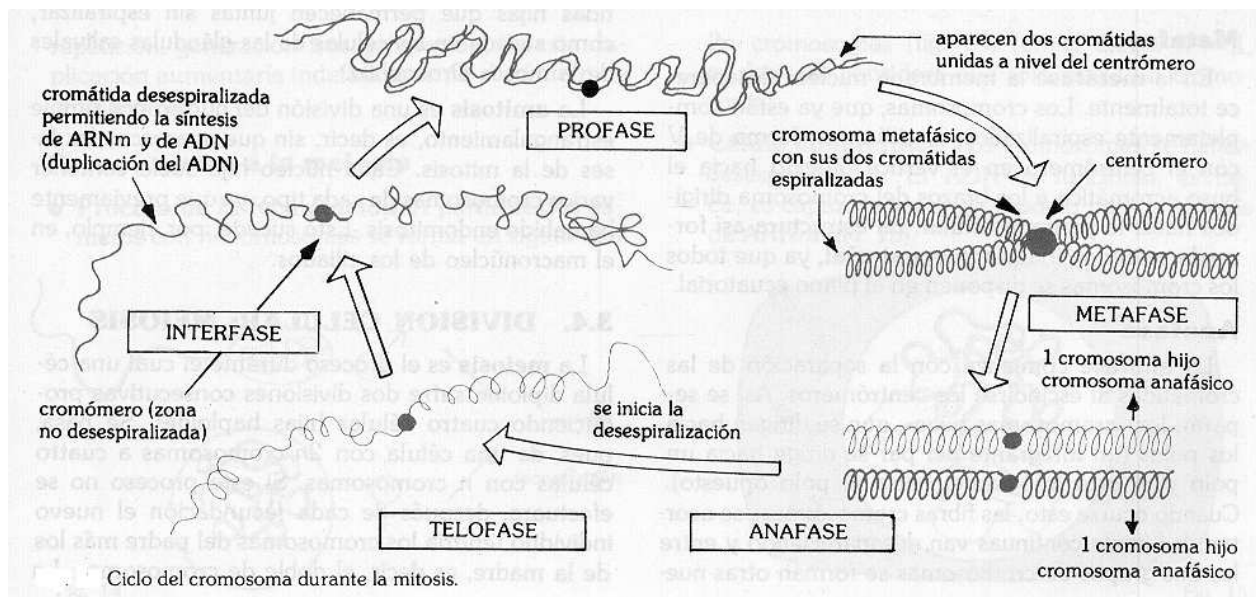
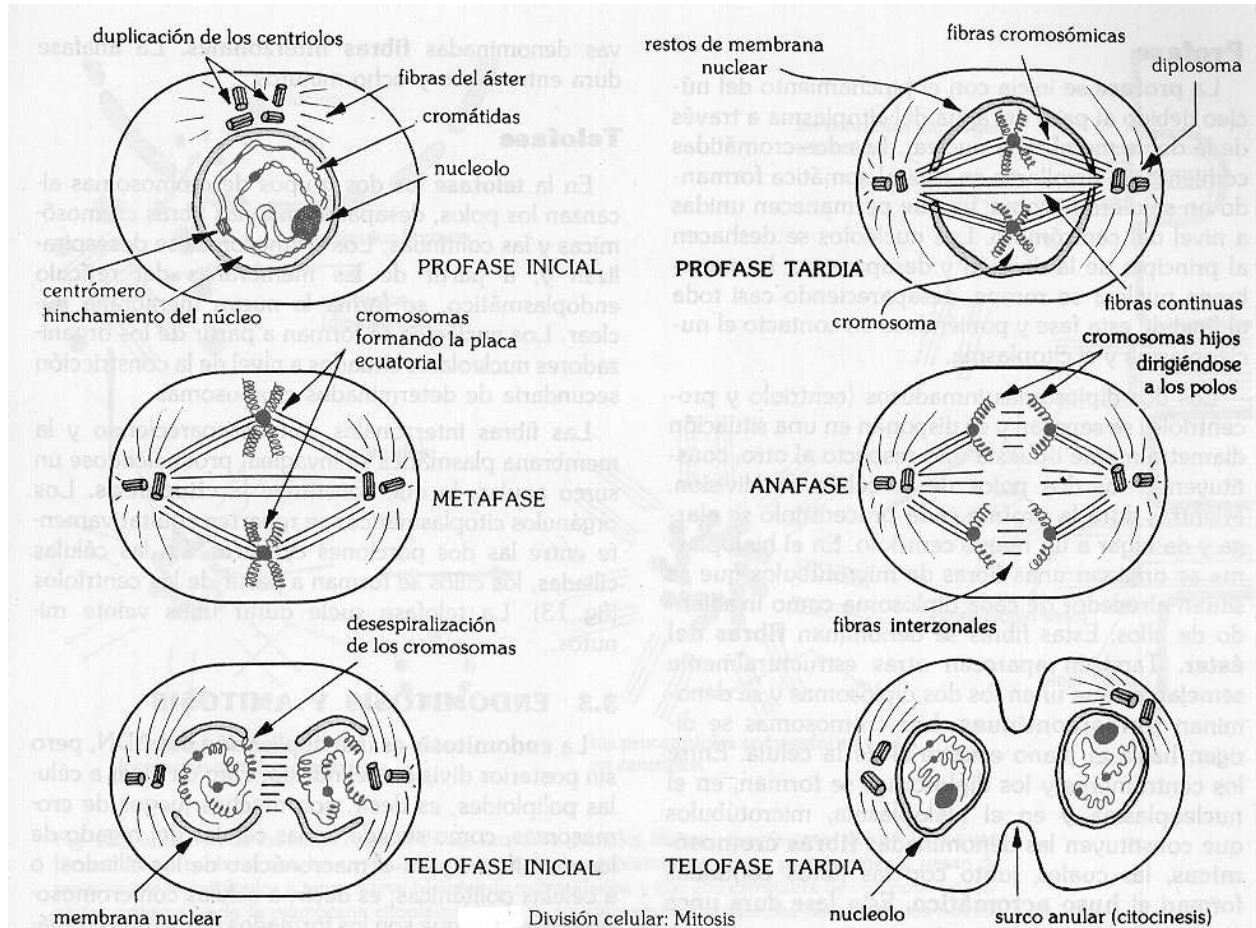
En la **metafase** la membrana nuclear desaparece totalmente. Los cromosomas, que ya están completamente espiralizados, se sitúan en forma de **V** con el centrómero en el vértice dirigido hacia el huso acromático y los brazos del cromosoma dirigidos hacia la periferia celular. La estructura así formada se denomina **placa ecuatorial**, ya que todos los cromosomas se disponen en el plano ecuatorial.

