



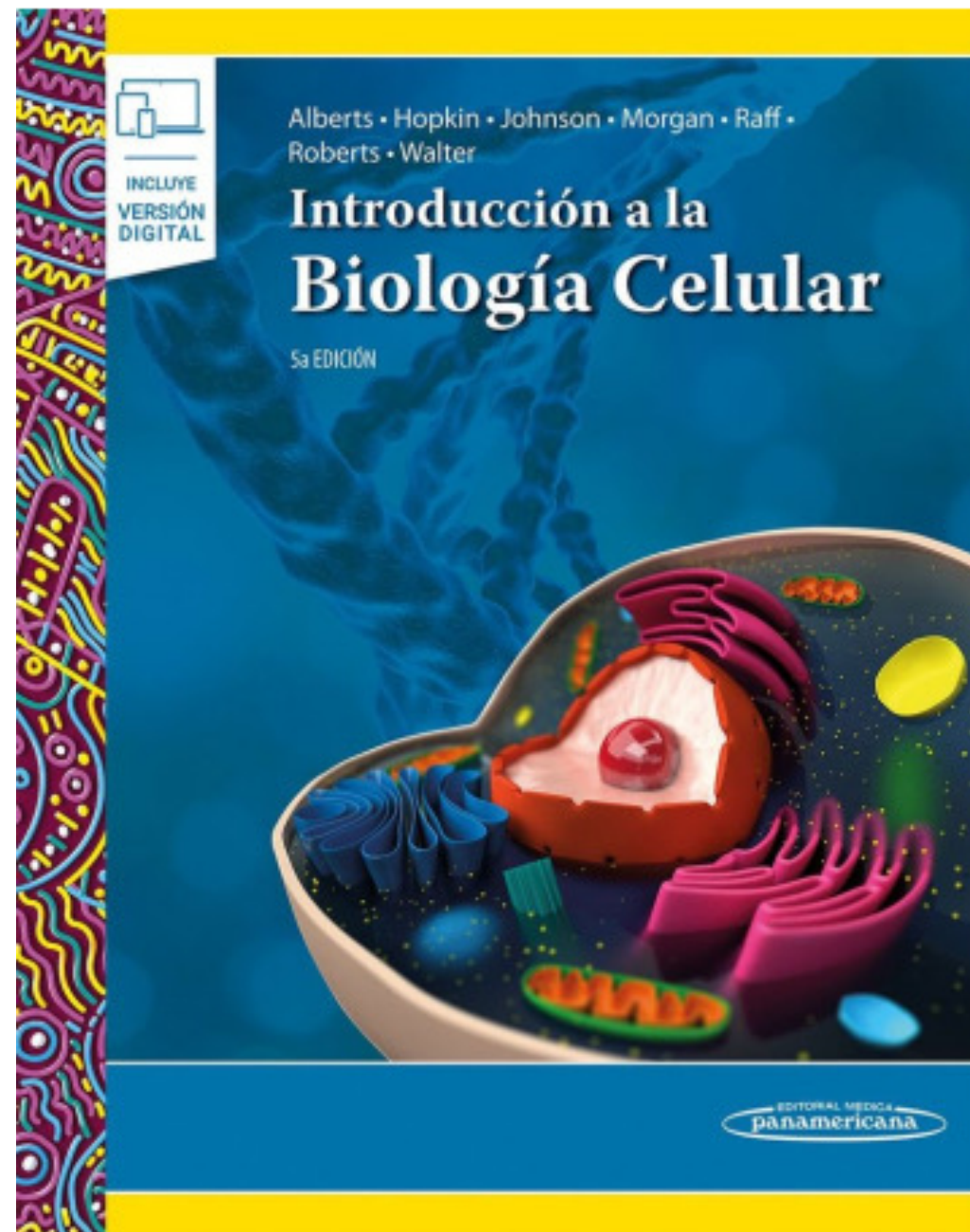
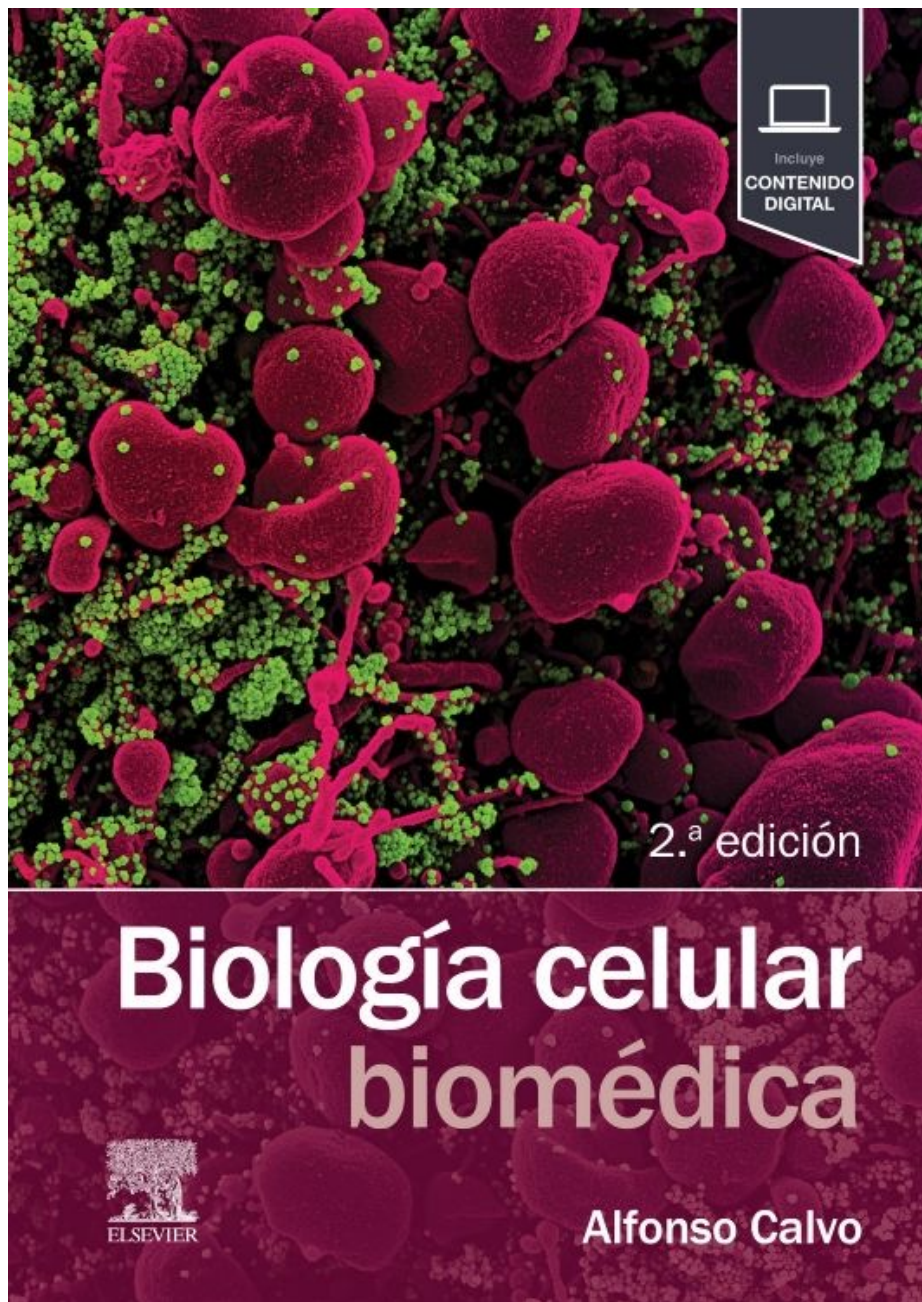
Universidad de Valladolid

Superficie celular

Prof. Ricardo Usategui Martín

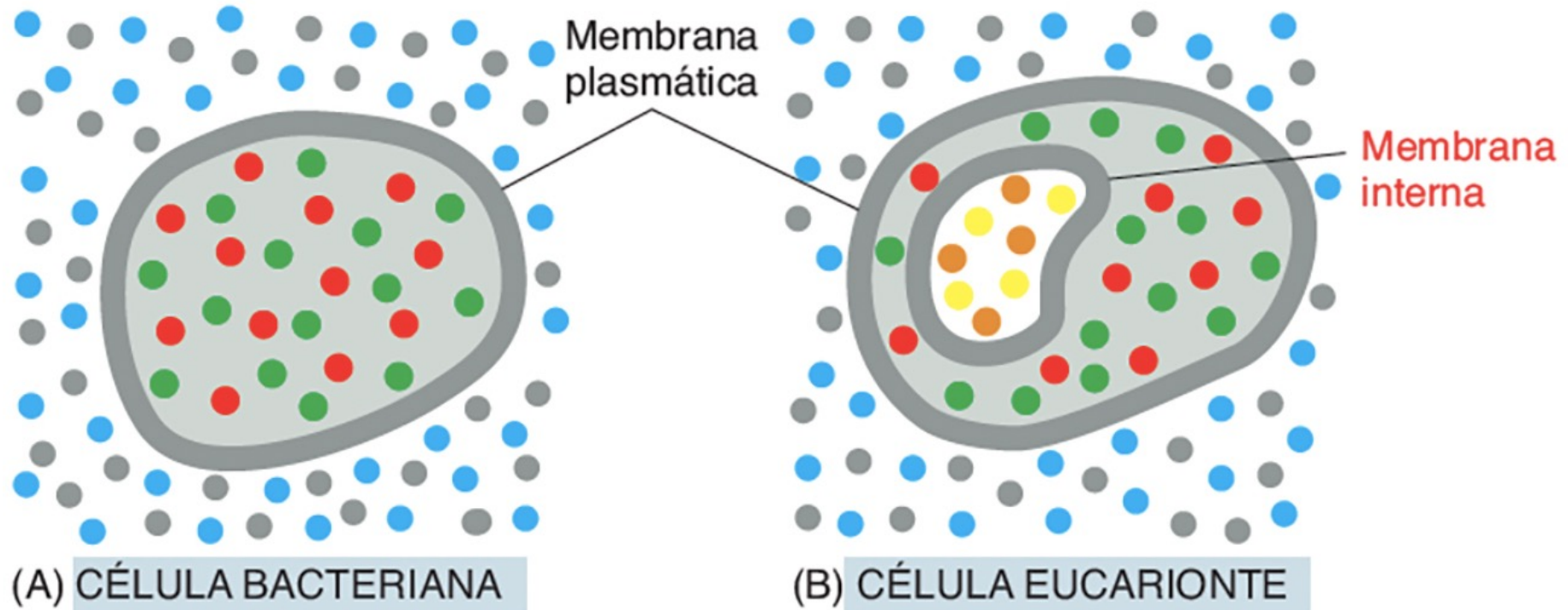
Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

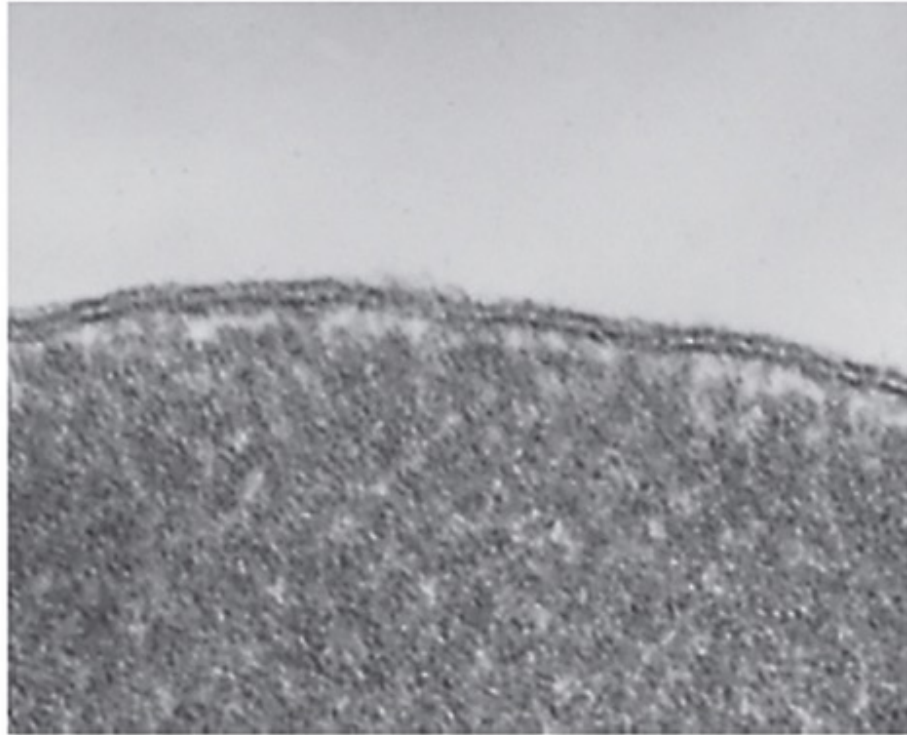


Membrana plasmática

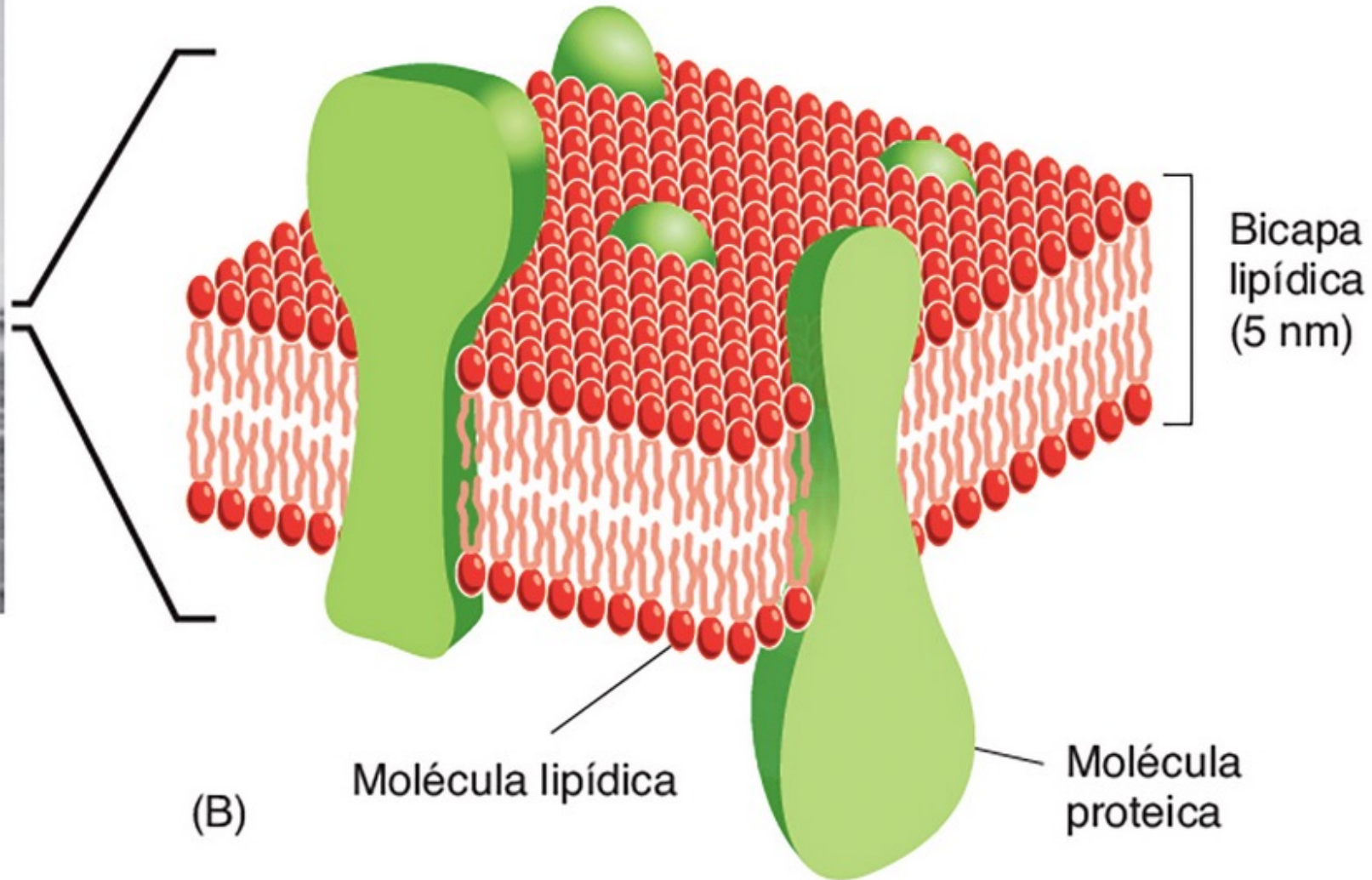
- Película adiposa tachonada de proteínas
- No puede visualizarse directamente al mo
- Aparece en todas las células de la Tierra
- Doble membrana lipídica de unos 5nm, con proteínas insertadas



Membrana plasmática: bicapa lipídica con proteínas incluidas



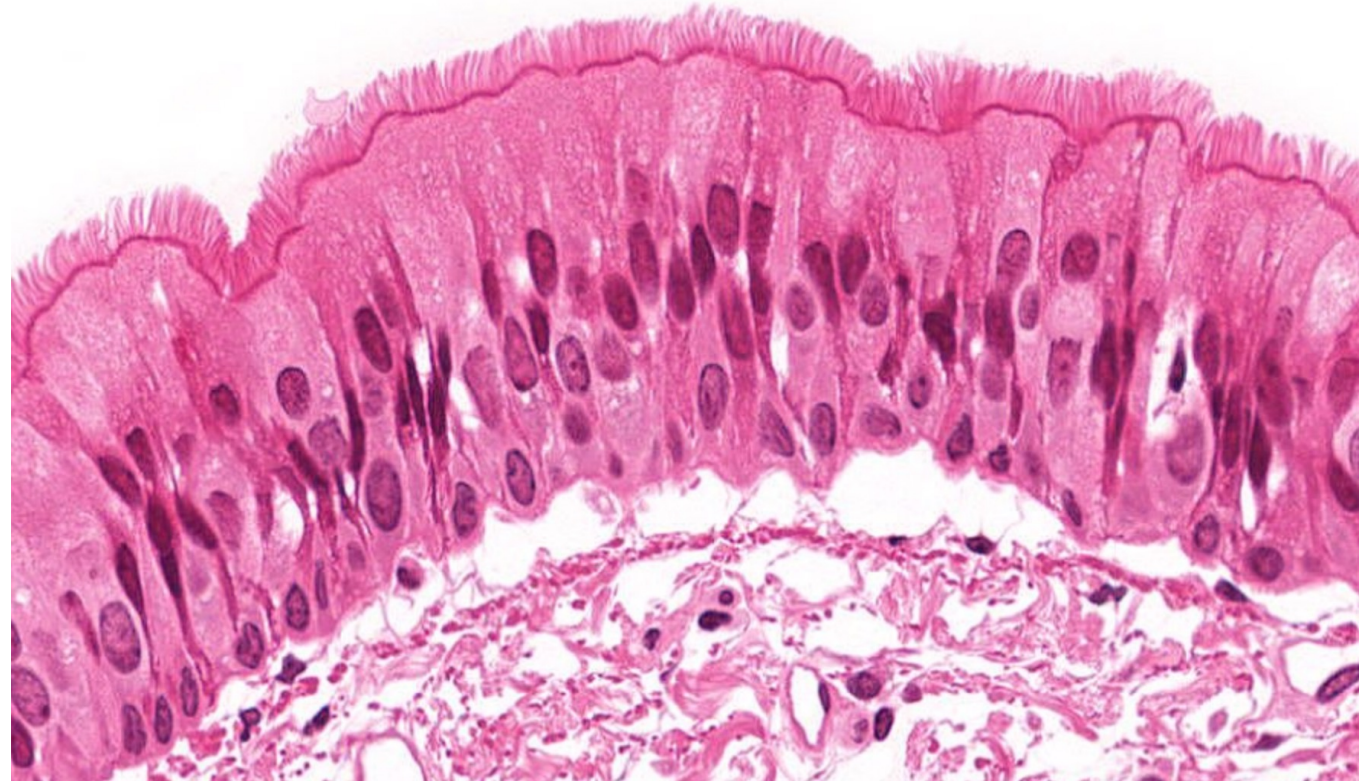
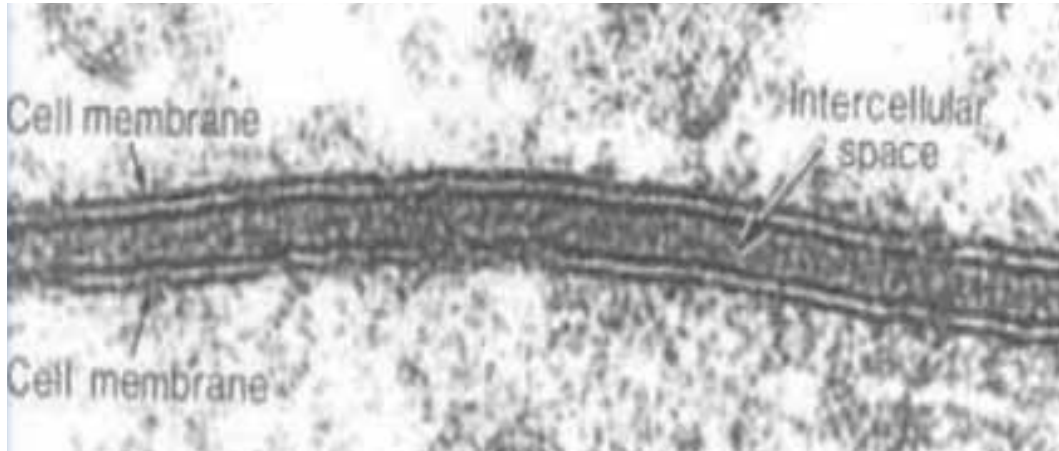
(A)



(B)