Anafase

La **anafase** comienza con la separación de las cromátidas al escindirse los centrómeros. Así se separan los «cromosomas hijos», que se dirigen hacia los polos (un integrante del par se dirige hacia un polo y el otro integrante, hacia el polo opuesto). Cuando ocurre esto, las fibras cromosómicas se acortan, las fibras continuas van desapareciendo y entre los dos grupos de cromosomas se forman otras nuevas denominadas **fibras interzonales**. La anafase dura entre cinco y ocho minutos.

Telofase

En la **telofase** los dos grupos de cromosomas alcanzan los polos, desapareciendo las fibras cromosómicas y las continuas. Los cromosomas se desespiralizan y, a partir de las membranas del retículo endoplasmático, se forma la nueva membrana nuclear. Los nucléolos se forman a partir de los organizadores nucleolares situados a nivel de la constricción secundaria de determinados cromosomas.



Las fibras interzonales van desapareciendo y la membrana plasmática se invagina, produciéndose un surco anular, lo que constituye la **citocinesis**. Los orgánulos citoplasmáticos se reparten equitativamente entre las dos porciones celulares. En las células ciliadas, los cilios se forman a partir de los centriolos. La telofase suele durar unos veinte minutos.

ENDOMITOSIS Y AMITOSIS

La **endomitosis** es una duplicación del ADN, pero sin posterior división del núcleo. Esto da lugar a células poliploides, es decir, con muchos juegos de cromosomas, como sucede en las células del hígado de los mamíferos y en el macronúcleo de los ciliados.

La **amitosis** es una división del núcleo por simple estrangulamiento, es decir, sin que aparezcan las fases de la mitosis. Cada núcleo hijo suele contener varios cromosomas de cada tipo, ya que previamente ha habido endomitosis. Esto sucede, por ejemplo, en el macronúcleo de los ciliados.

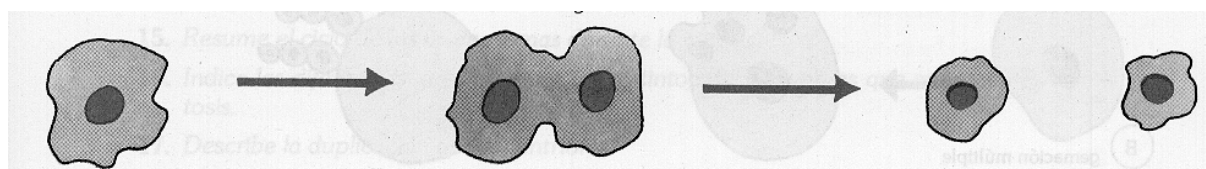
DIVISION CELULAR: MEIOSIS

La **meiosis** es el proceso durante el cual una célula diploide sufre dos divisiones consecutivas produciendo cuatro células hijas haploides. Se pasa, pues, de una célula con $2n$ cromosomas a cuatro células con n cromosomas. Si este proceso no se efectuara, después de cada fecundación el nuevo individuo tendría los cromosomas del padre más los de la madre, es decir, el doble de cromosomas.

TIPOS DE DIVISION CELULAR:

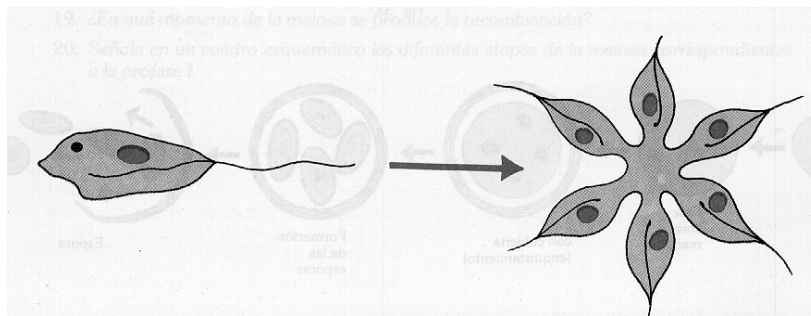
Bipartición o división binaria

A partir de la célula madre se originan dos células hijas iguales. En primer lugar se produce la división del núcleo o cariocinesis y después el citoplasma se estrecha entre los dos núcleos formados, hasta que se produce su división o citocinesis. Este proceso se denomina estrangulamiento. También puede realizarse mediante tabicación, como sucede en las células vegetales.