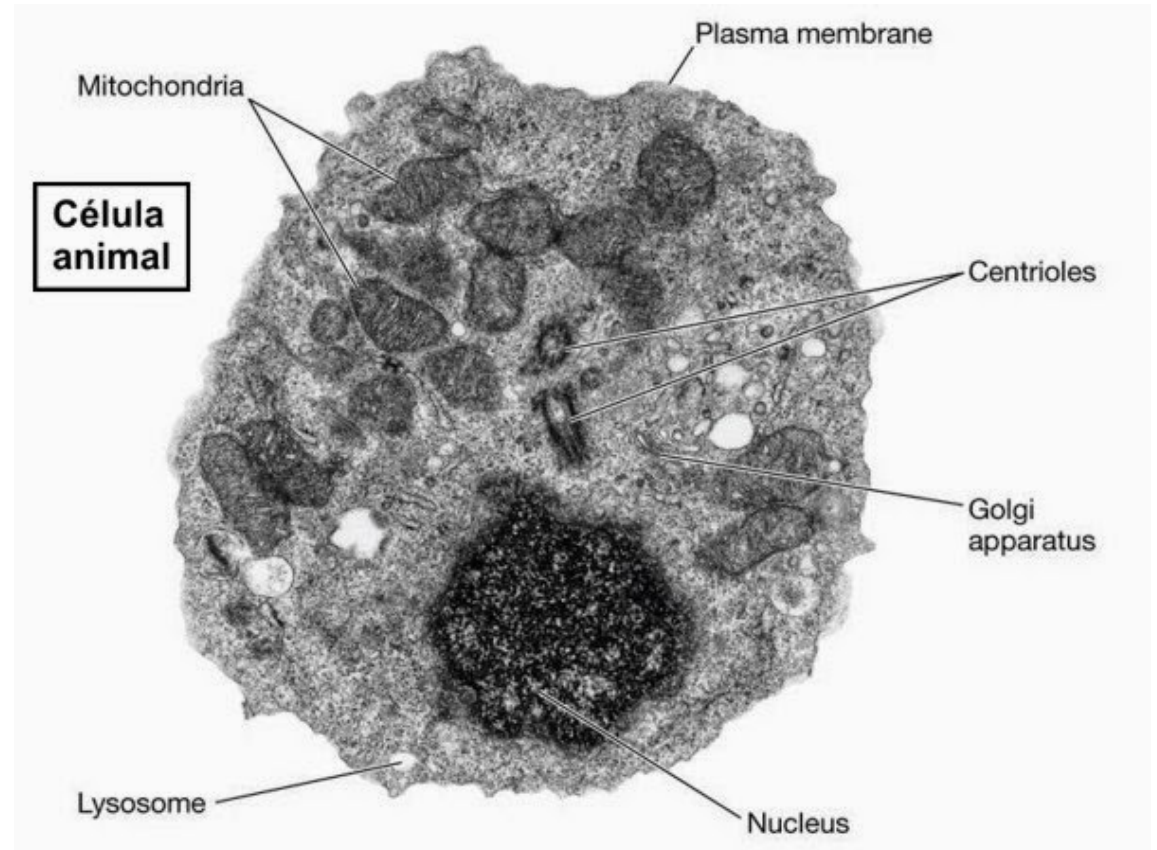
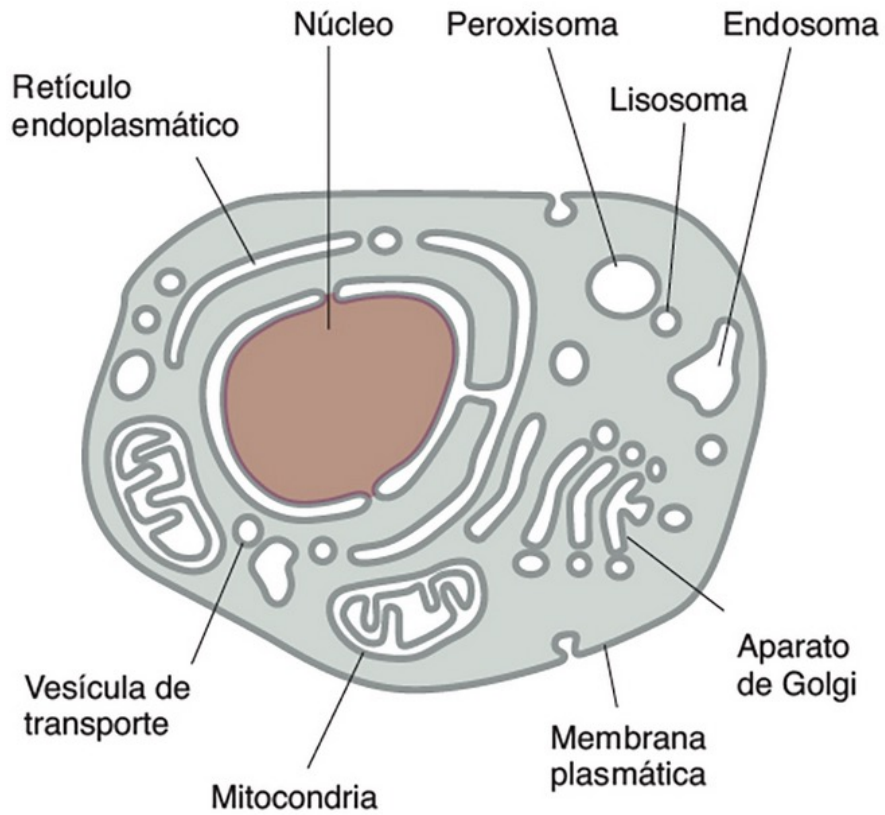
Membrana plasmática: bicapa lipídica con proteínas incluidas

No puede visualizarse al microscopio óptico

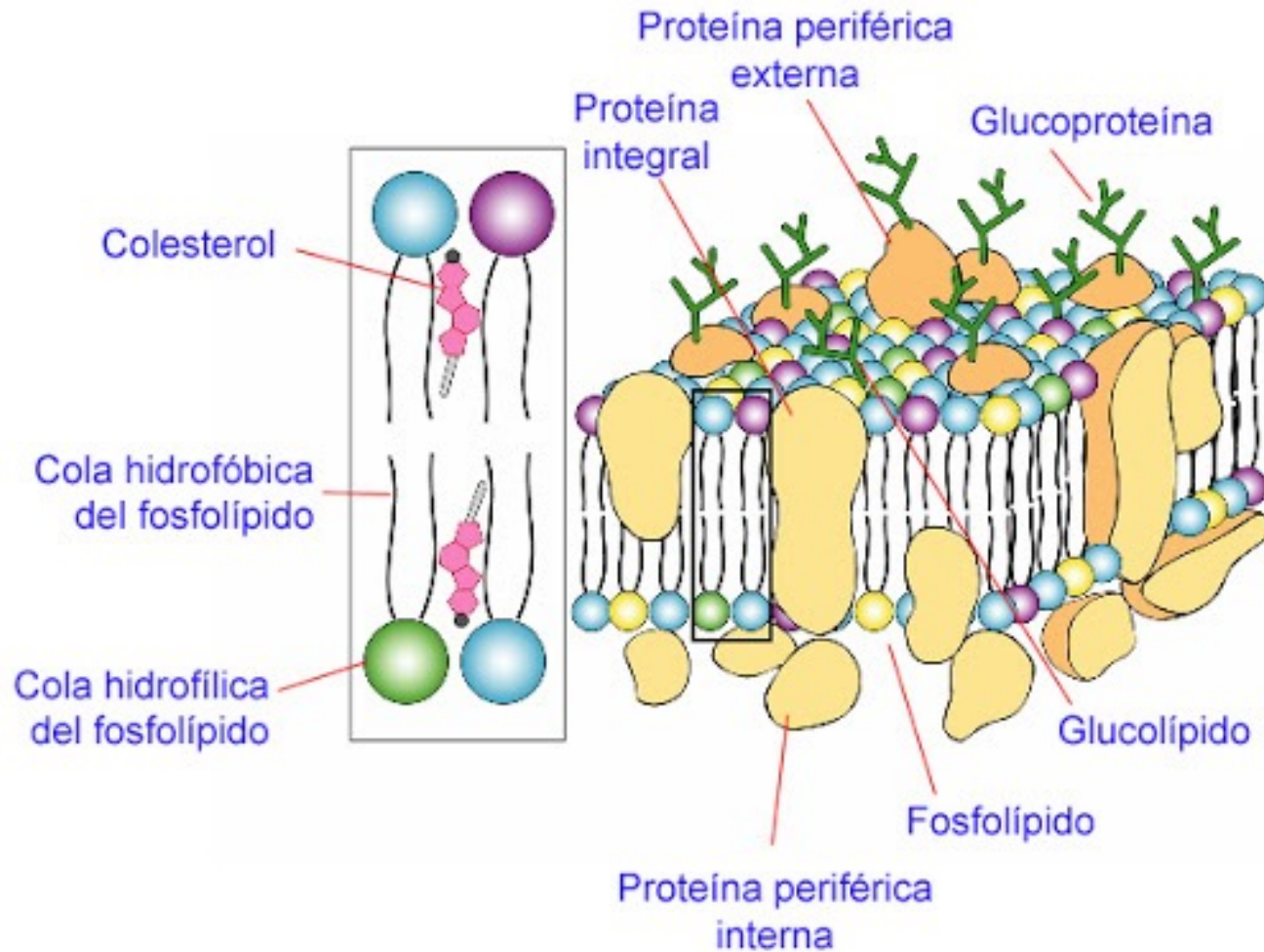


Membranas internas en células eucariotas

Las células eucariotas también tienen membranas internas: delimitación de compartimentos intracelulares



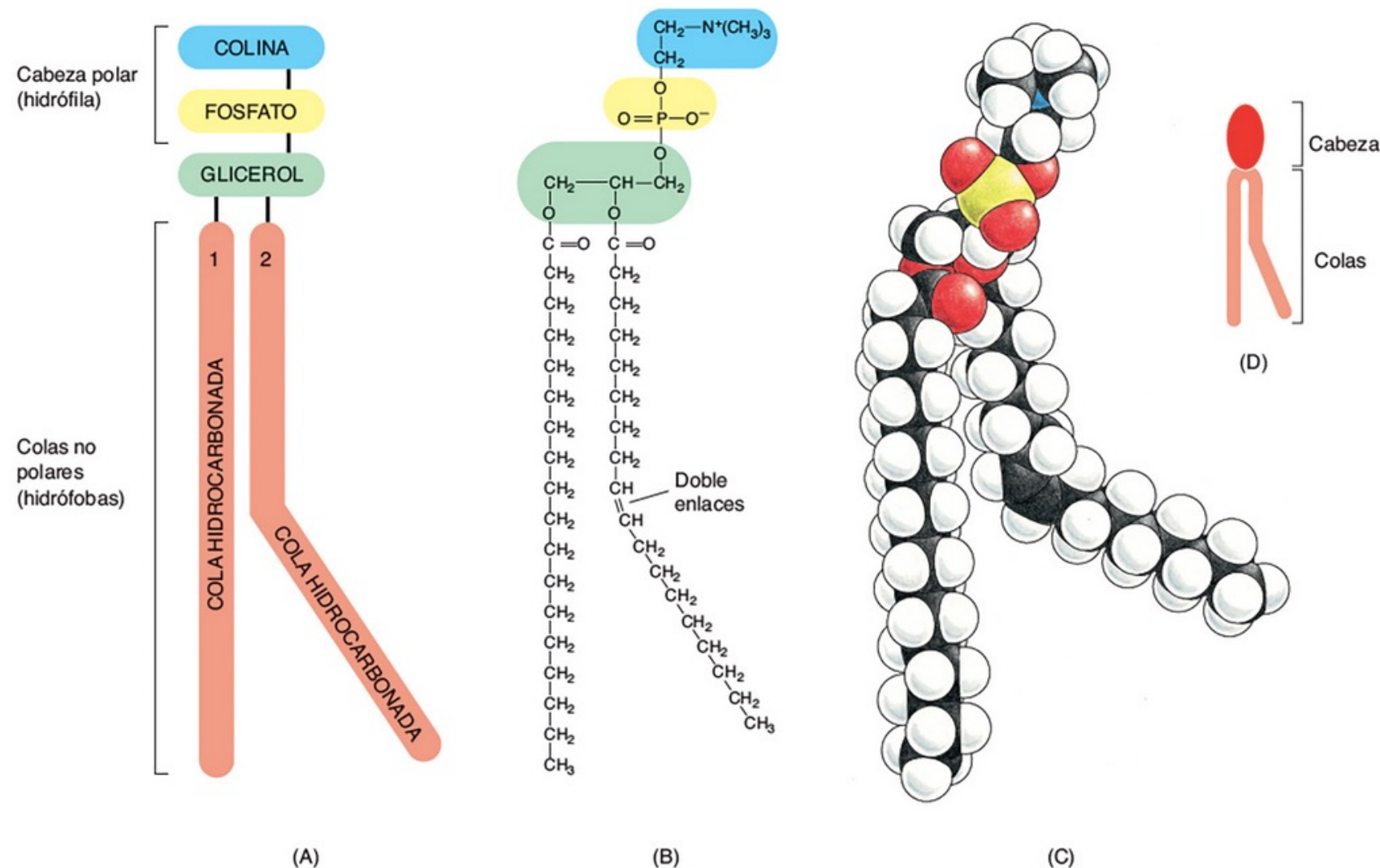
Membrana plasmática: composición y estructura



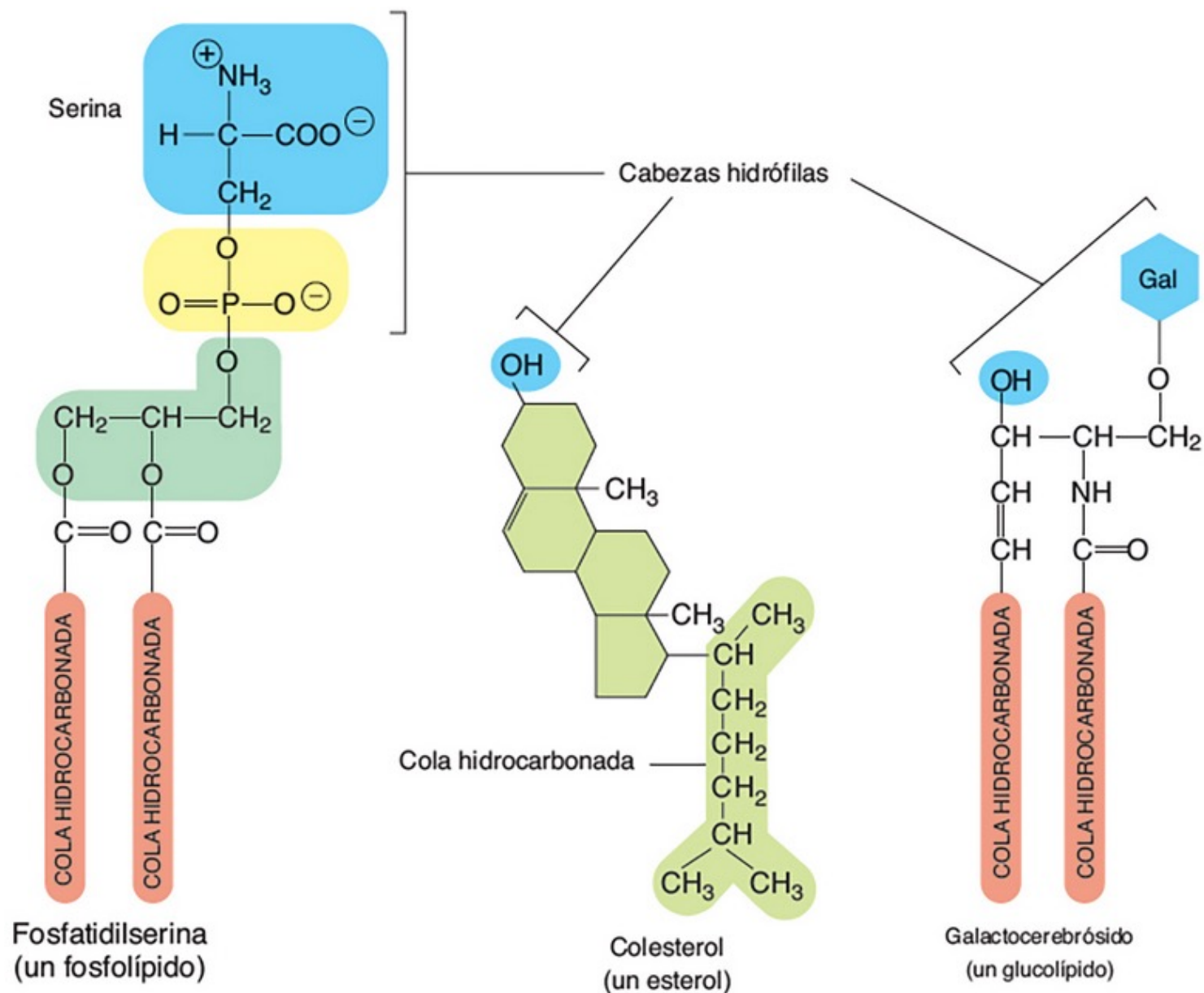
- Lípidos: 48%
- Proteínas: 48%
- Hidratos de carbono: 4%

Membrana plasmática: composición y estructura

La **fosfatidilcolina** es el fosfolípido más abundante

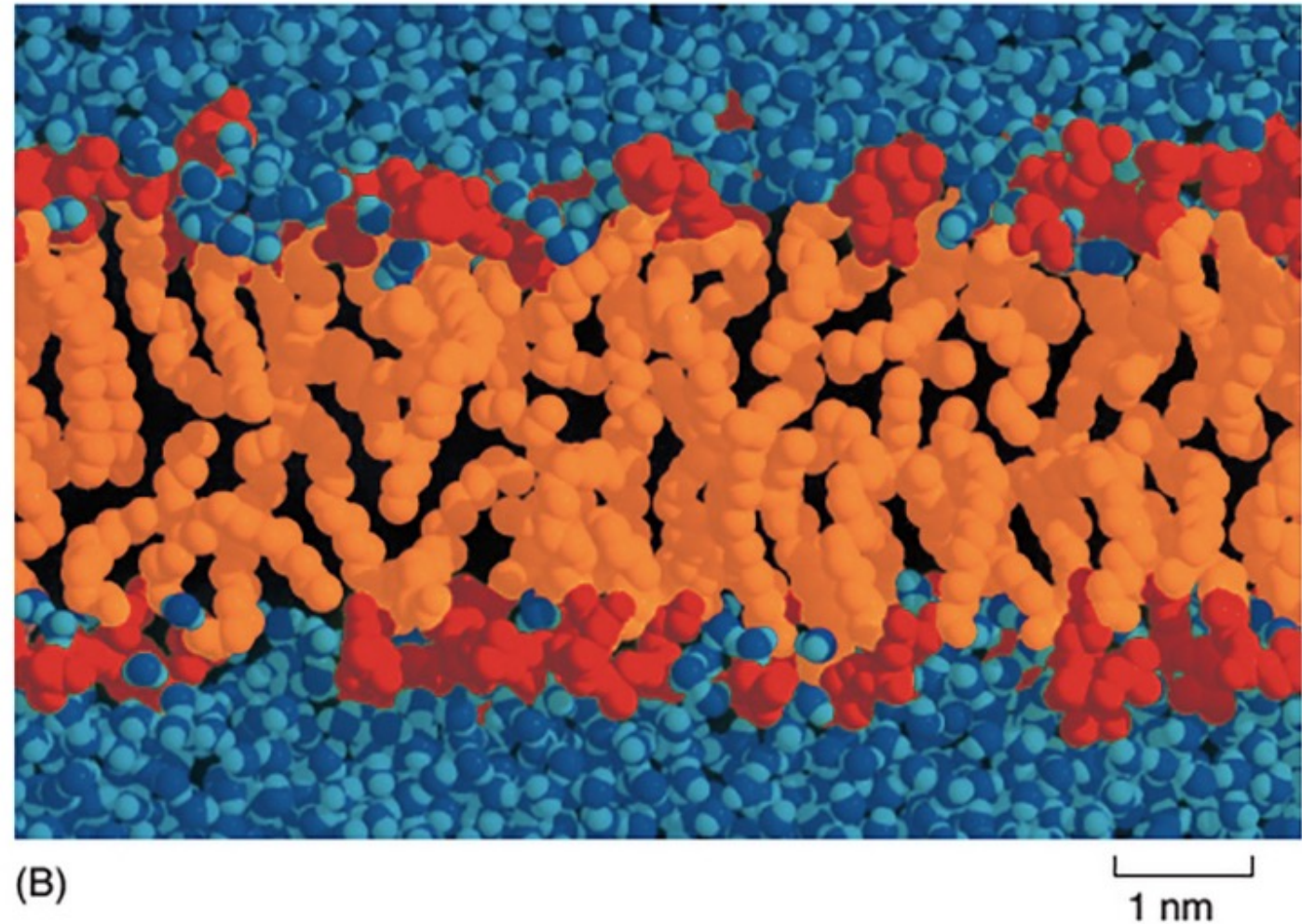
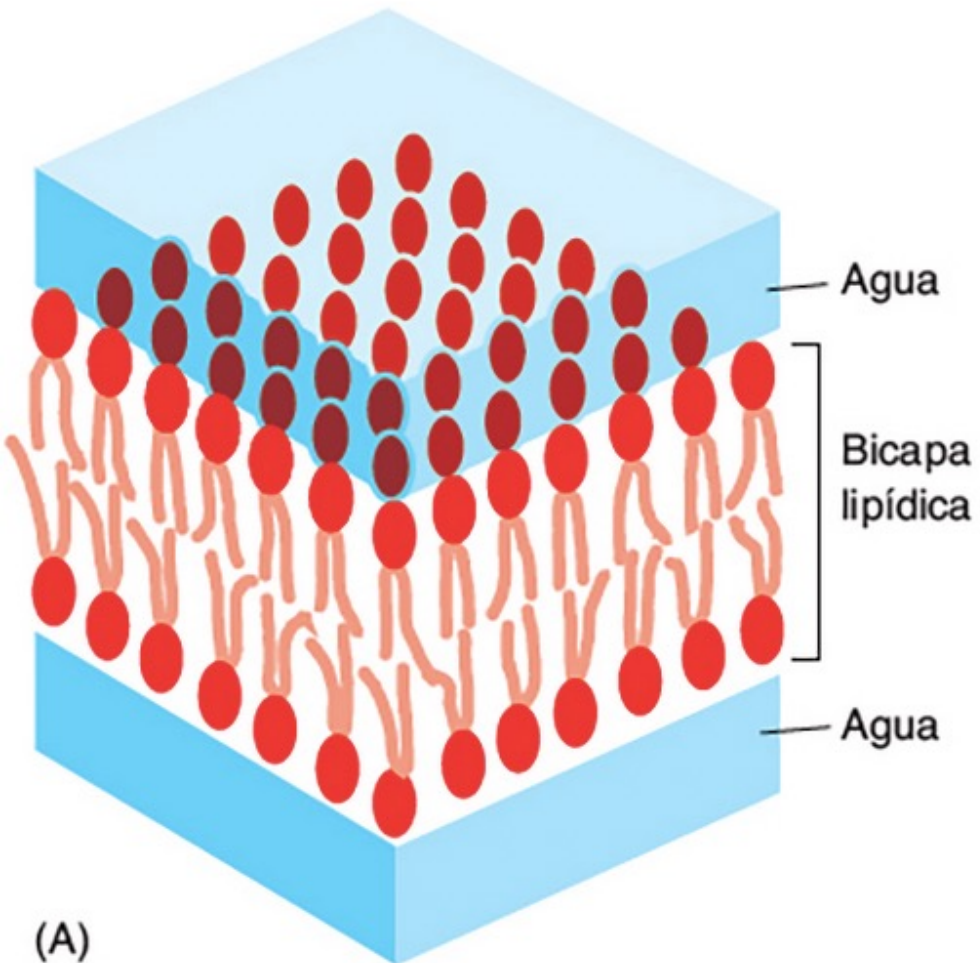


Membrana plasmática: composición y estructura



Membrana plasmática: composición y estructura

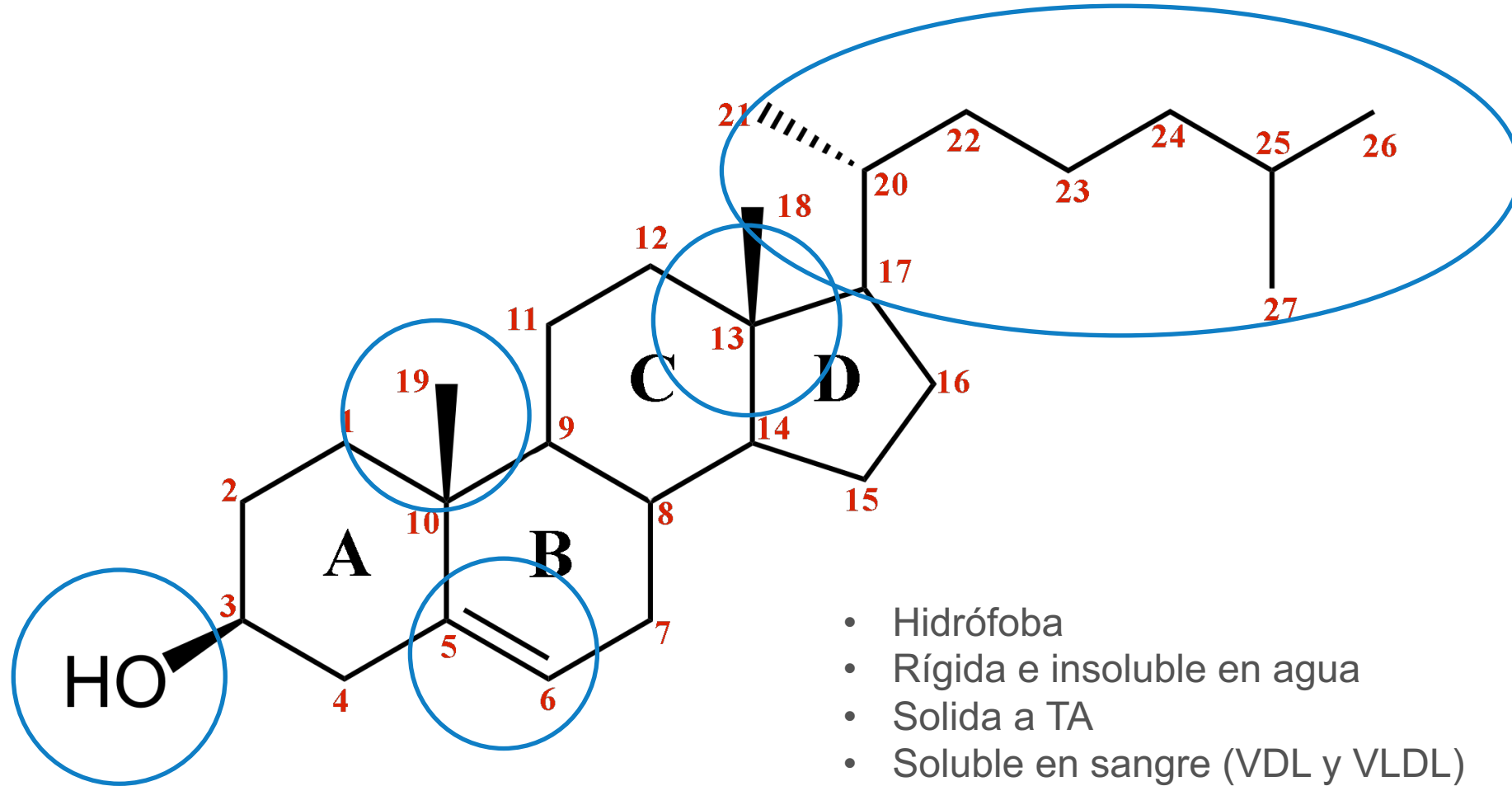
El carácter anfipático de los fosfolípidos permite que se cree una doble capa lipídica



Membrana plasmática: composición y estructura

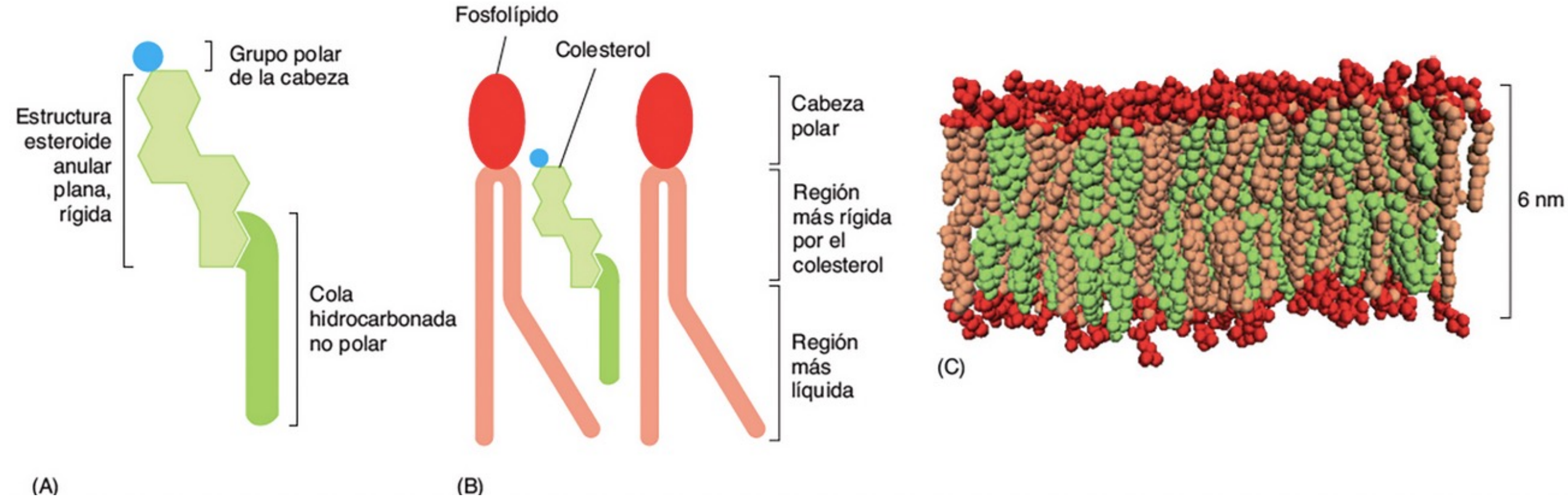
COLESTEROL: molécula de esterano + cadena hidrocarbonada

8C



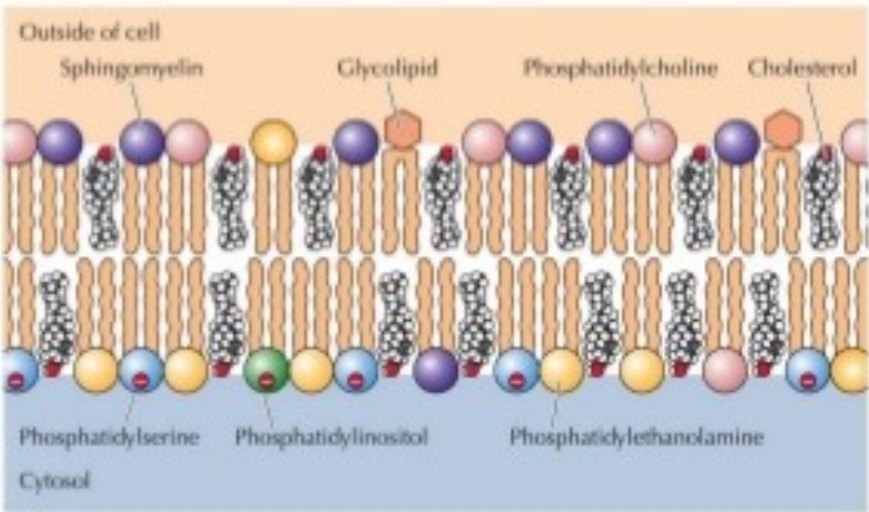
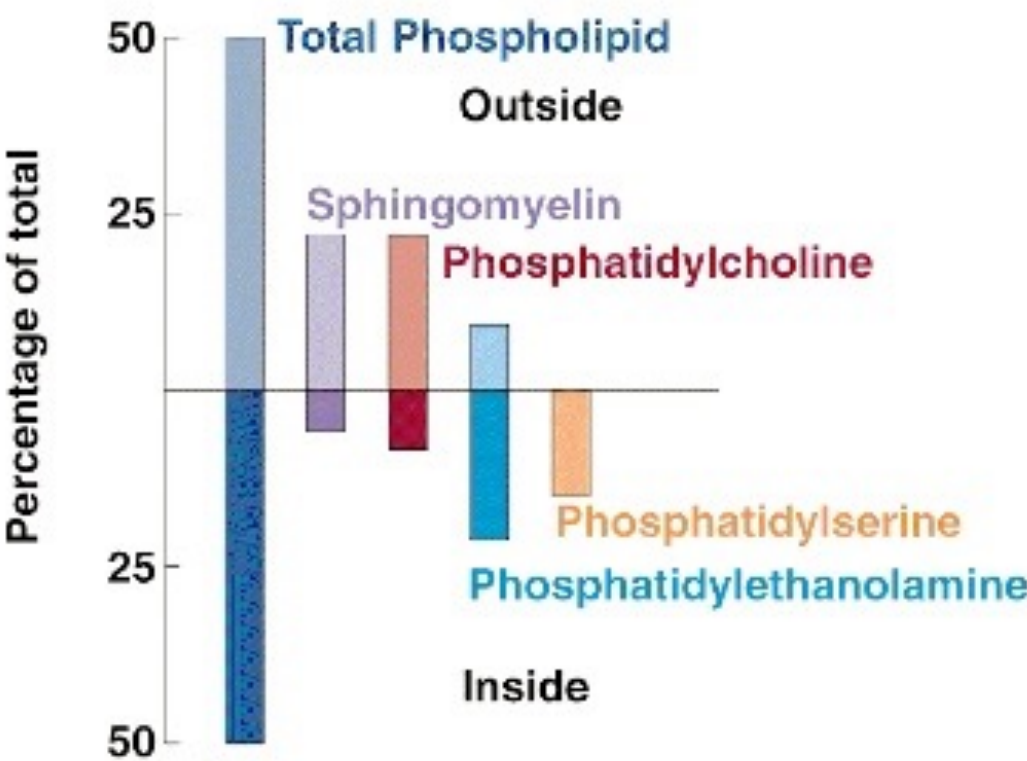
Membrana plasmática: composición y estructura

El colesterol tiende a volver más rígidas las membranas plasmáticas



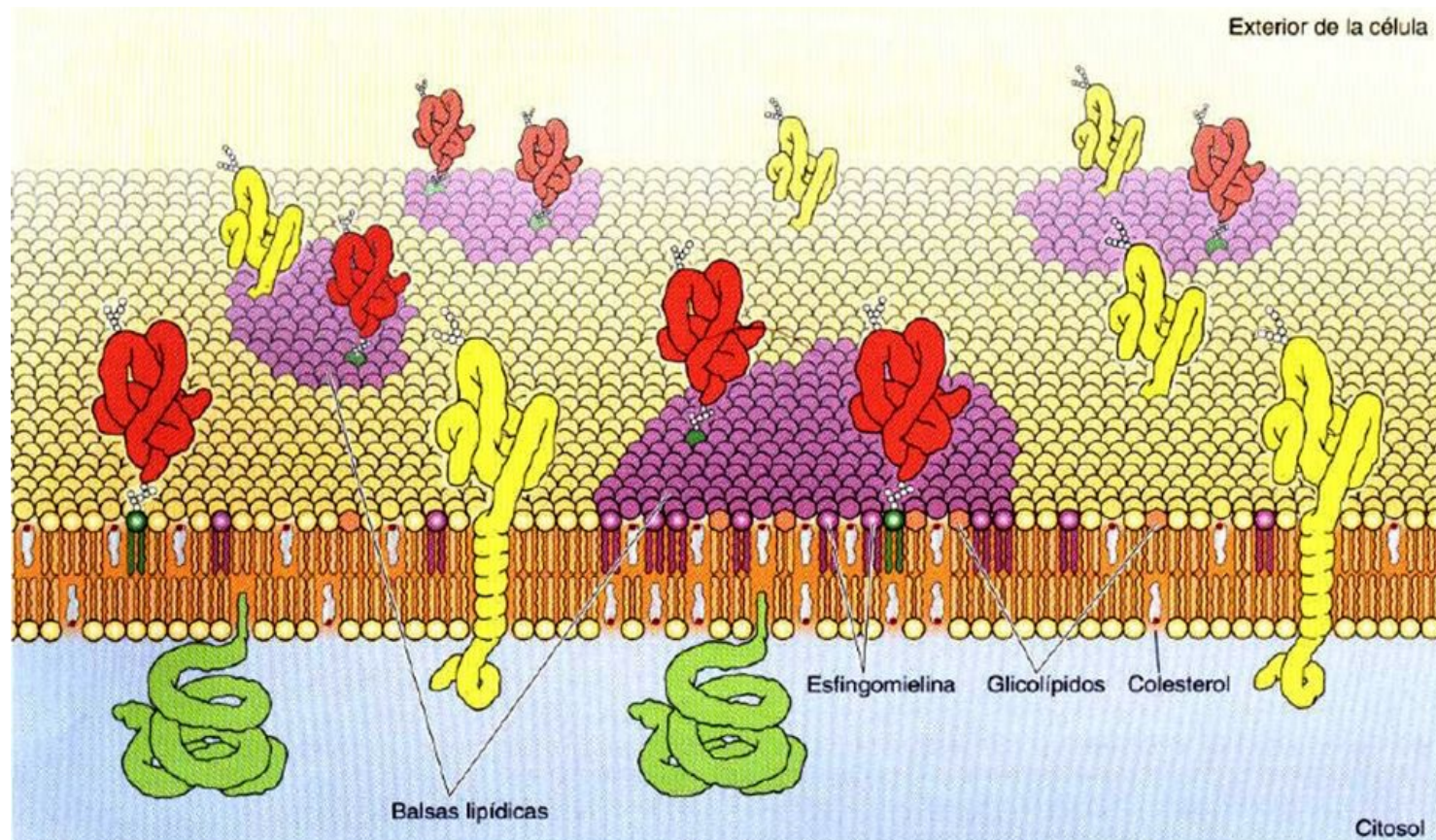
Membrana plasmática: composición y estructura

La membrana plasmática es asimétrica



Membrana plasmática: composición y estructura

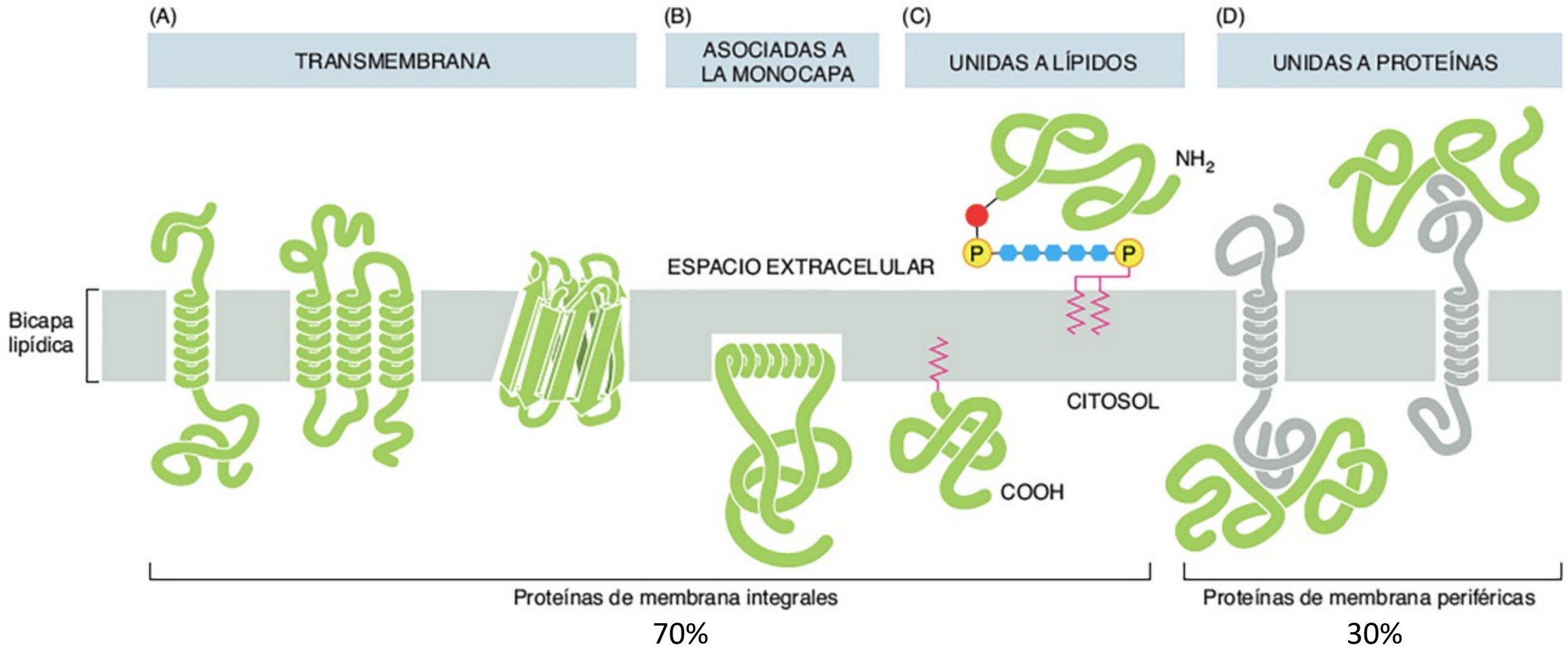
Los esfingolípidos y el colesterol no se distribuyen de forma uniforme



Balsas o *rafts* de esfingolípidos y colesterol

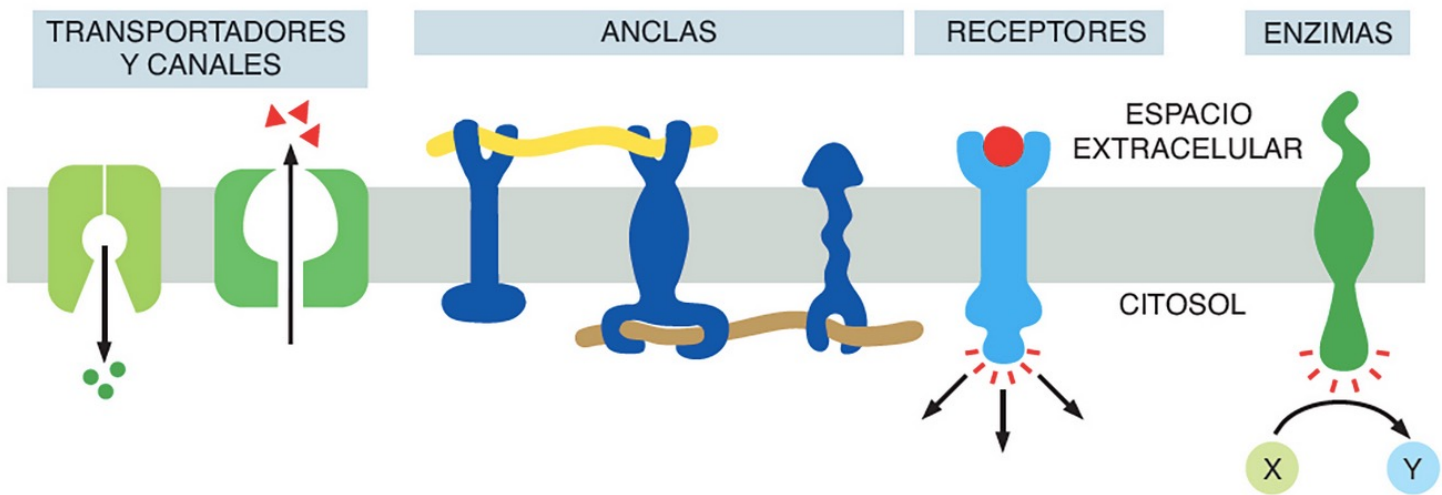
Membrana plasmática: composición y estructura

Las proteínas de membrana se asocian con la bicapa lipídica de diferentes maneras



Membrana plasmática: composición y estructura

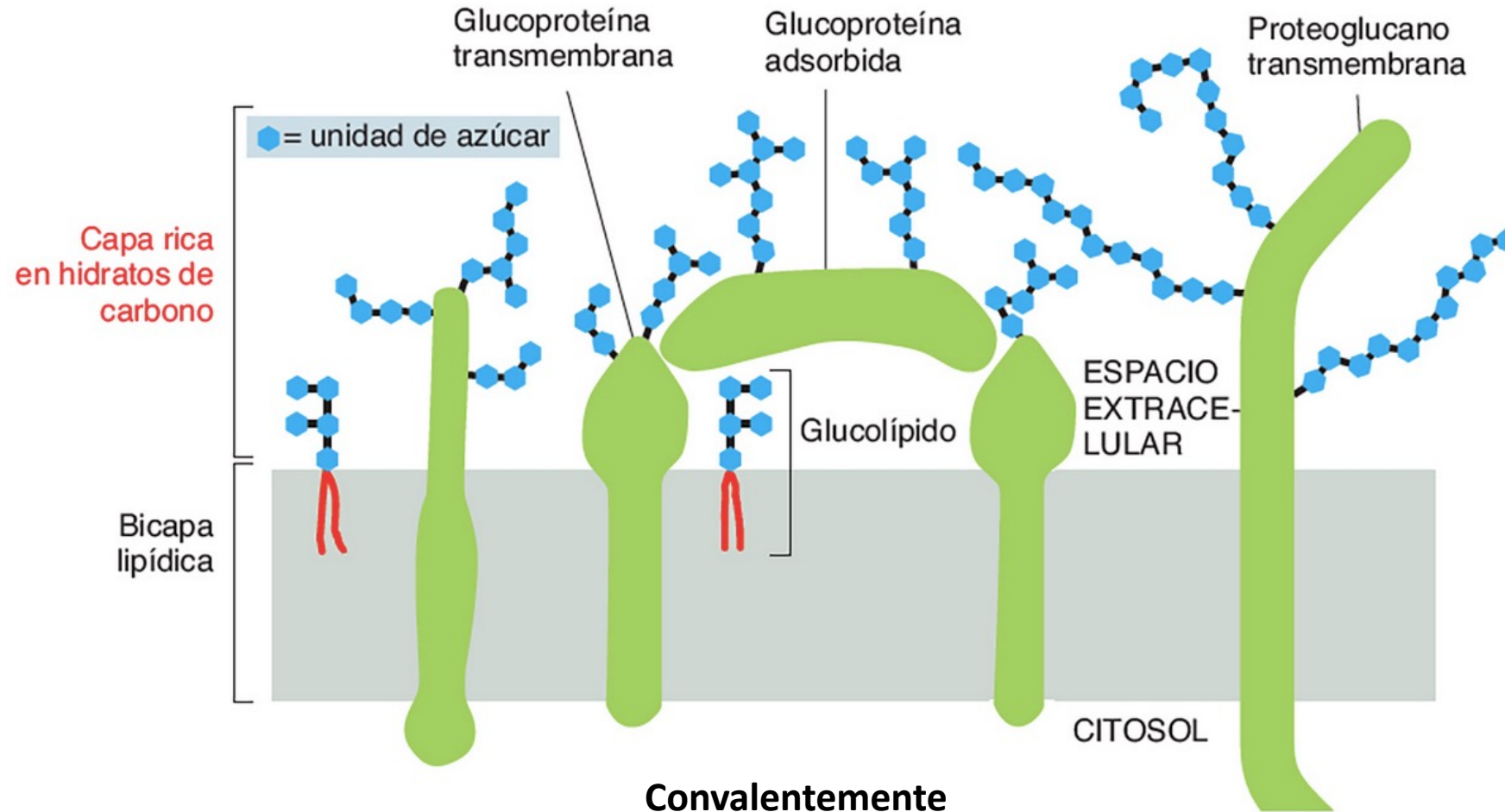
Las proteínas de la membrana plasmática cumplen diversas funciones



CUADRO 11-1 ALGUNOS EJEMPLOS DE PROTEÍNAS DE LA MEMBRANA PLASMÁTICA Y SUS FUNCIONES		
Clase funcional	Ejemplo de proteína	Función específica
Transportadores	Bomba de Na ⁺	Bombeea activamente Na ⁺ hacia el exterior de la célula y K ⁺ hacia el interior (se analiza en el cap. 12)
Canales iónicos	Canal de filtración de K ⁺	Permite que los iones K ⁺ abandonen las células, lo que influye en la excitabilidad celular (se analiza en el cap. 12)
Proteínas de anclaje	Integrinas	Conectan filamentos de actina intracelulares con proteínas de la matriz extracelular (se analiza en el cap. 20)
Receptores	Receptor del factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF)	Se une al PDGF extracelular y, en consecuencia, genera señales intracelulares que llevan a la célula a crecer y dividirse (se analiza en los caps. 16 y 18)
Enzimas	Adenililciclase	Cataliza la producción de la pequeña molécula de señalización intracelular AMP cíclico en respuesta a señales extracelulares (se analiza en el cap. 16)