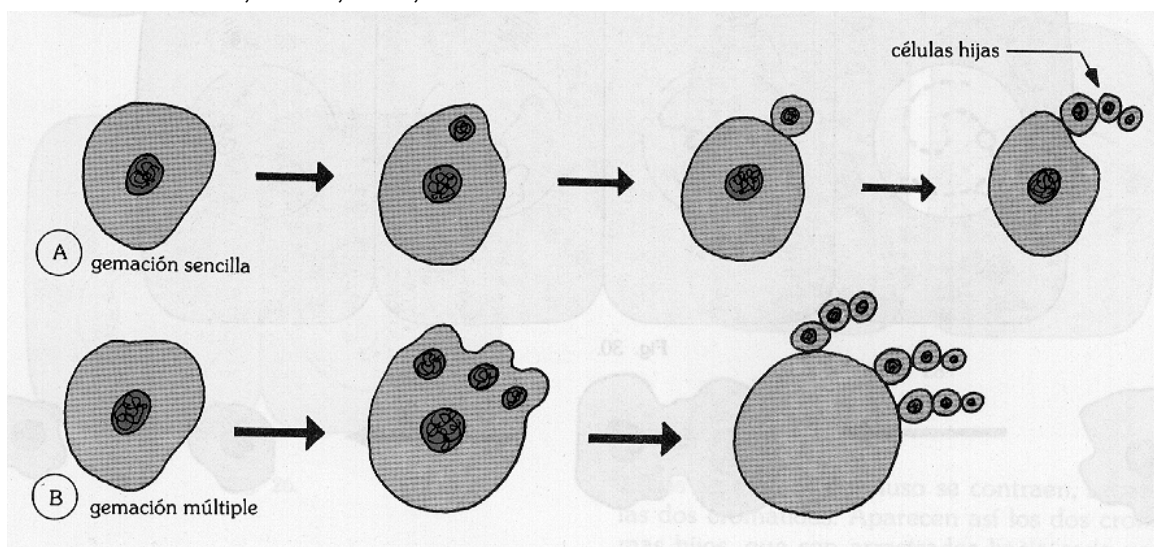
Pluripartición o división múltiple

Se diferencia de la anterior en que a partir de la célula madre aparecen más de dos células hijas. En primer lugar se divide varias veces el núcleo y posteriormente se produce la citocinesis, apareciendo tantas células hijas como núcleos formados.



Gemación

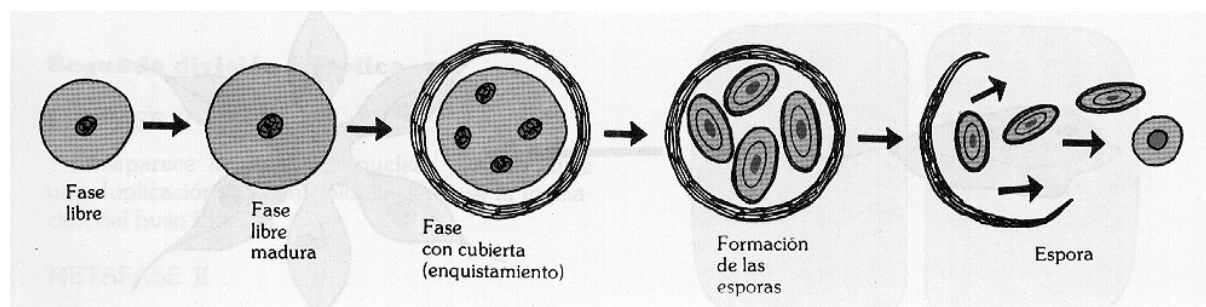
Se origina un abultamiento o yema en el citoplasma hacia el cual se traslada el núcleo, que se divide como en el caso anterior, quedando uno de los núcleos englobado en el citoplasma de la yema. Posteriormente se produce una membrana que constituye un tabique entre los dos núcleos, diferenciándose una célula hija mucho más pequeña que la progenitora. Después aquélla crece sin separarse de ésta, hasta adquirir su mismo tamaño. La gemación puede ser múltiple y dar lugar a una serie de cuatro, cinco, seis,... células unidas.



Esporulación

La célula madre queda rodeada de una cubierta que la aísla del exterior. Posteriormente el núcleo se divide varias veces. Cada núcleo hijo se rodea de una porción de citoplasma de la célula progenitora, de la membrana citoplasmática y de una cubierta, formándose así varias células hijas que se liberan al romperse la cubierta de la célula madre.

Las células hijas o esporas, cuando encuentran un medio apto, se desenquistan, desarrollan sus funciones, crecen y se reproducen.



CUESTIONES

1. Define el concepto de estímulo celular.
2. Escribe la diferencia entre tactismo y tropismo.
3. ¿Qué analogías y diferencias existen entre los movimientos de ciclosis y los movimientos ameboides?
4. Describe mediante un dibujo el movimiento de un cilio.
5. Explica mediante dibujos el movimiento contráctil.
6. Relaciona los diferentes tipos de nutrición con la materia y la energía.
7. Relaciona igualmente los tipos de ingestión con los diversos nutrientes celulares.
8. Haz un esquema de los diferentes tipos de vacuolas y sus funciones.
9. Define el concepto de digestión.
10. Esquematiza mediante un dibujo los diferentes procesos que sufren los nutrientes desde la ingestión hasta la defecación y excreción.
11. Desarrolla el significado de la frase «Omnis cellula ex cellula».
12. Haz dibujos de todos los tipos de división celular.
13. ¿Cuáles son las principales diferencias y analogías entre los distintos tipos de división celular?
14. Dibuja esquemáticamente el proceso mitótico.
15. Resume el ciclo de los cromosomas durante la mitosis.
16. Realiza un esquema de los fenómenos que tienen lugar durante la mitosis, incluyendo la internase.
17. Haz un esquema del tema con todos los conceptos que consideres importantes.