Membrana plasmática: composición y estructura

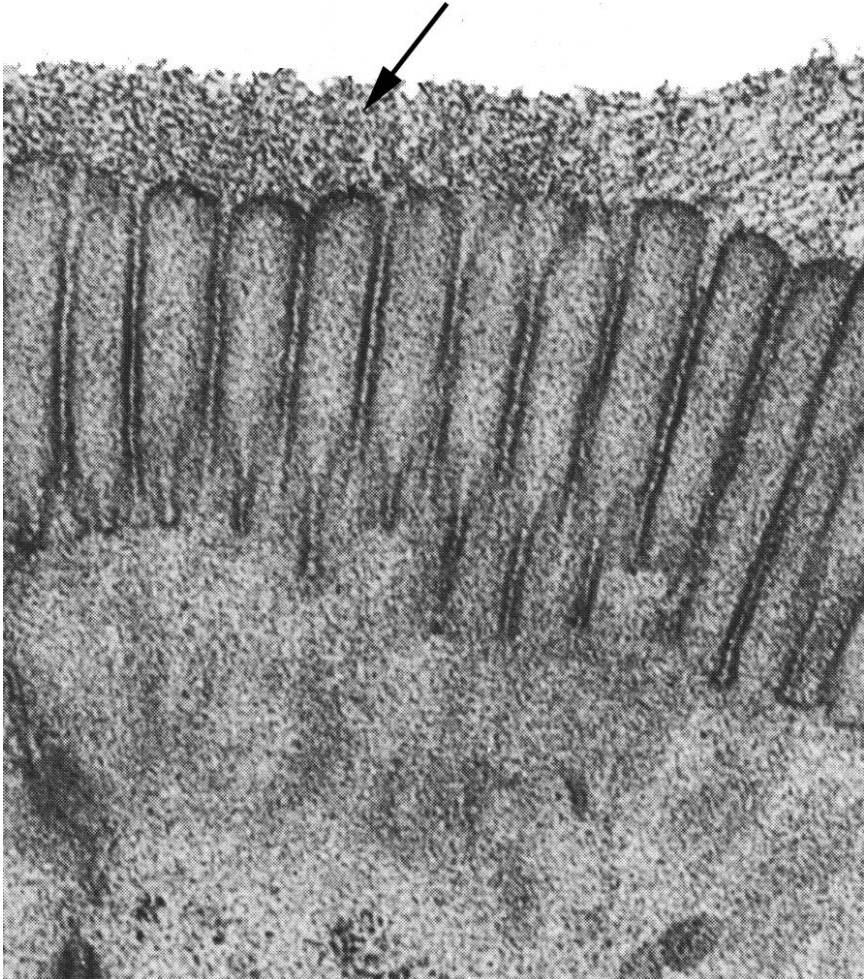
Los hidratos de carbono se encuentran en el lado externo de la membrana formando el **Glucocalix**



Membrana plasmática: composición y estructura

Los hidratos de carbono se encuentran en el lado externo de la membrana formando el **Glucocalix**

Glycocalyx

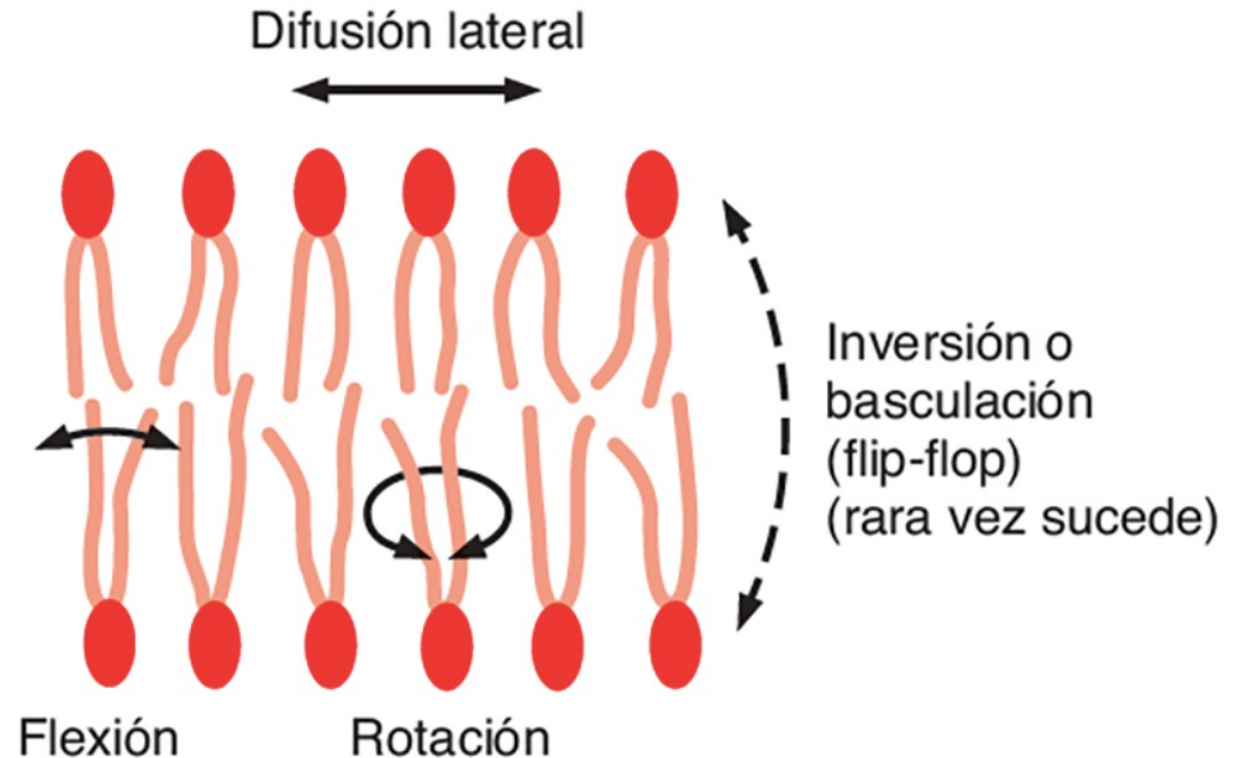
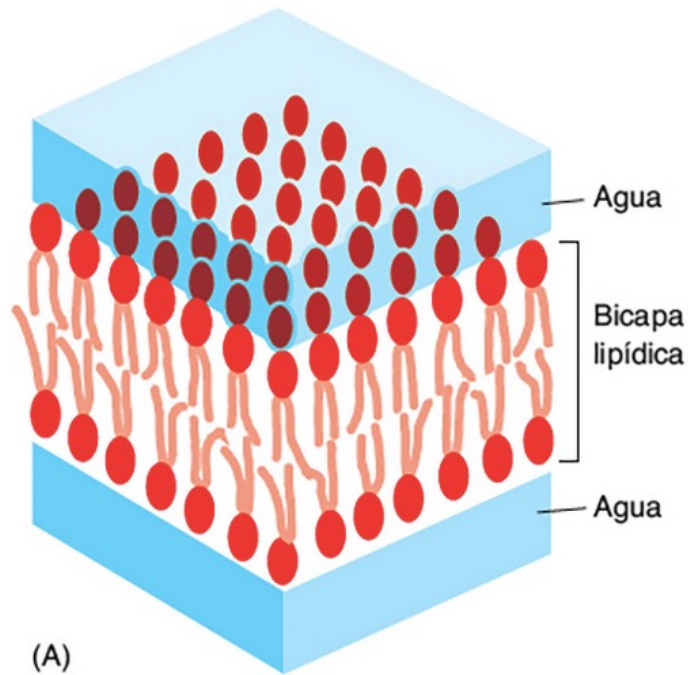


- Protección mecánica de la célula
- Atracción de agua a la superficie celular
- Confieren superficie limosa: movimiento
- Especificidad celular
 - Reconocimiento intercelular: **lectinas**
 - Adhesión celular: **cadherinas e integrinas**

Membrana plasmática: composición y estructura

MODELO DE MOSAICO FLUIDO

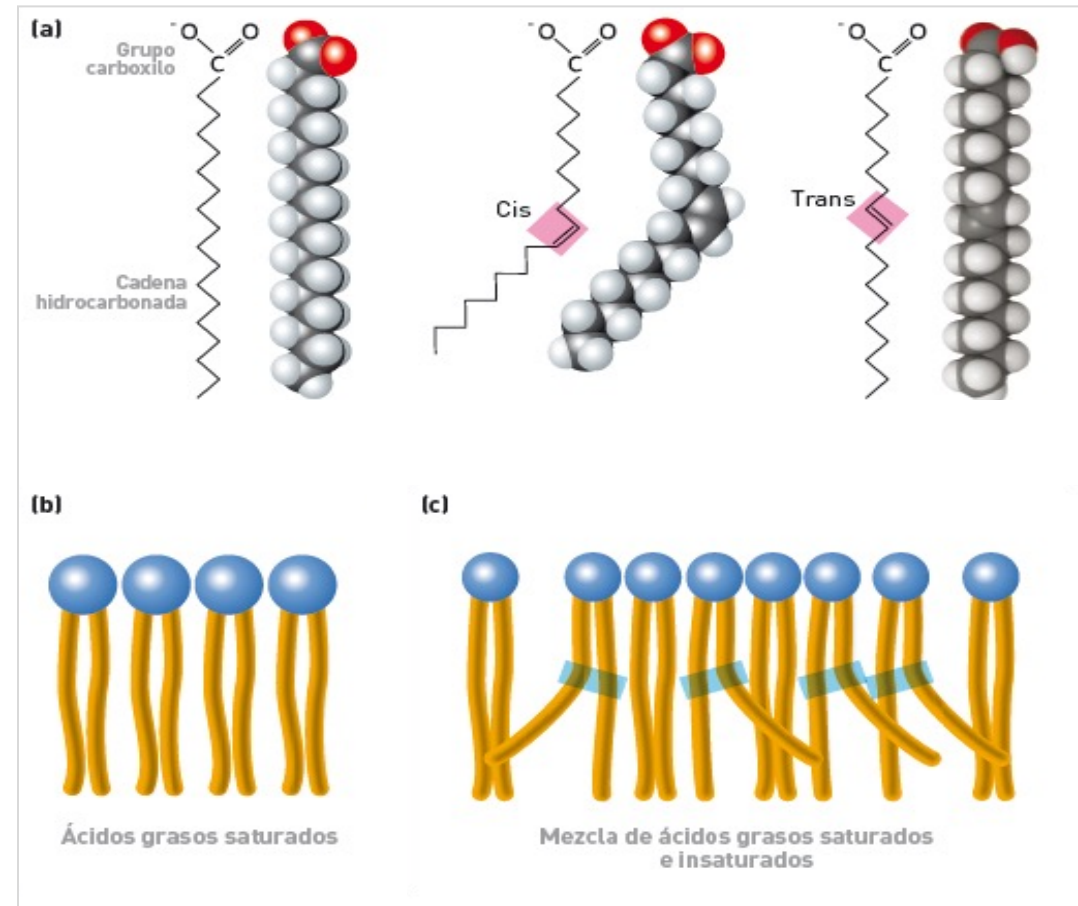
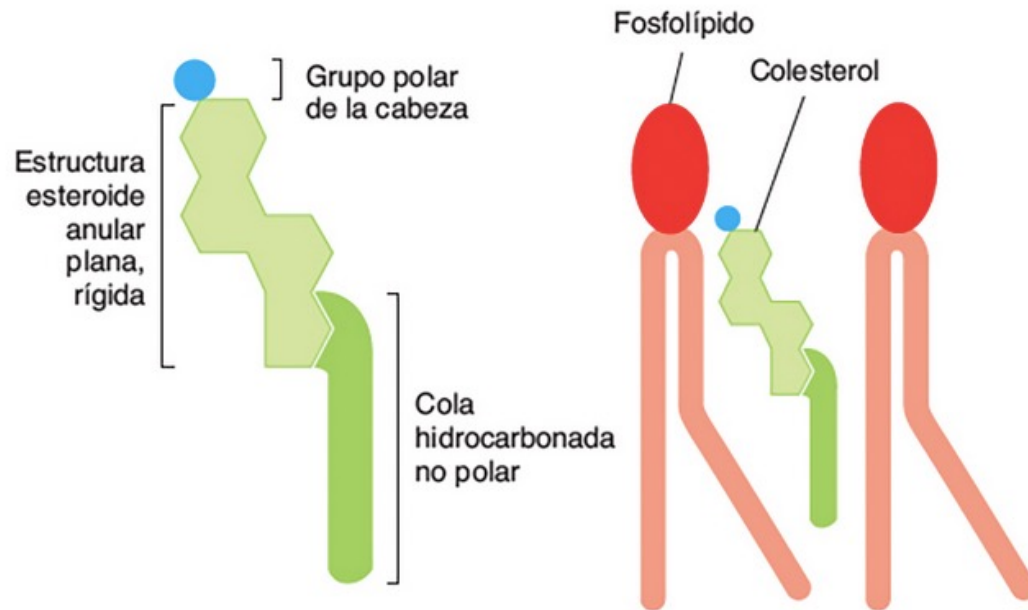
La bicapa lipídica es un líquido flexible bidimensional y la fluidez de la capa lipídica depende de su composición



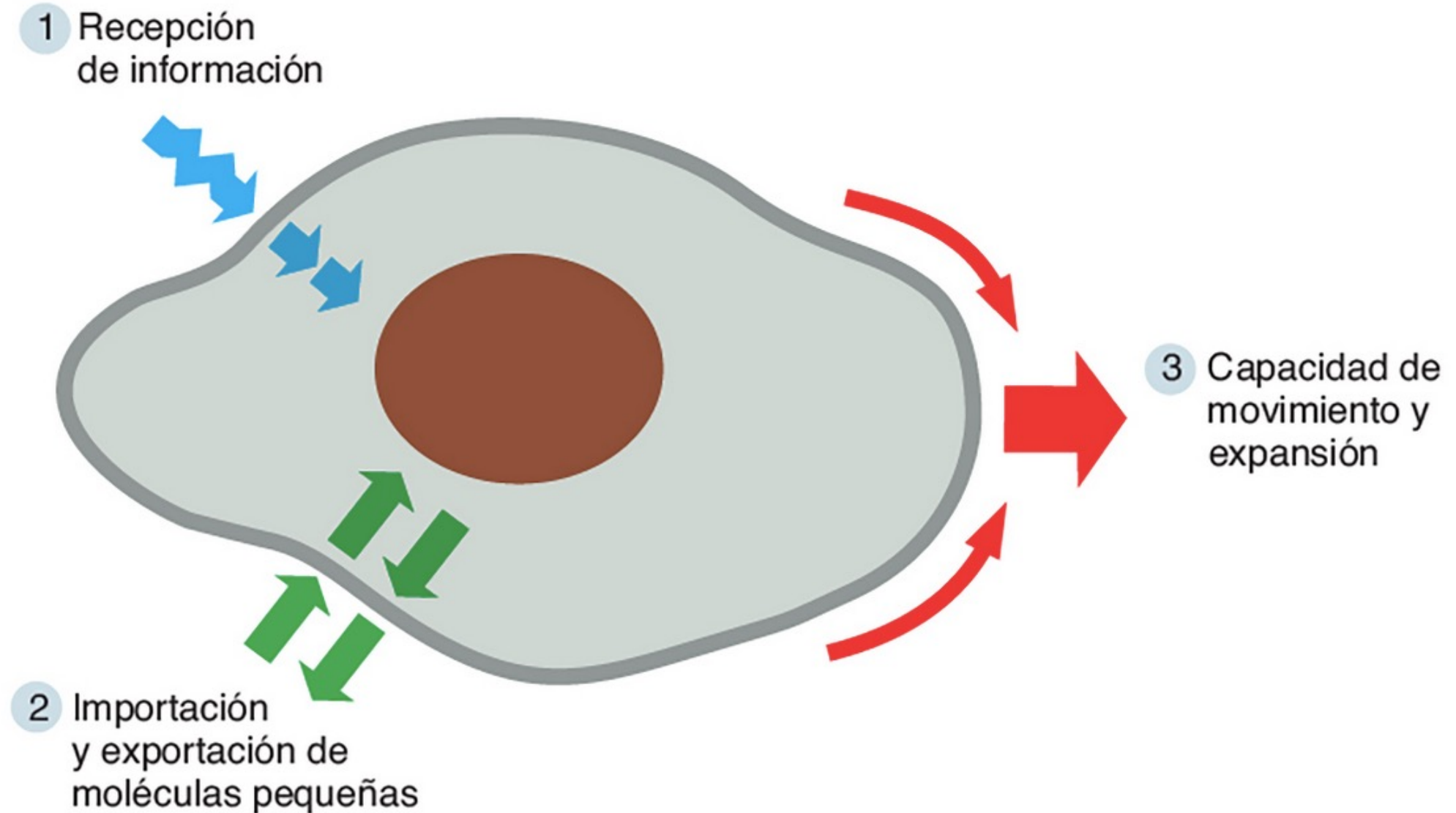
Membrana plasmática: composición y estructura

MODELO DE MOSAICO FLUIDO

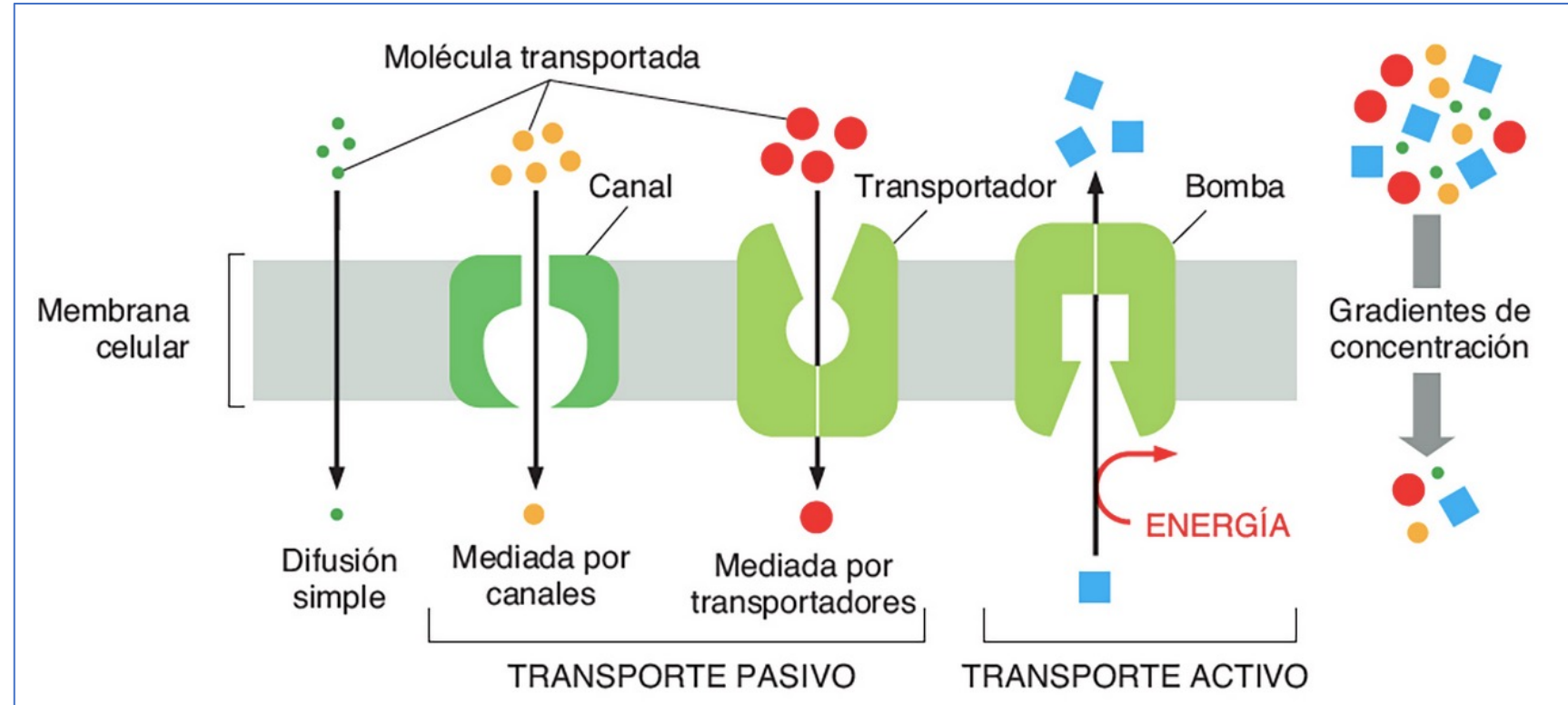
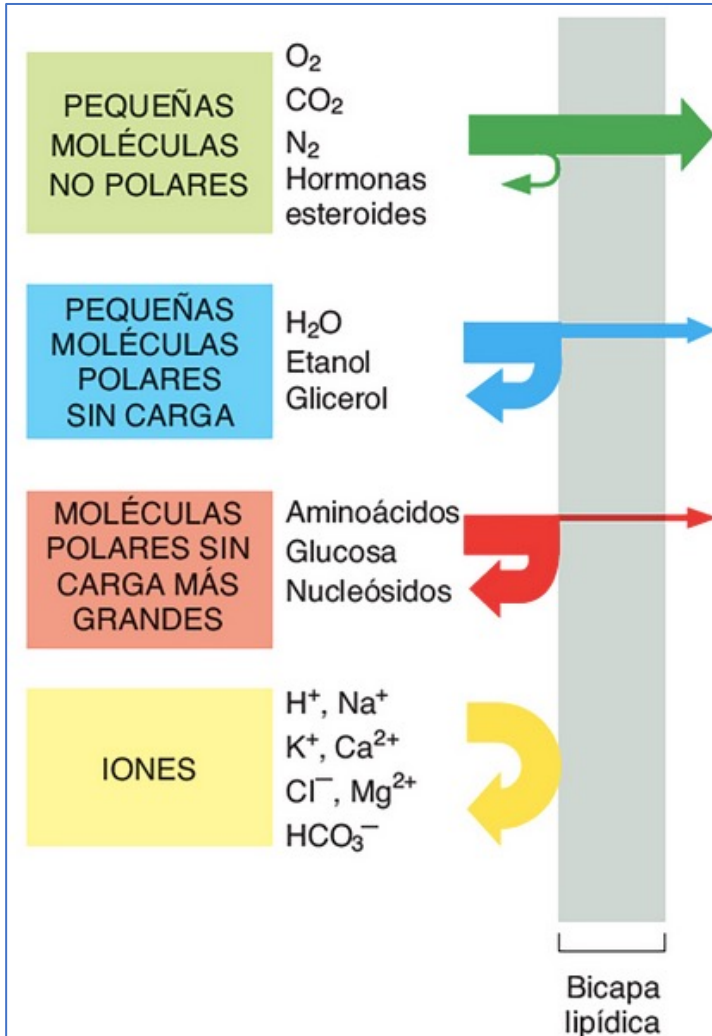
La bicapa lipídica es un líquido flexible bidimensional y la fluidez de la capa lipídica depende de su composición



Membrana plasmática: funciones

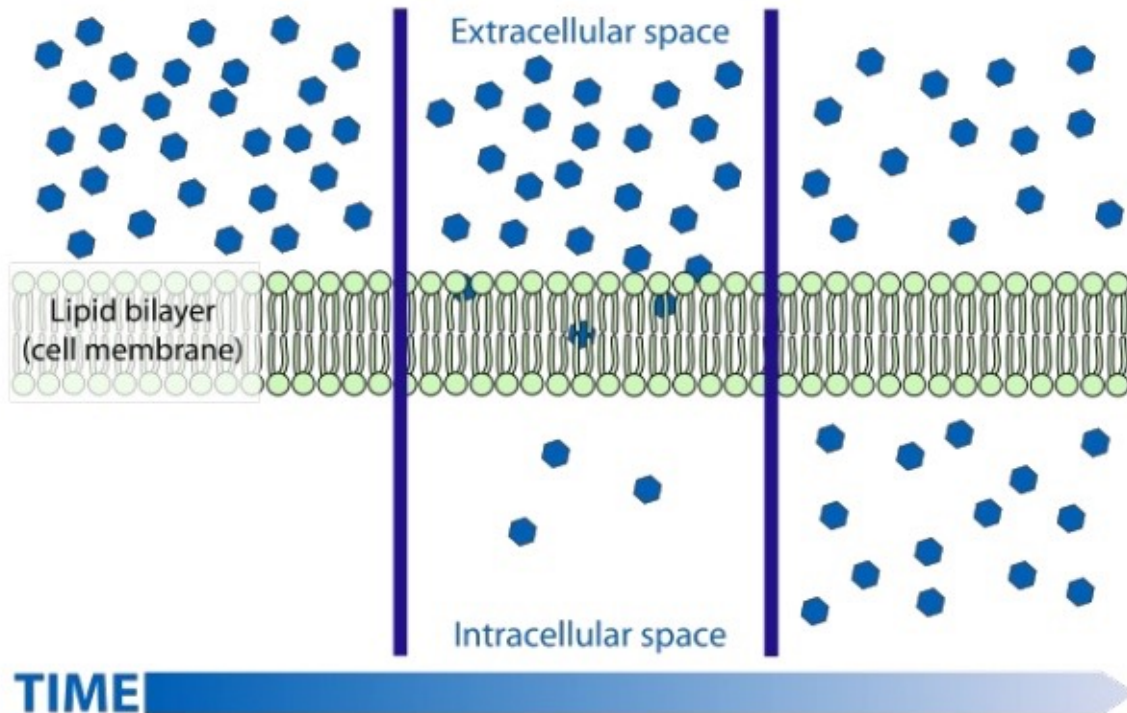


Transporte a través de las membranas celulares



Transporte a través de las membranas celulares: difusión simple

- A favor de gradiente
- No consume energía
- Moléculas hidrofóbicas y polares pequeñas sin carga
- Transporte bidireccional
- Método equilibrado



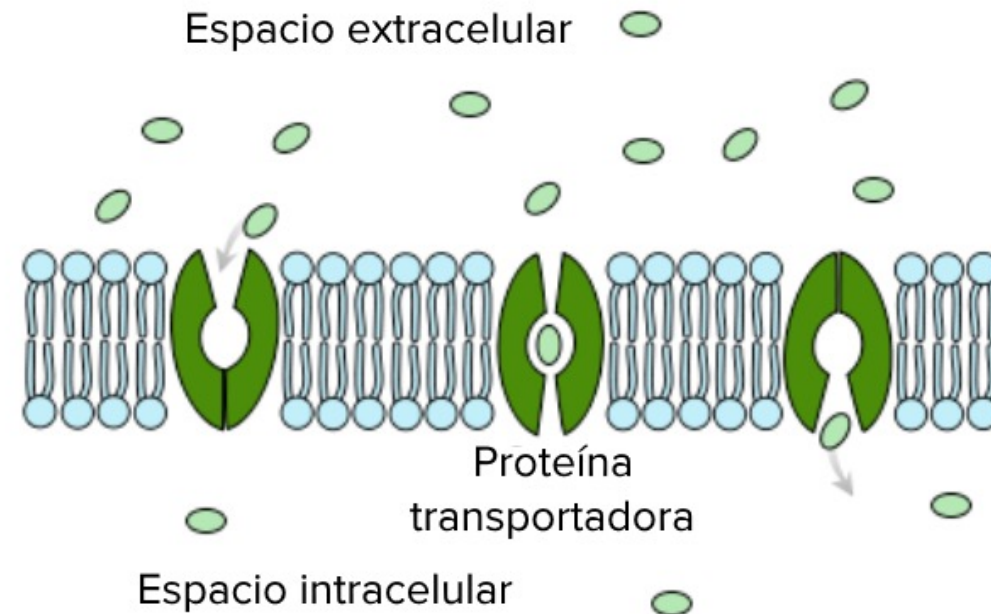
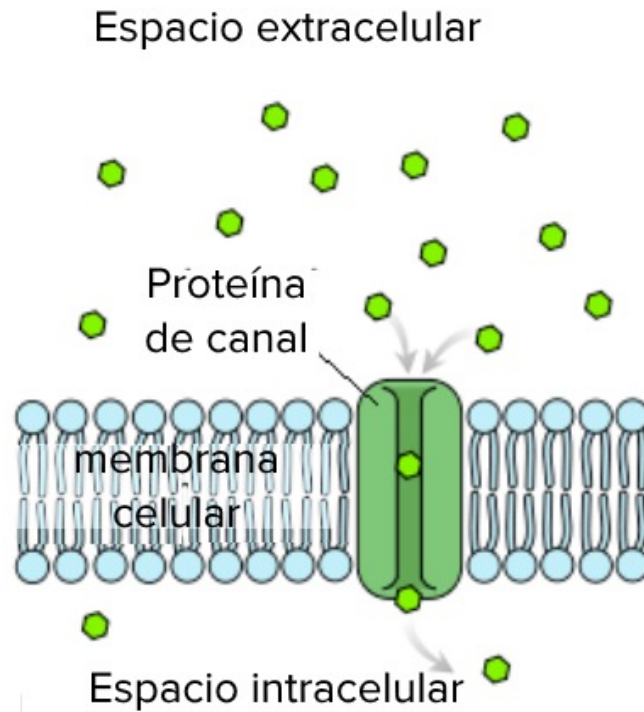
VELOCIDAD DEL TRANSPORTE: Ley de Fick

- Forma de la molécula: coeficiente de difusión (**D**)
- Hidrofobicidad de la molécula: coeficiente de partición (**K**)
- Grosor de la membrana (**ΔX**)
- Gradiente de concentración (**$C_2 - C_1$**)

Transporte a través de las membranas celulares: transporte pasivo

Carga, tamaño, estructura, concentración...

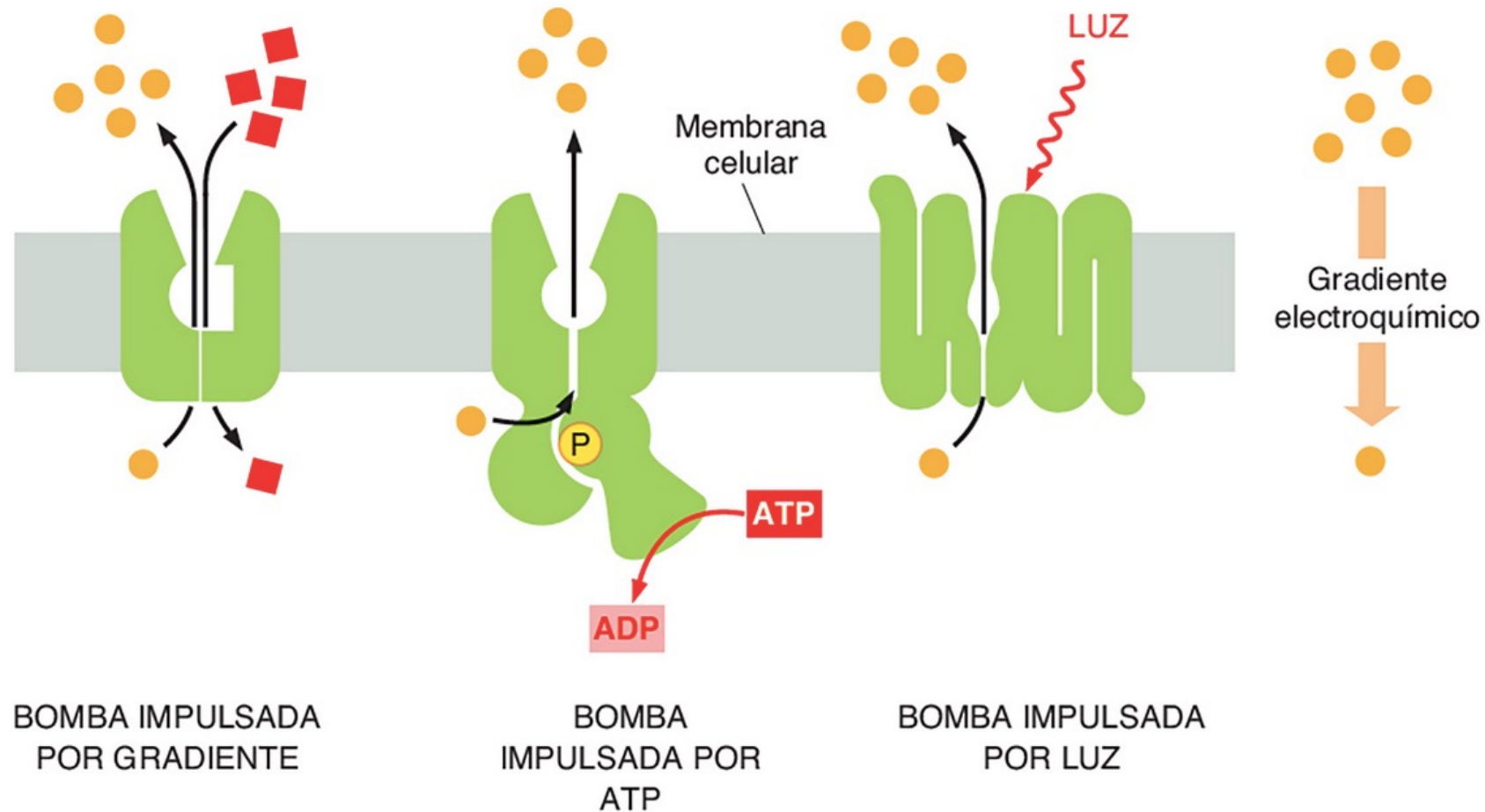
Proteínas específicas: proteínas transportadoras o canales



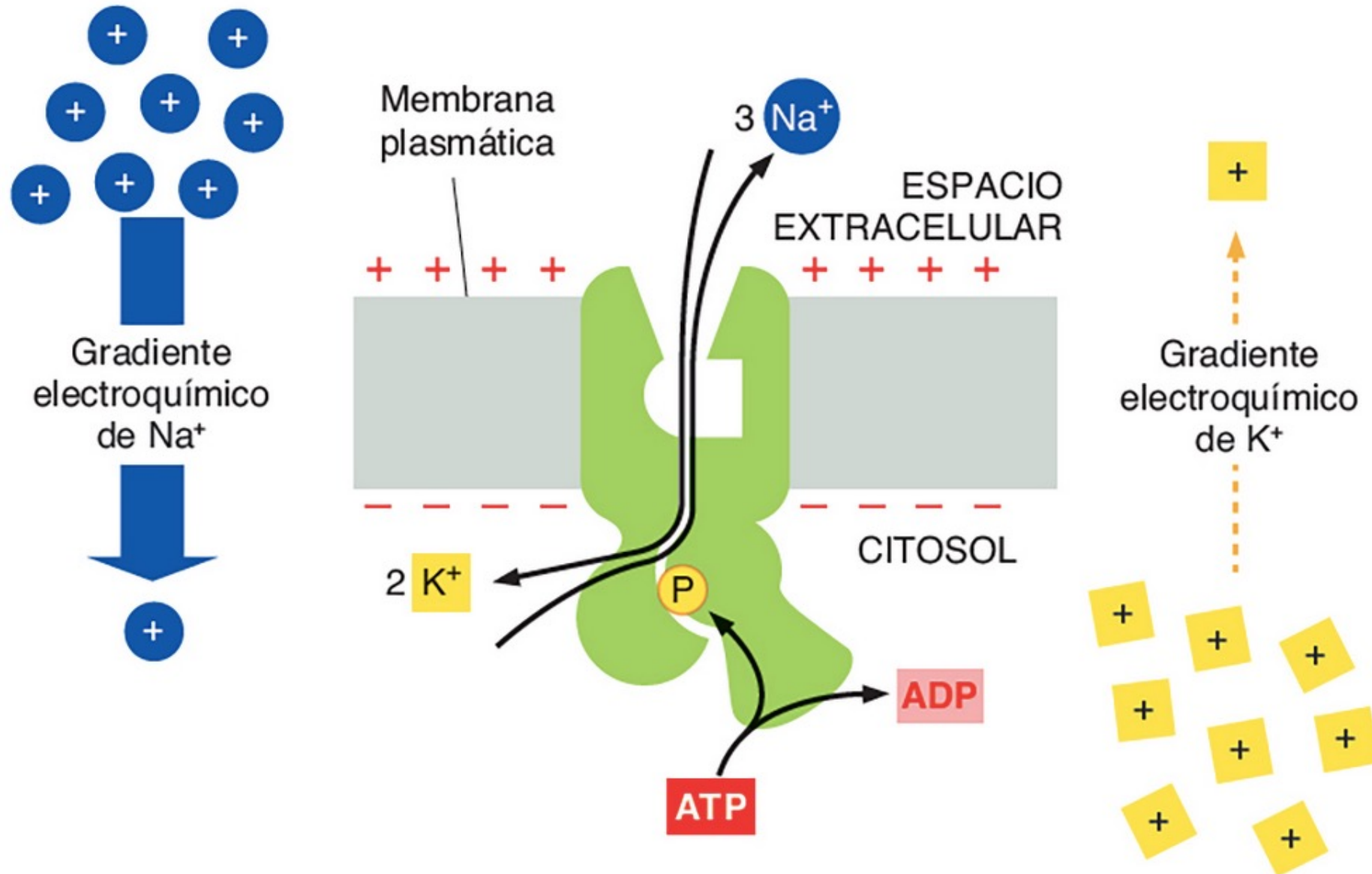
Cambio conformacional

Transporte a través de las membranas celulares: transporte activo

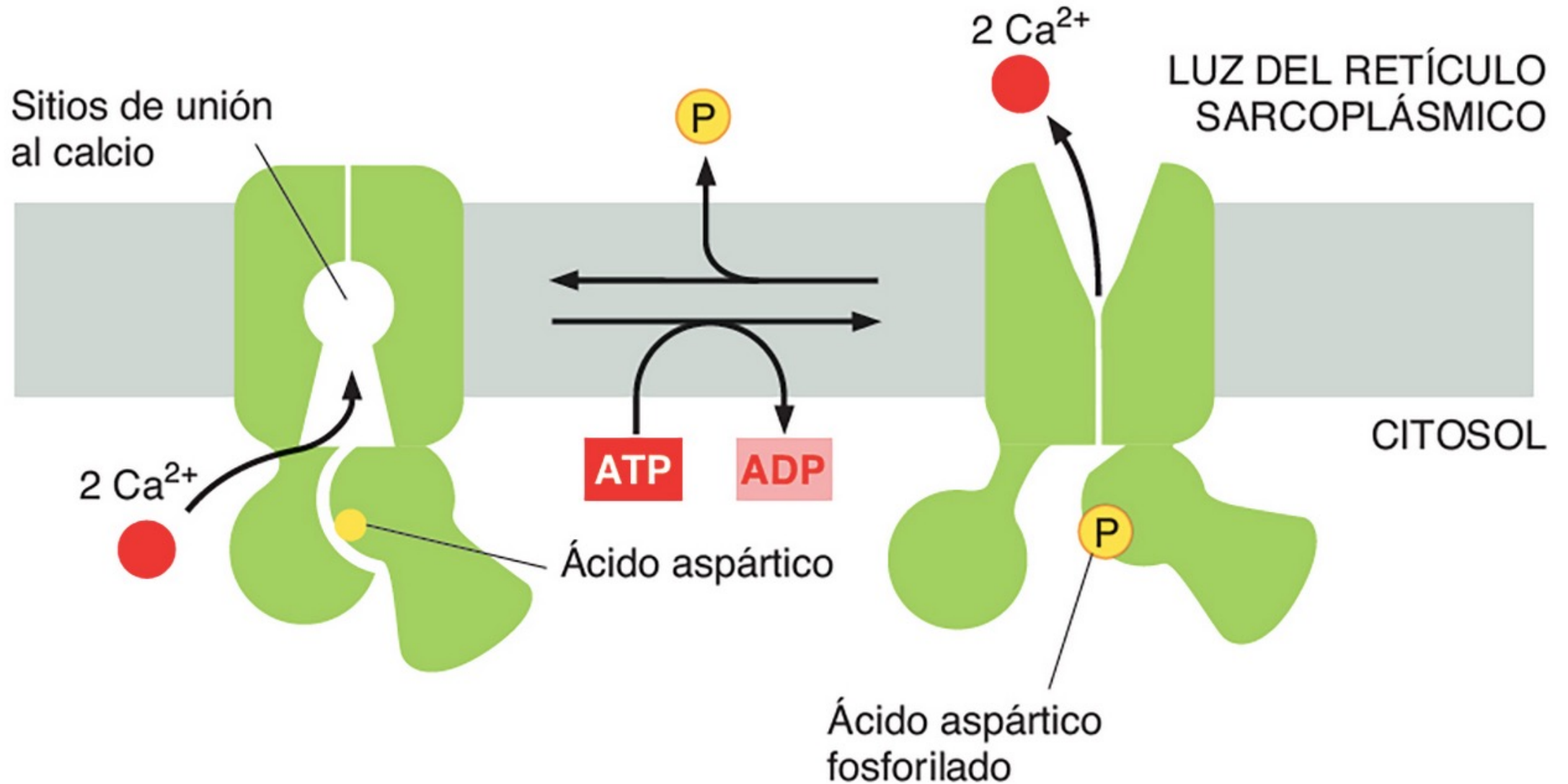
Transporte activo de un soluto contra de su gradiente electroquímico



Transporte a través de las membranas celulares: transporte activo



Transporte a través de las membranas celulares: transporte activo



Transporte a través de las membranas celulares: transporte activo

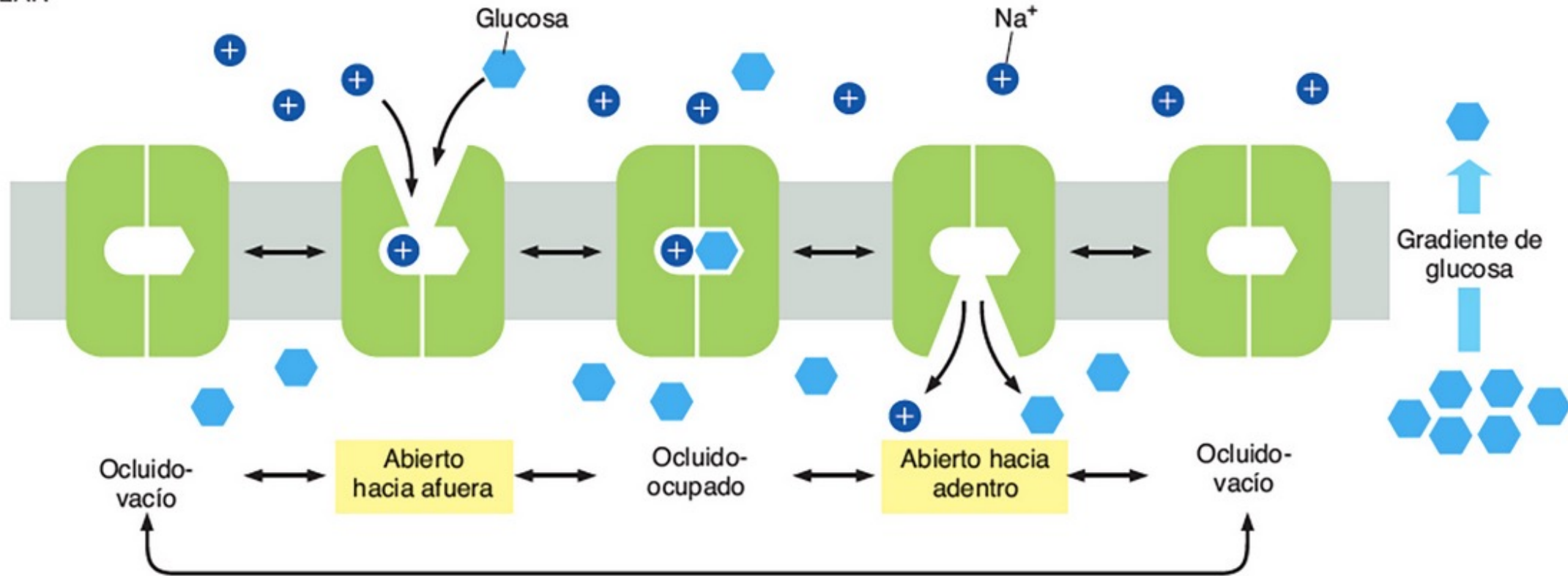
ESPACIO EXTRACELULAR



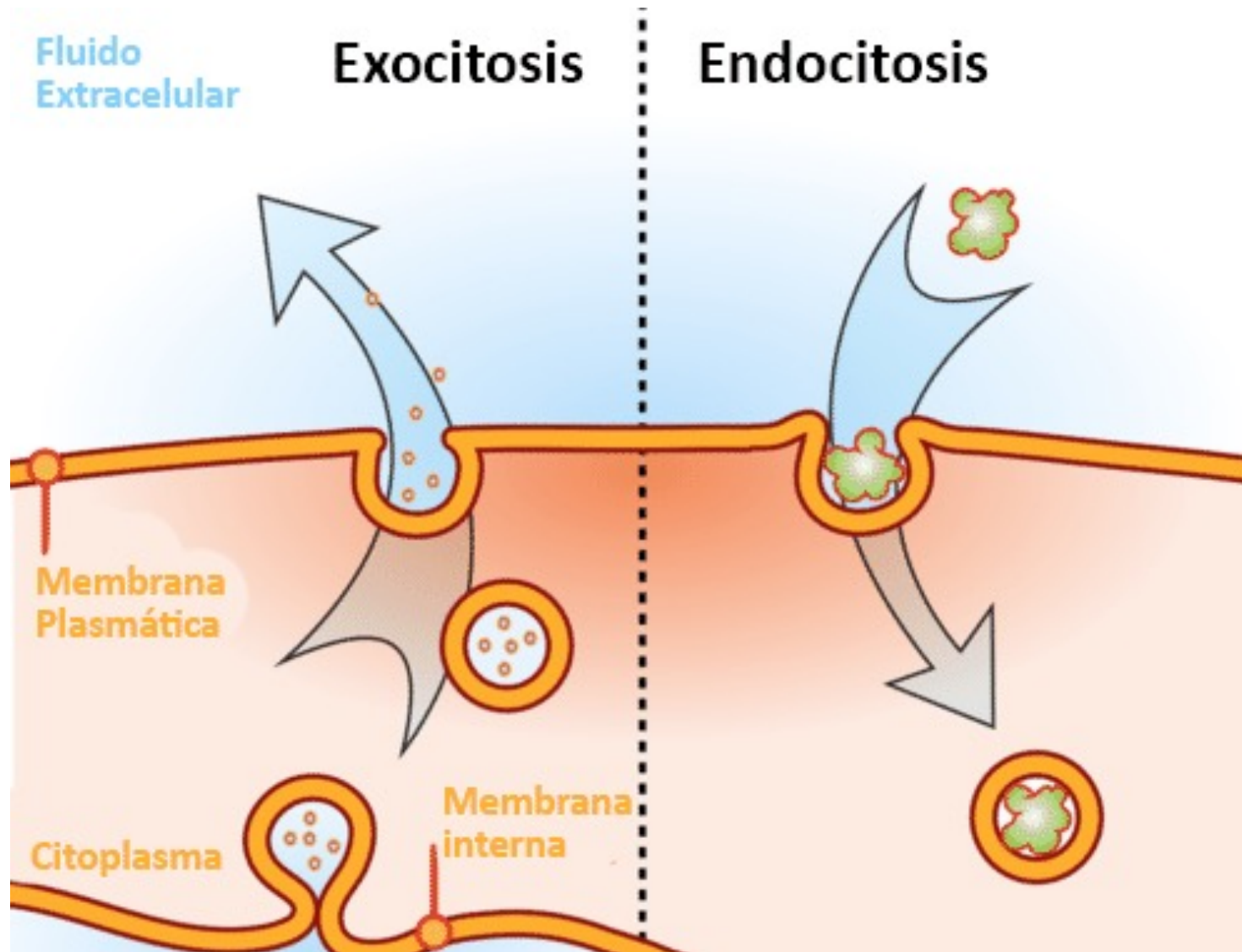
Gradiente electroquímico de Na^+



CITOSOL



Transporte a través de las membranas celulares: MACROTRANSPORTE

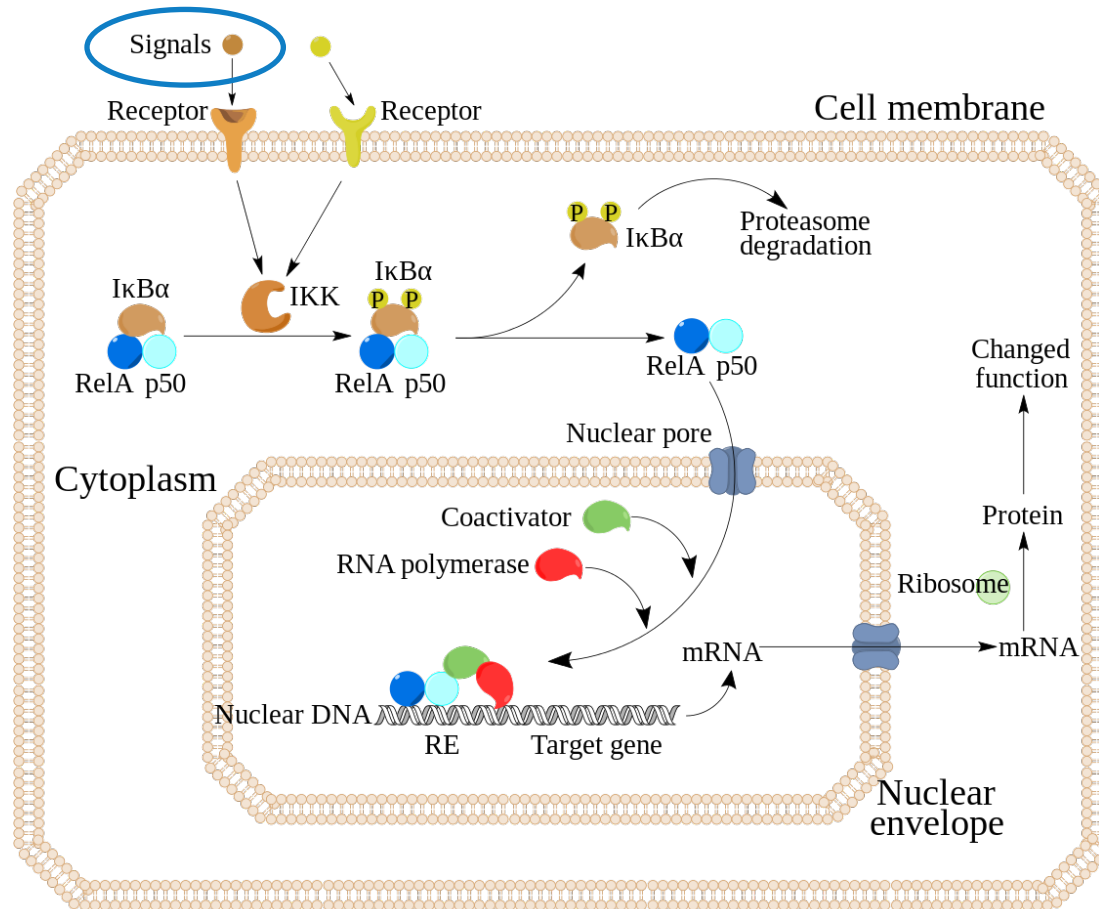


Señalización celular

- Célula-célula
- Célula-ambiente

TRANSDUCCIÓN DE LA SEÑAL

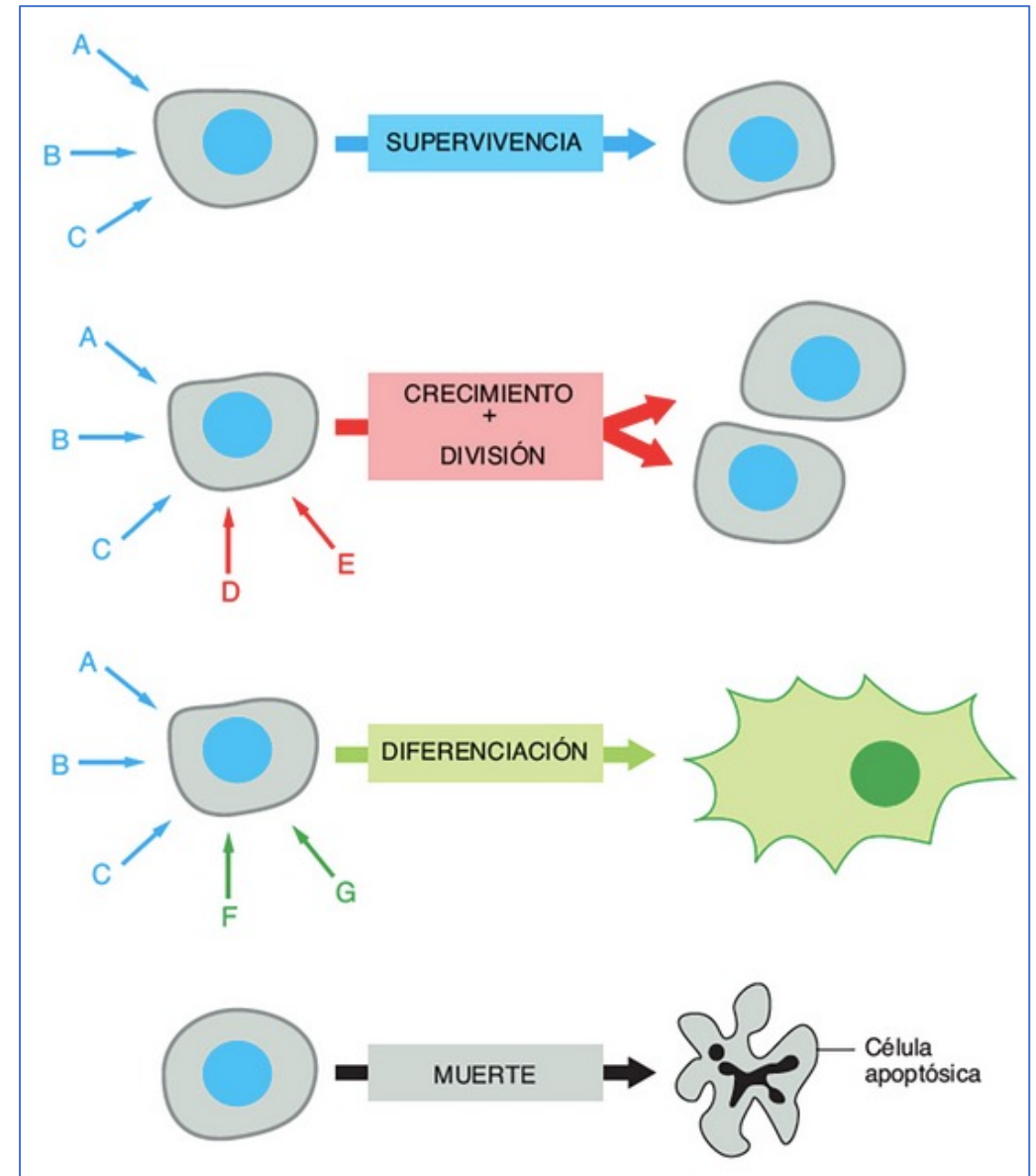
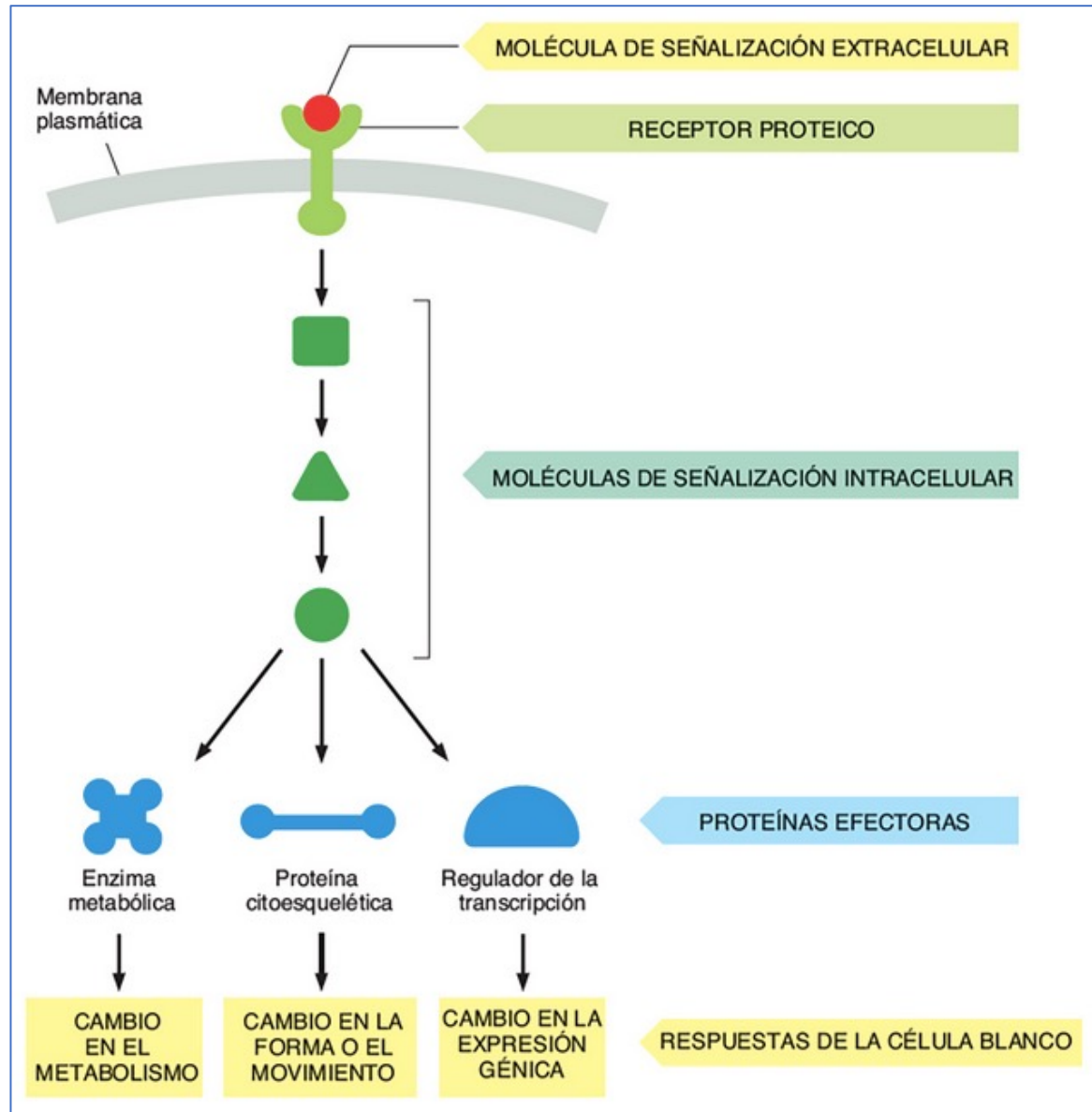
- Iones
- Nt
- AA
- HdC
- Hormonas
- PP



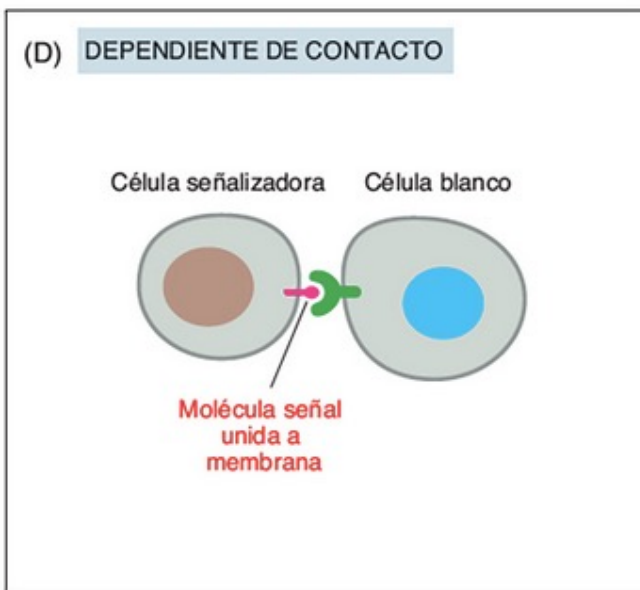
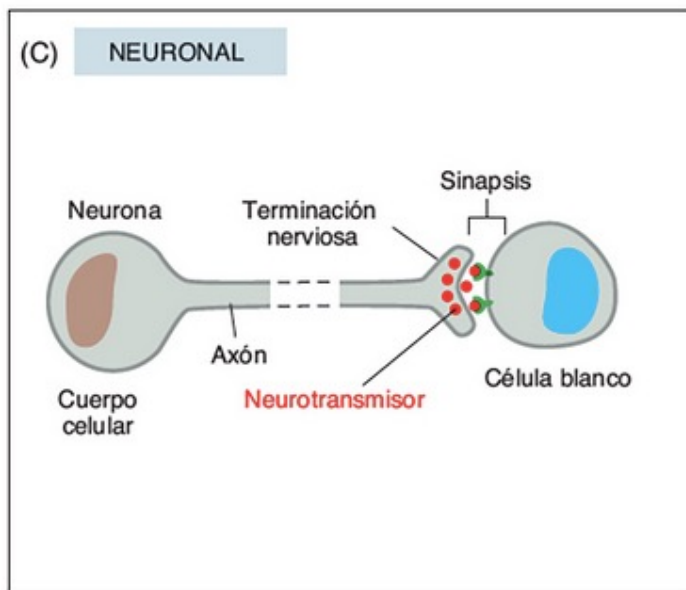
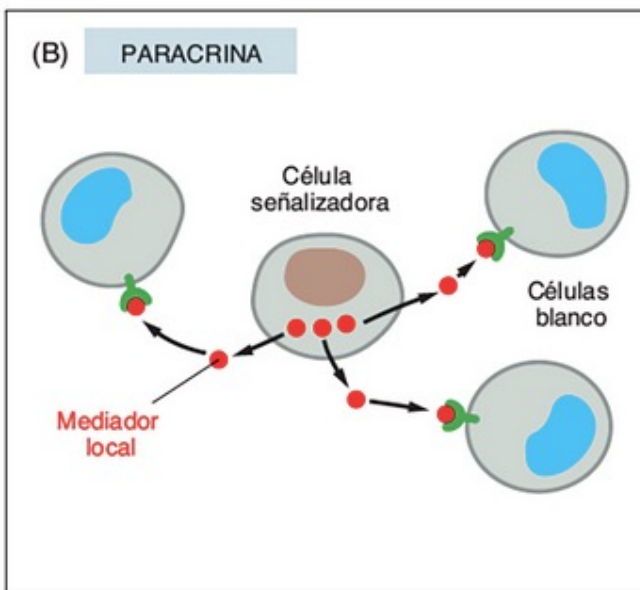
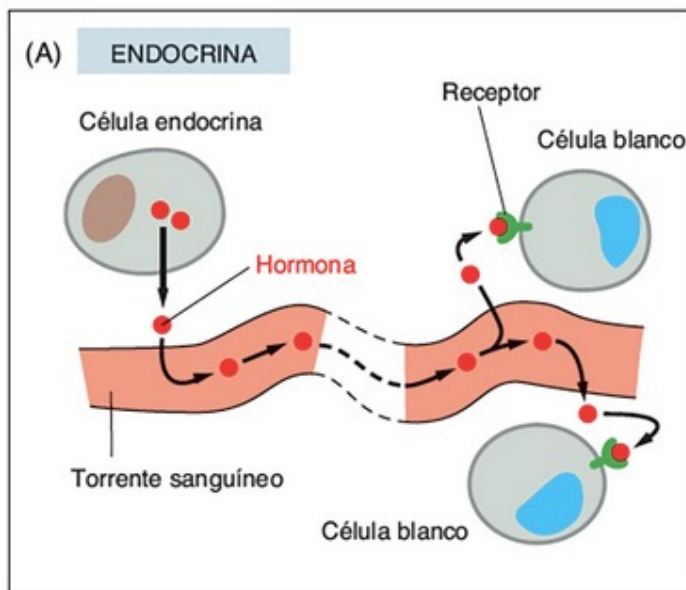
RESPUESTA
CELULAR

- Proliferación
- Diferenciación
- Supervivencia
- Migración

Señalización celular

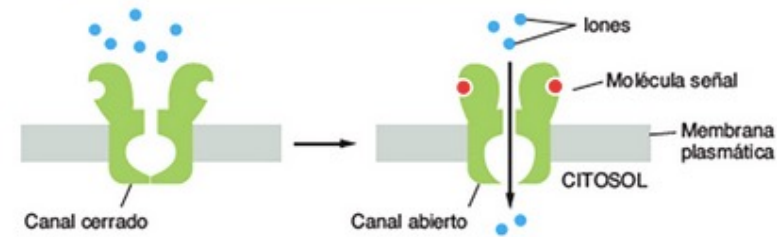


Señalización celular

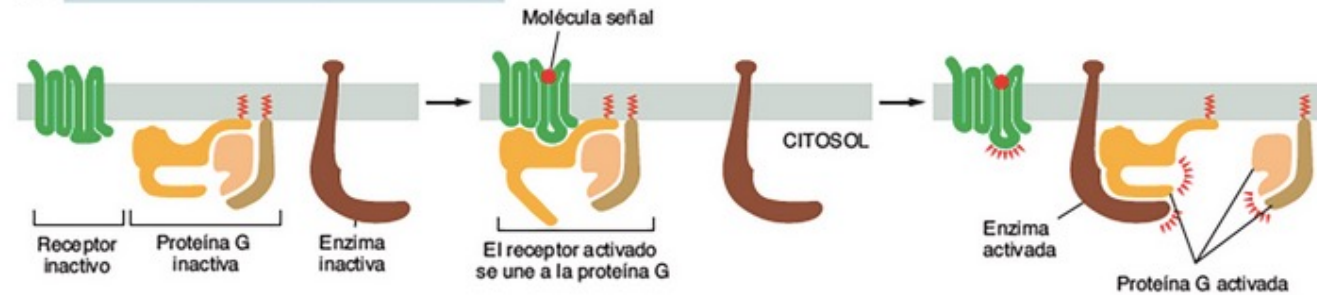


Señalización celular: receptores de membrana

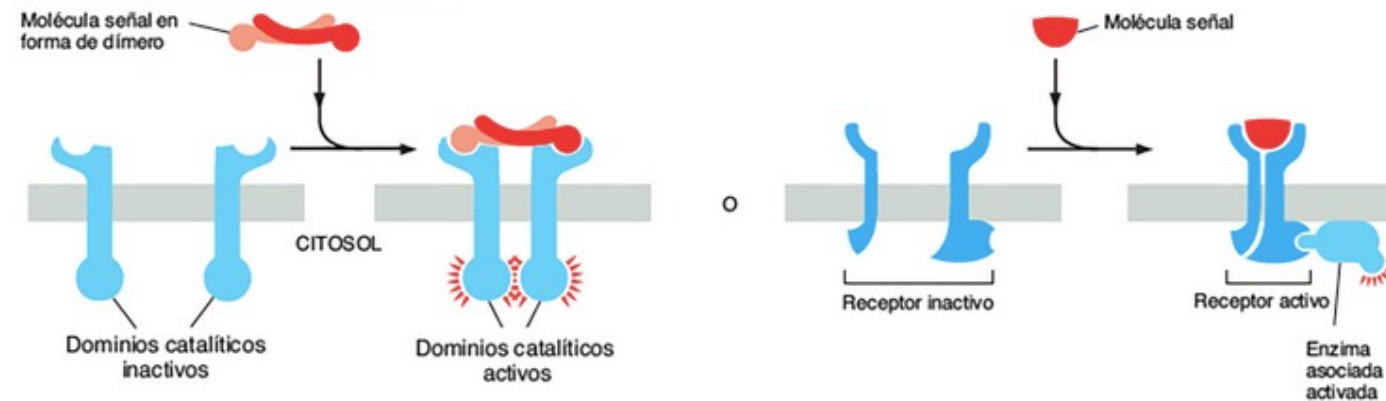
(A) RECEPTORES ACOPLADOS A CANALES IÓNICOS



(B) RECEPTORES ACOPLADOS A PROTEÍNAS G

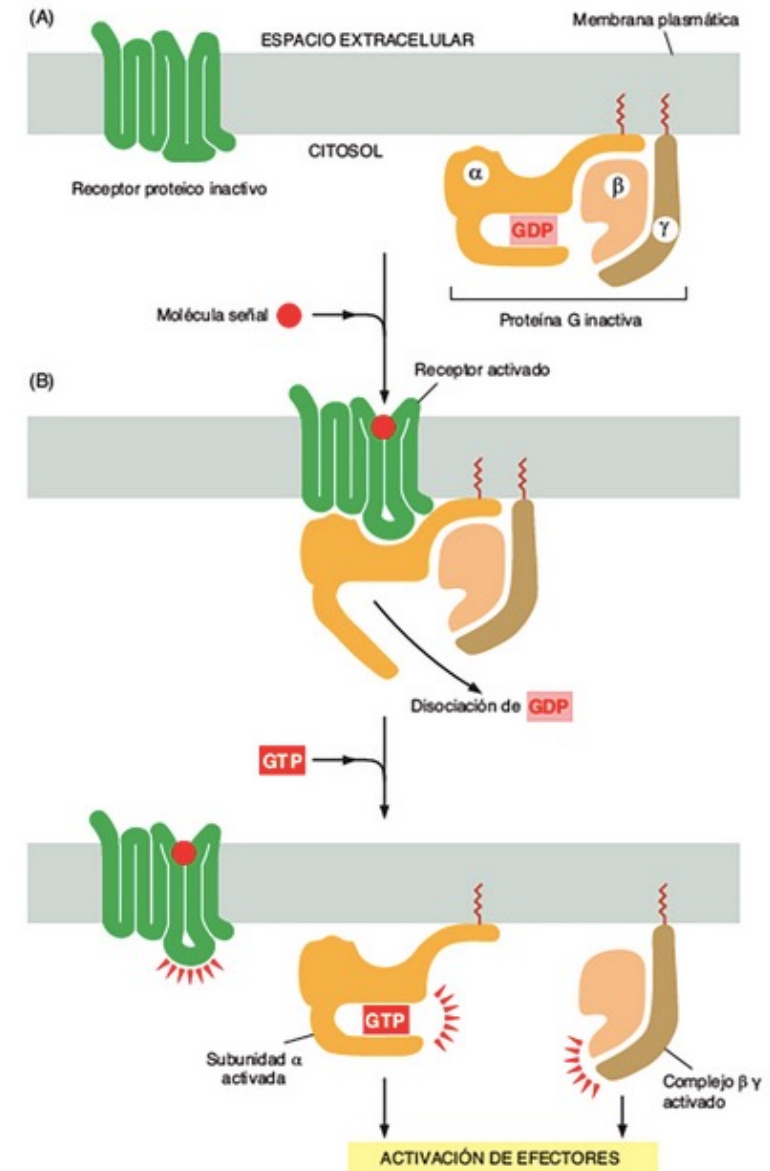
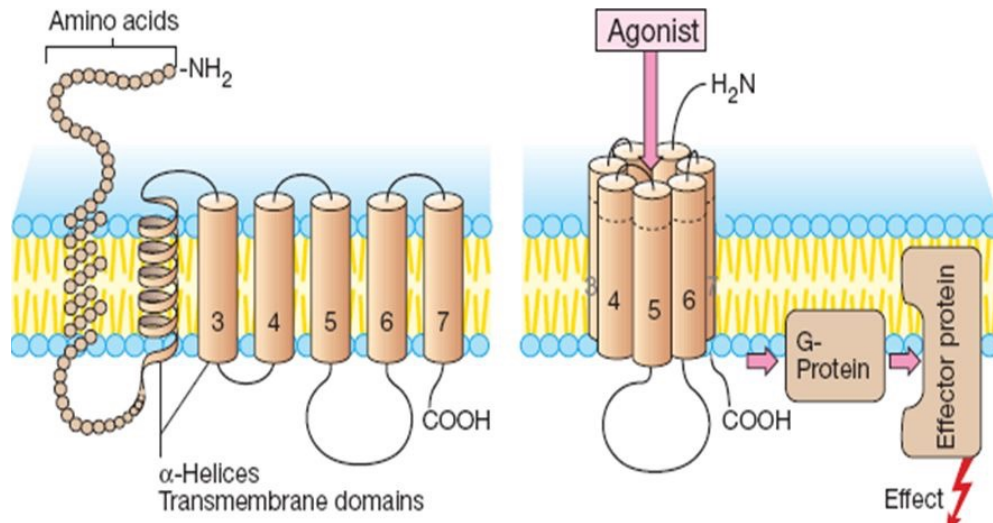


(C) RECEPTORES ACOPLADOS A ENZIMAS



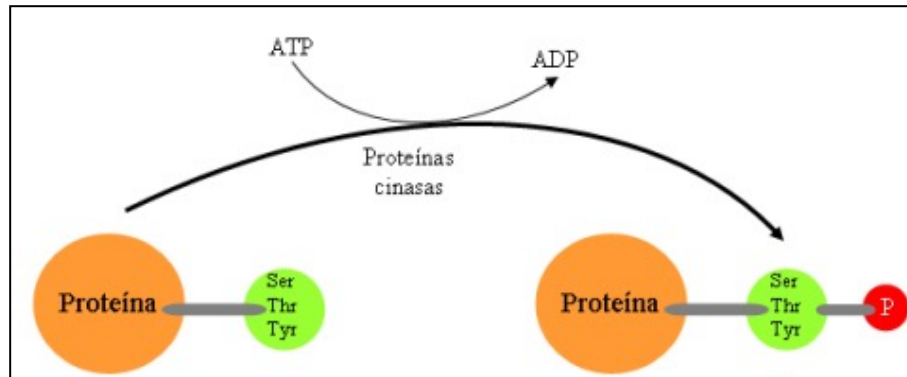
Señalización celular: receptores de membrana

Receptores acoplados a proteínas G (GPCRs)

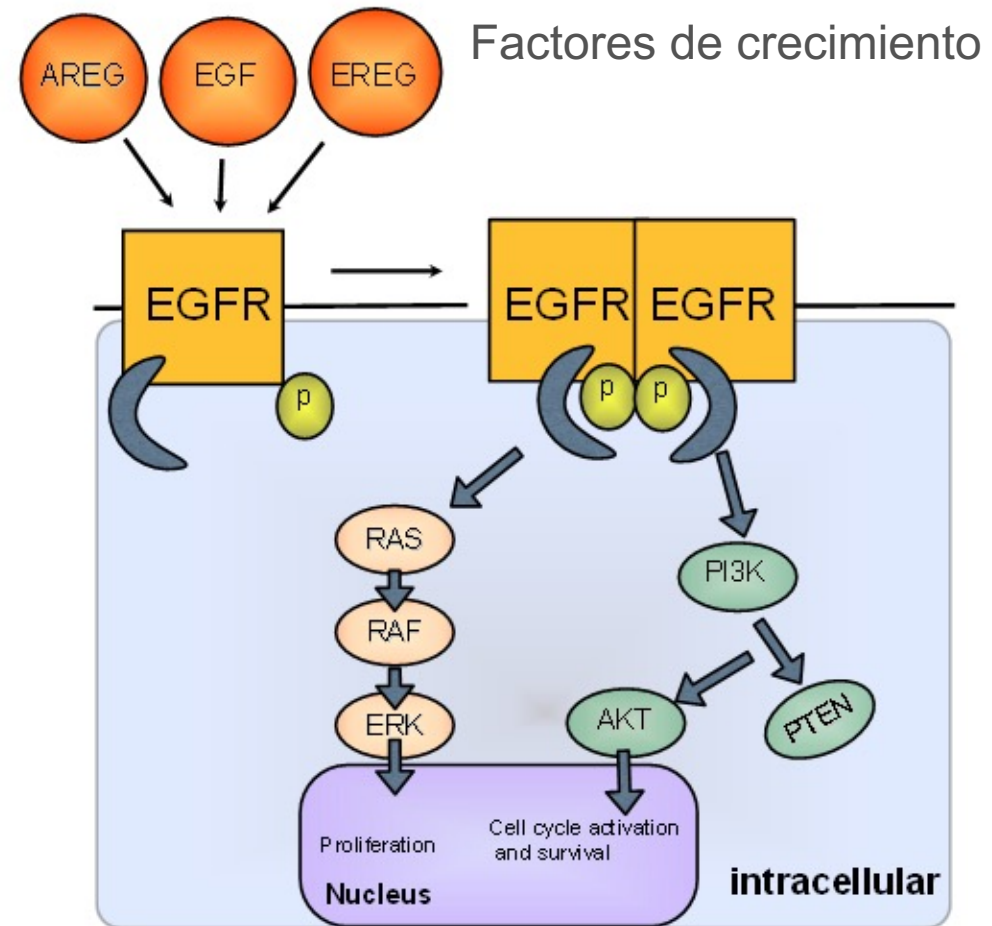


Señalización celular: receptores de membrana

Receptores con actividad quinasa



Quinasas y fosfatasas





Universidad de Valladolid

Superficie celular

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Especializaciones de la membrana y uniones intercelulares

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

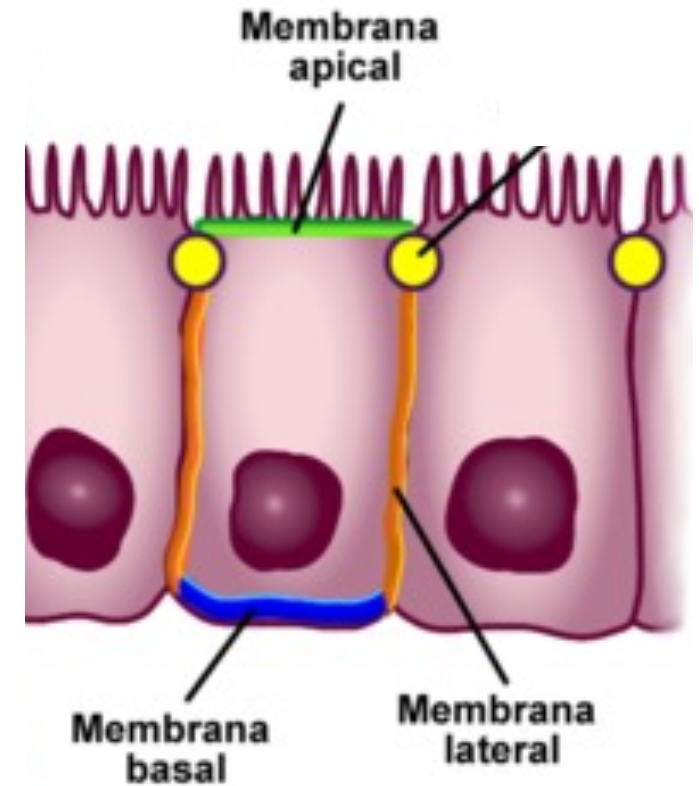
Diferenciaciones de la membrana

1- En la superficie: Microvellosidades, cilios y flagelos

2- En la zona de contacto:

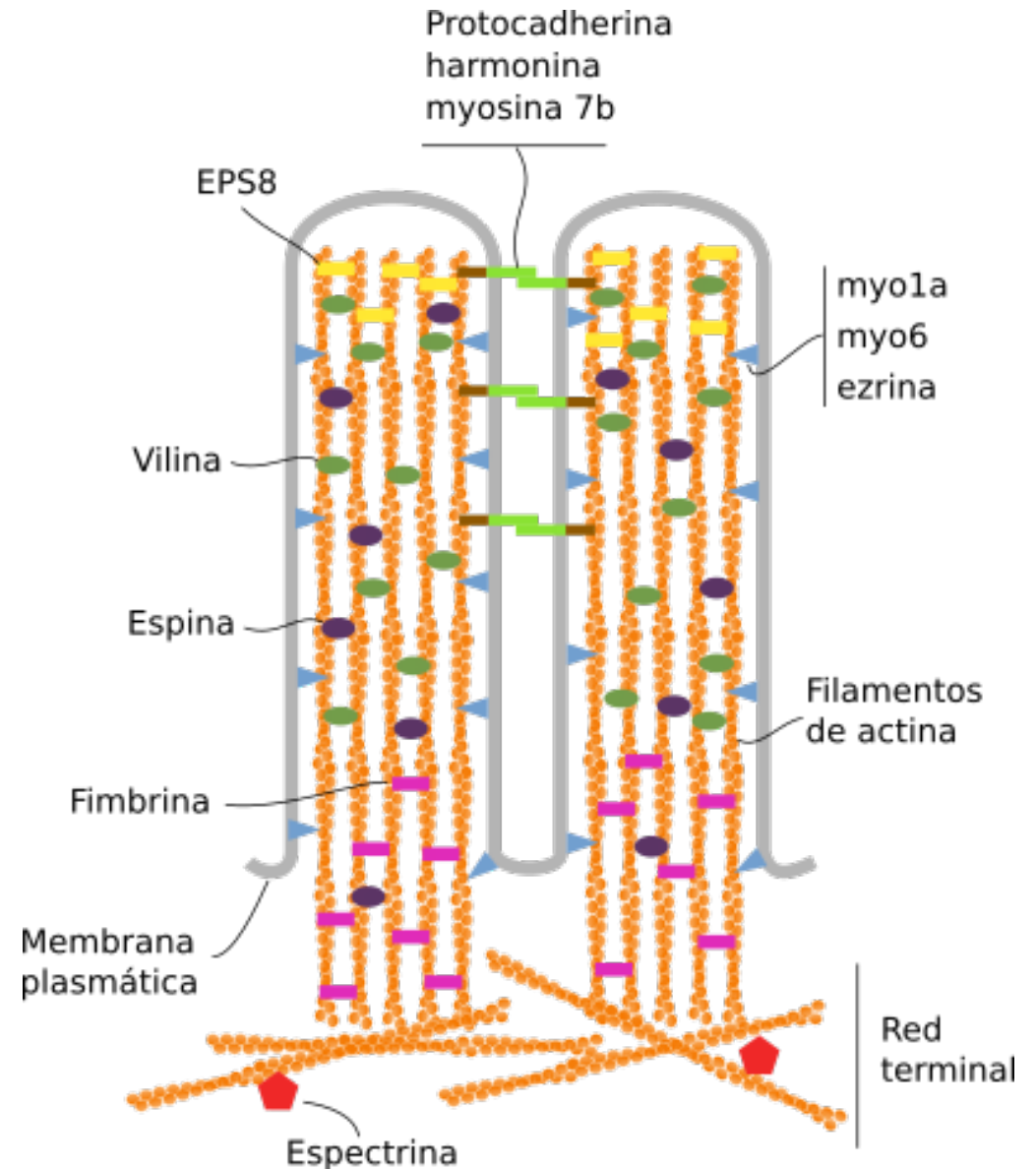
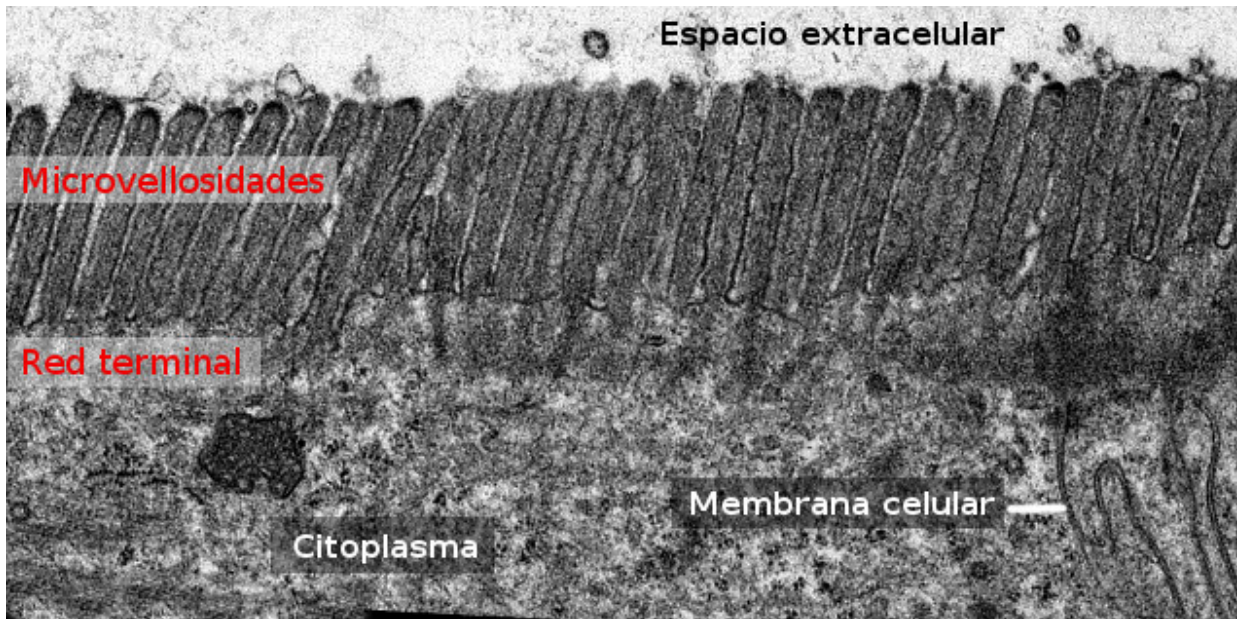
- Interdigitaciones laterales
- Laberintos o pliegues basales

3- Estructuras de unión célula-célula y célula-matriz



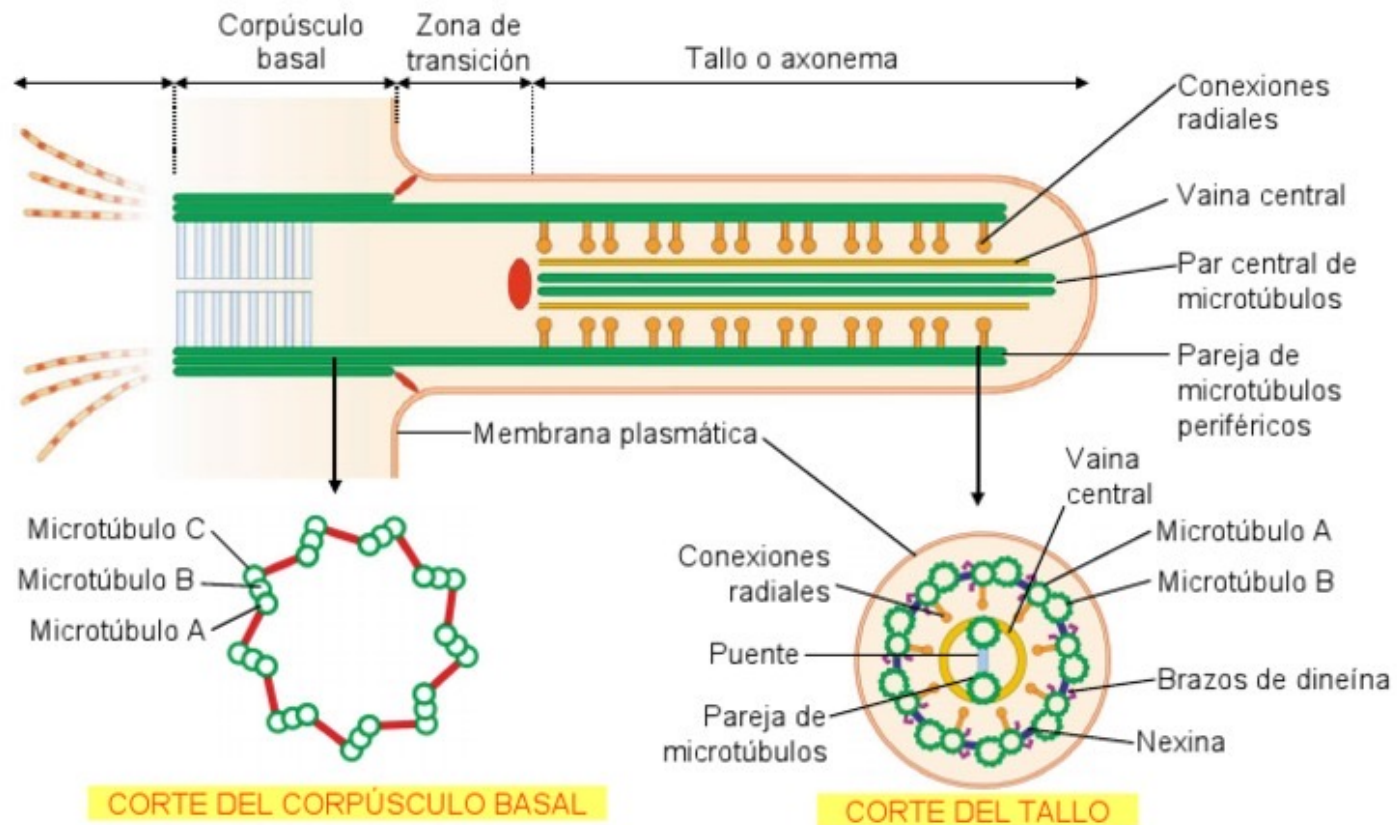
Diferenciaciones de la membrana: microvellosidades

- Son protuberancias de la membrana
- Ampliaciones de la superficie
- Fundamentalmente absorción- enterocitos
- Estructura:
 - Haces de filamentos de actina
 - **Fimbrina** y vilina
 - Miosina: unión a membrana



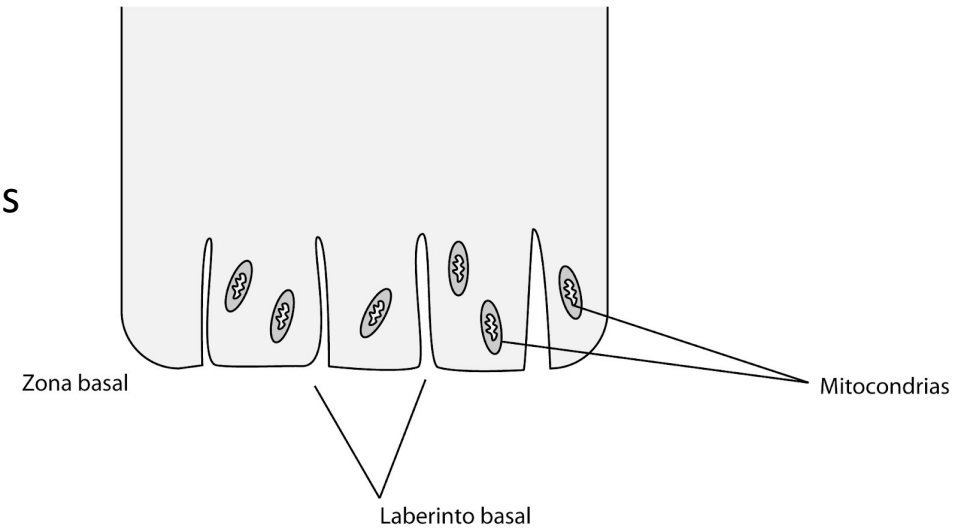
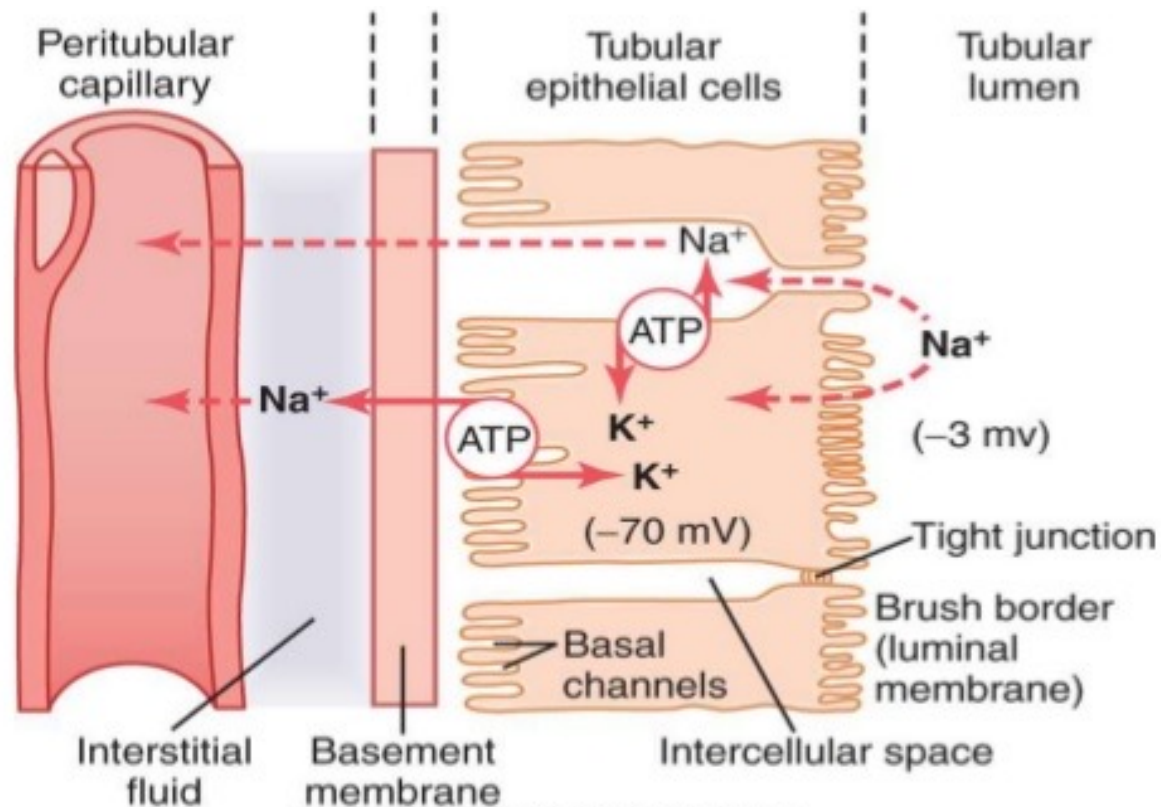
Diferenciaciones de la membrana: cilios y flagelos

- Prolongaciones de la membrana plasmática
- Constituidos por microtúbulos
- Movimiento celular
- La estructura fundamental es el axonema: microtúbulos (9+2)



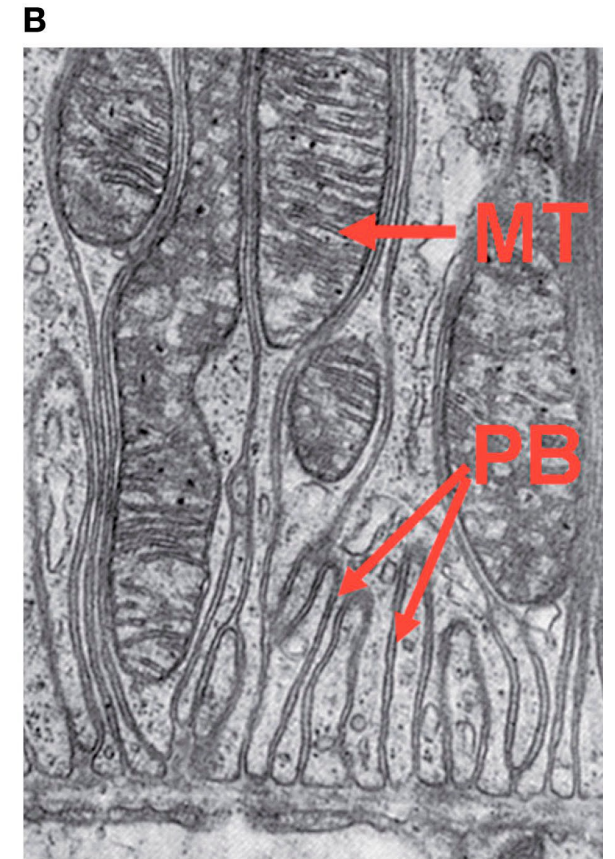
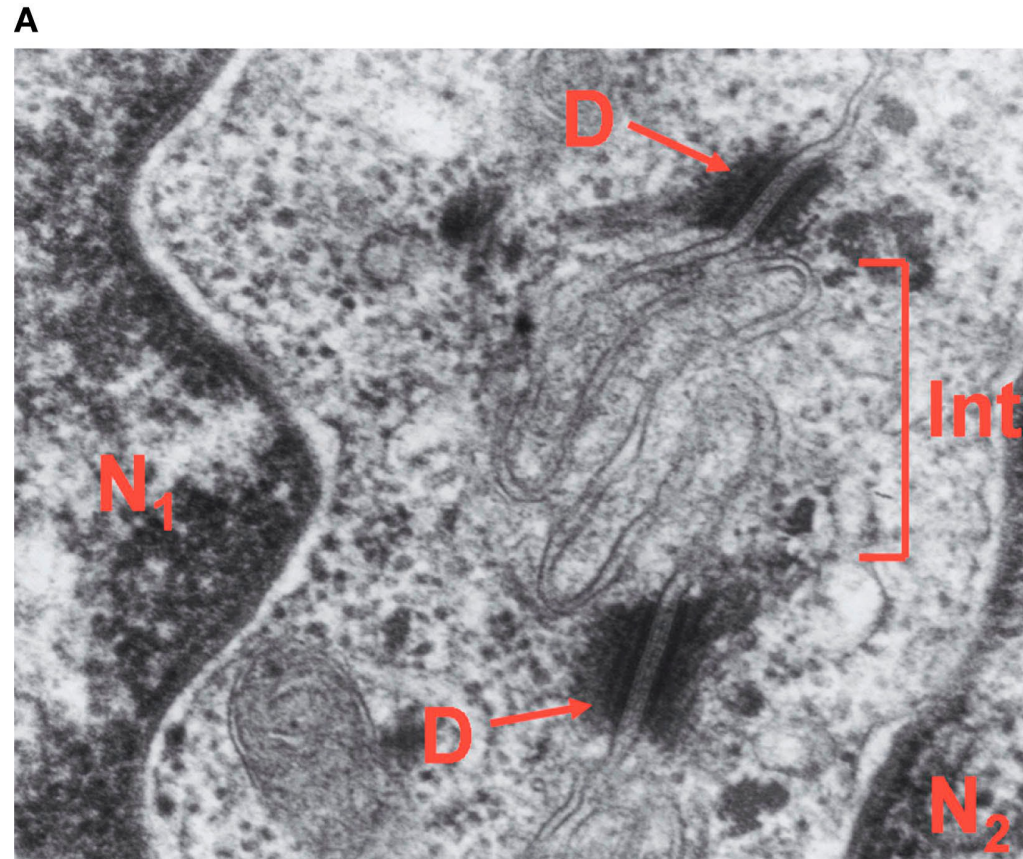
Diferenciaciones de la membrana: laberinto basal

- Grandes hendiduras en zona basal de la célula
- Destinadas a favorecer procesos de transporte activo
- Ricas en mitocondrias
- Abundantes en epitelios con intercambio de líquidos y electrolitos

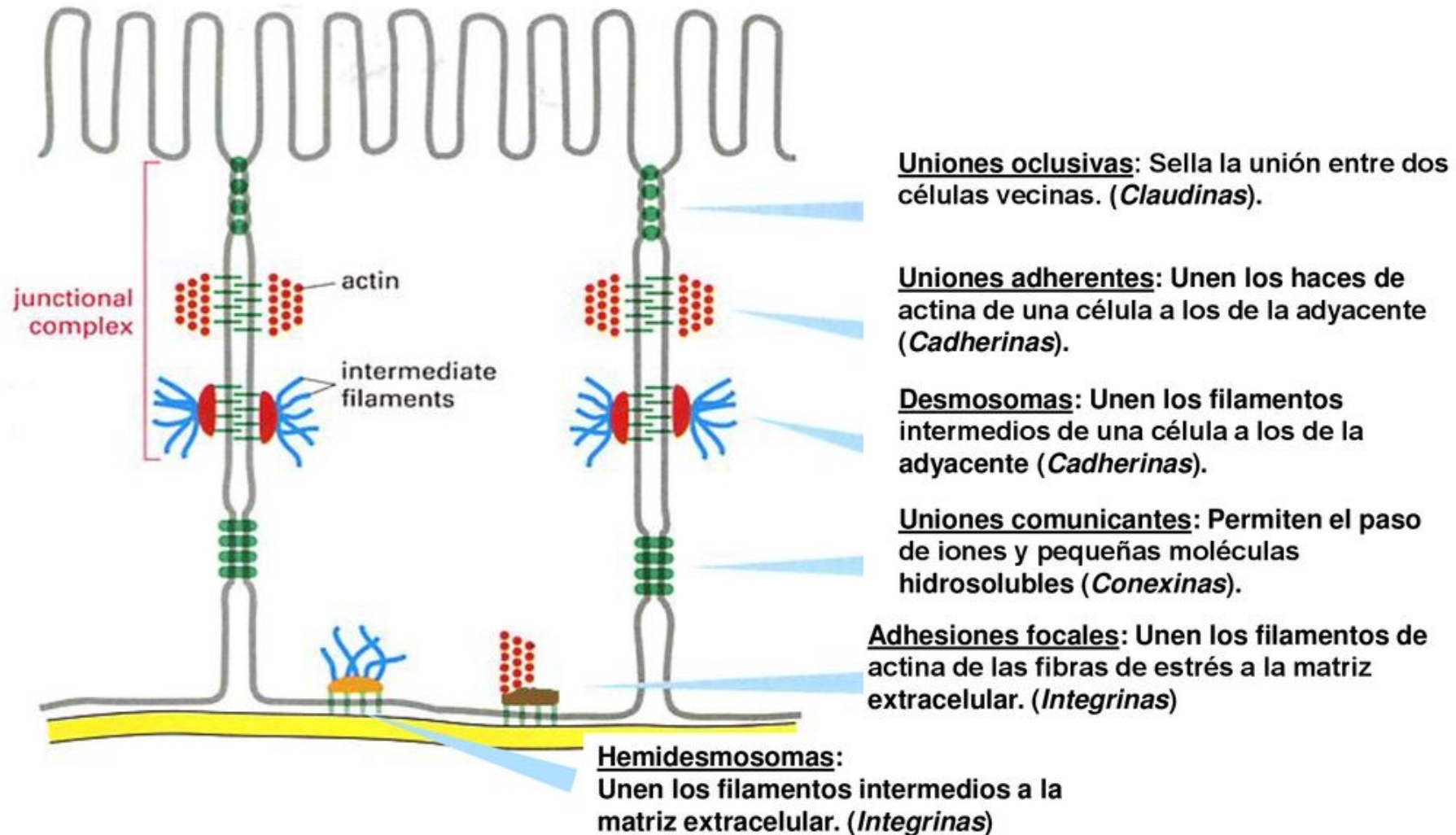


Diferenciaciones de la membrana: interdigitaciones laterales

Pliegues de membrana cuya función es aumentar la adhesión entre las células.

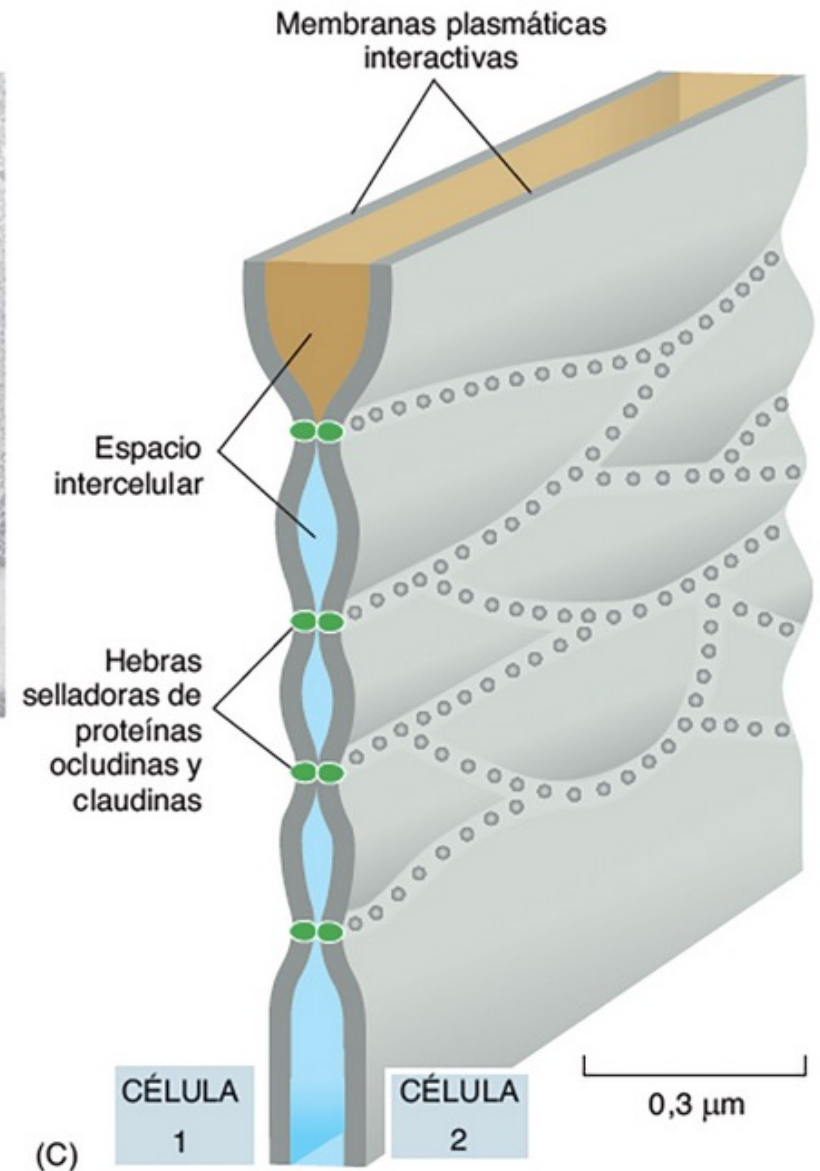
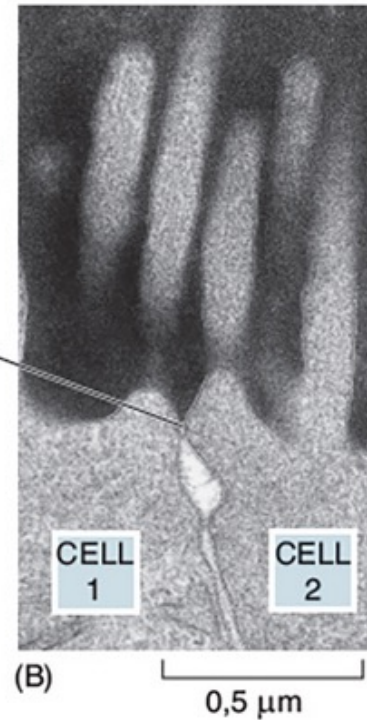
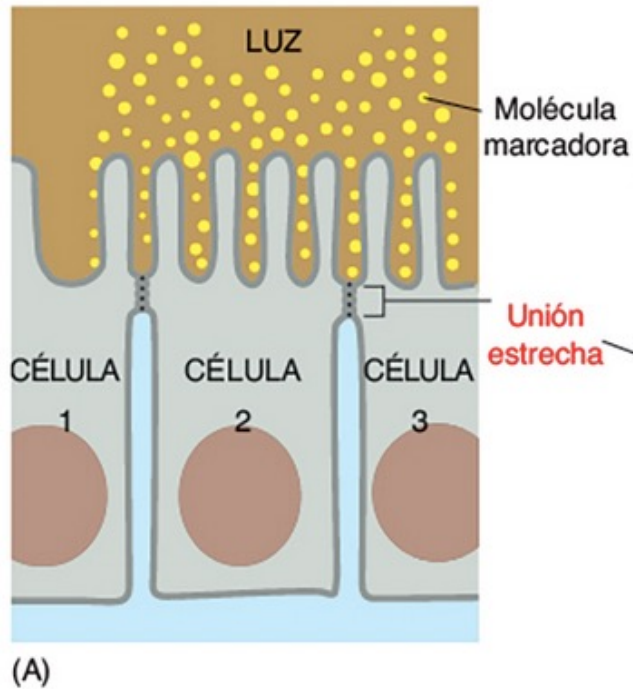


Uniones intercelulares



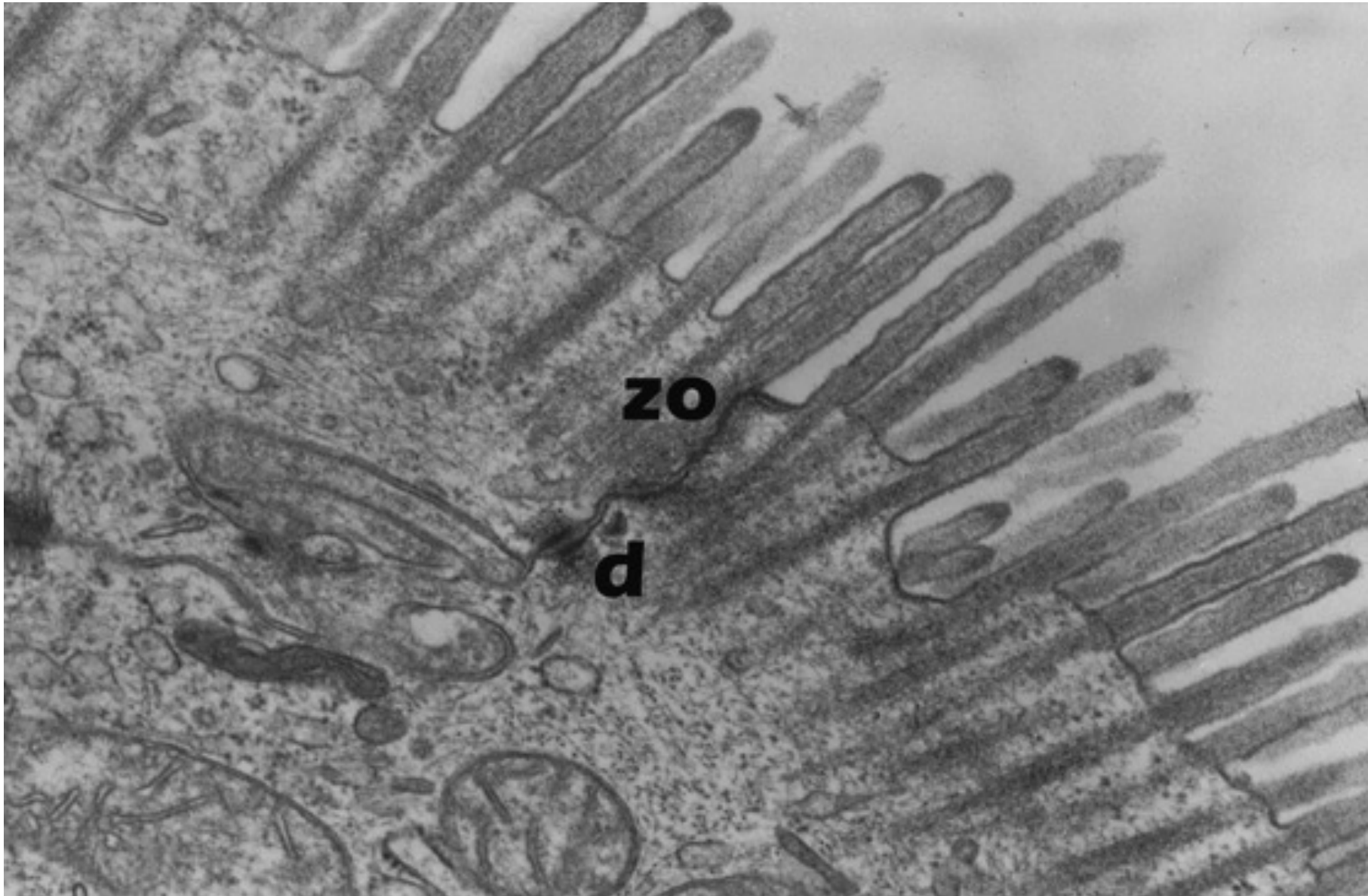
Zónula vs. Mácula

Uniones intercelulares: uniones ocluyentes o estrechas (Tight junctions/occludents)



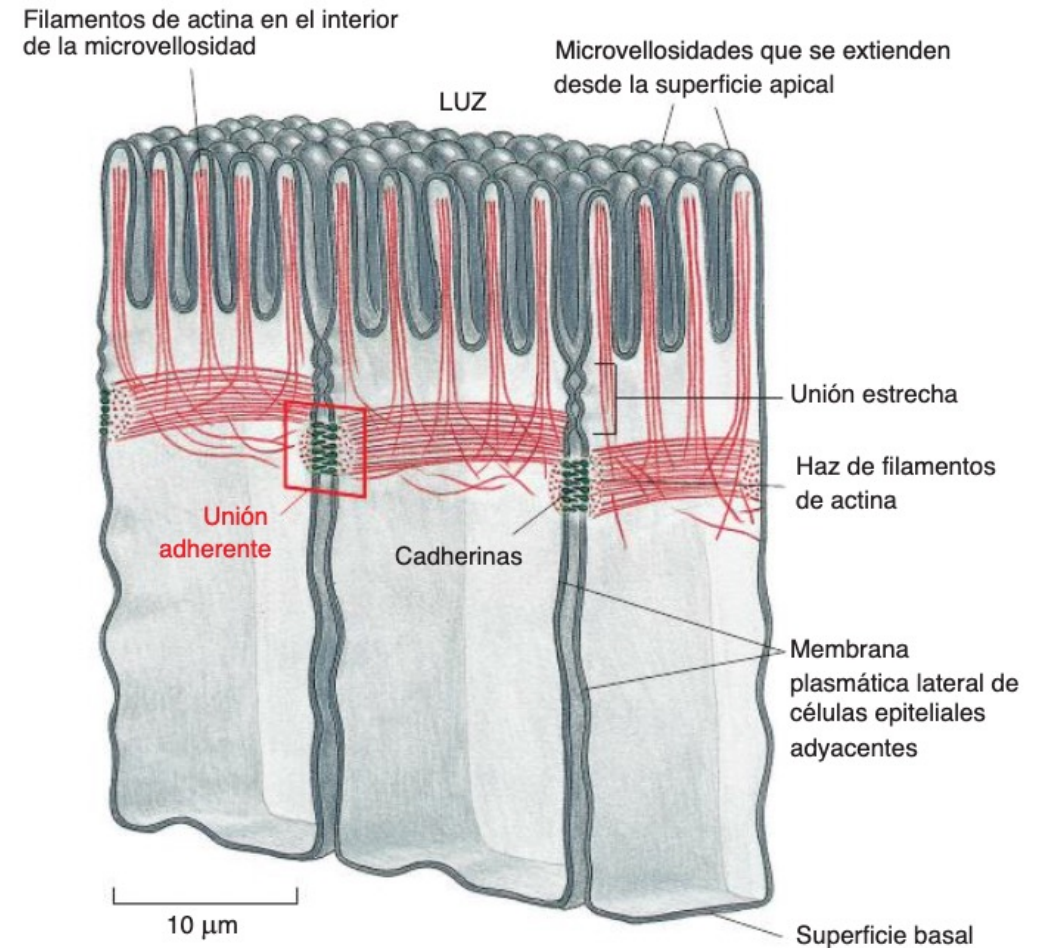
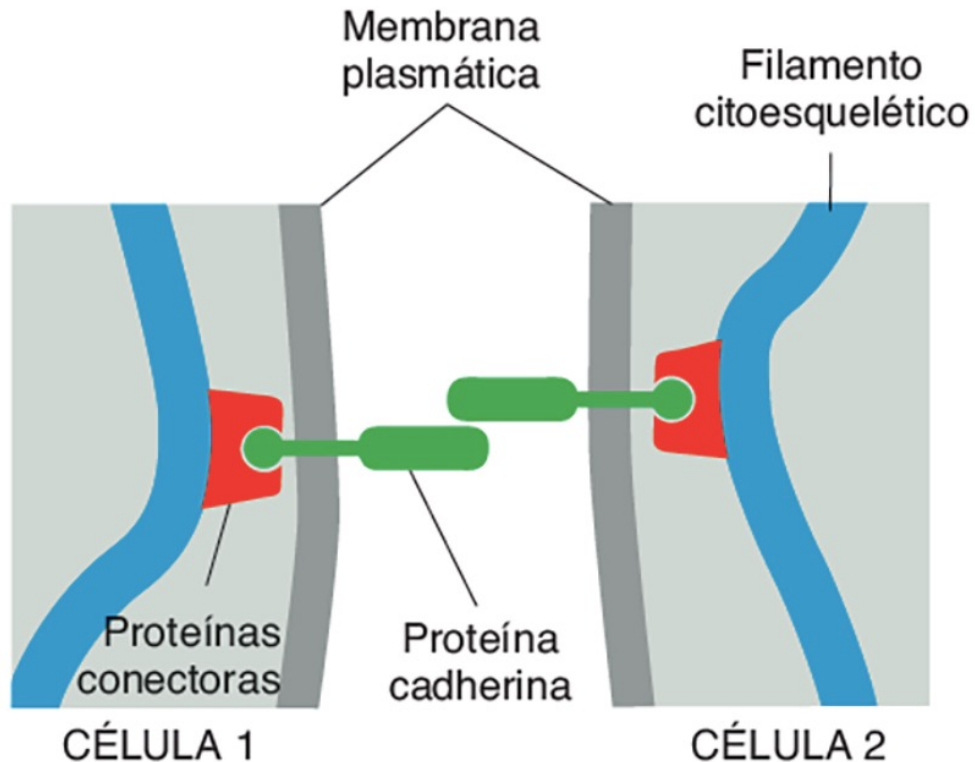
- Zona apical
- Sellan membranas
- Zónula
- Proteínas transmembrana

Uniones intercelulares: uniones ocluyentes o estrechas (Tight junctions/occludents)



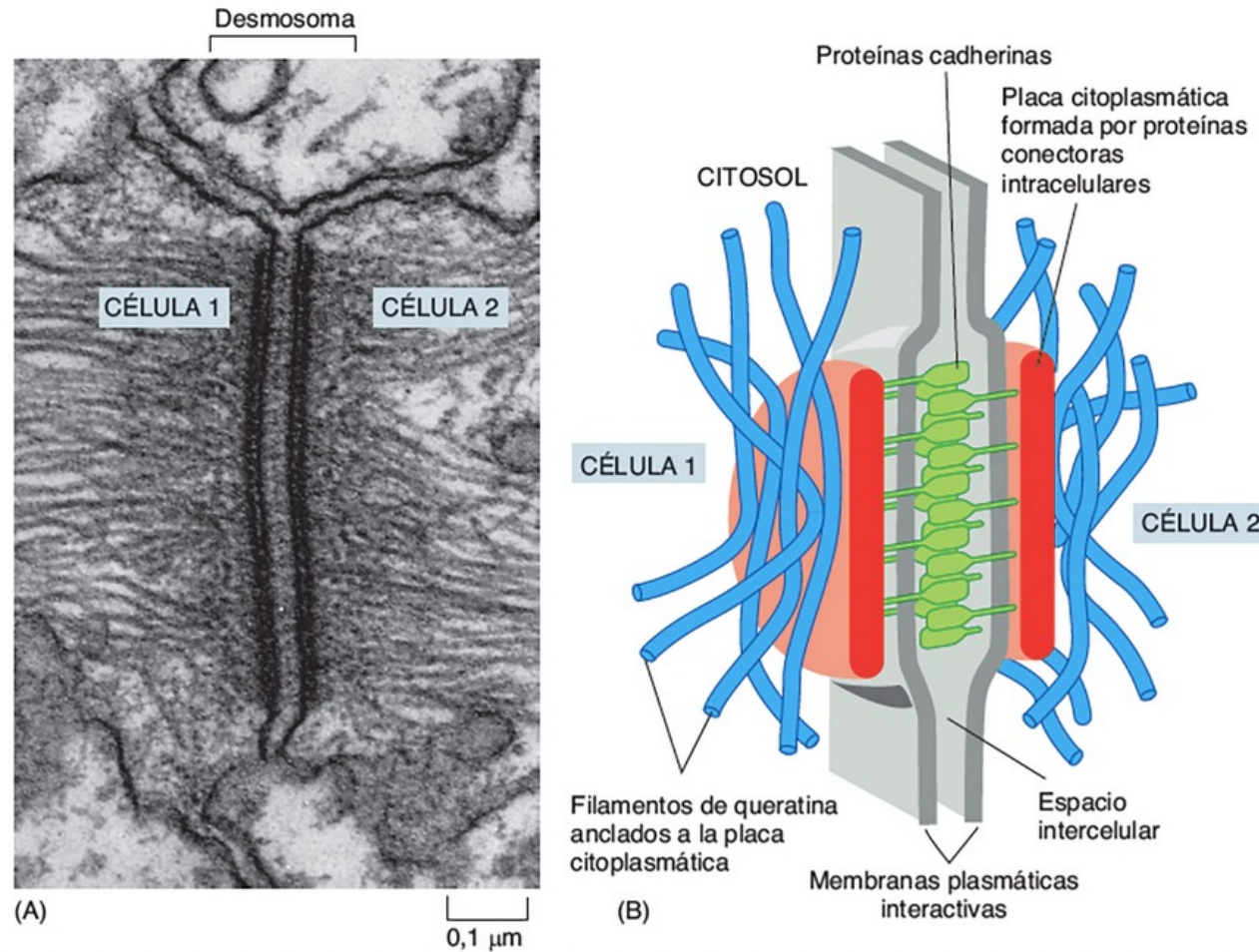
Uniones intercelulares: uniones adherentes

- Confieren resistencia mecánica pues las proteínas que crean la unión (**cadherina**) se unen al citoesqueleto (**actina**)
- Zónula
- Se localizan inmediatamente debajo de las ocluyentes
- 20nm



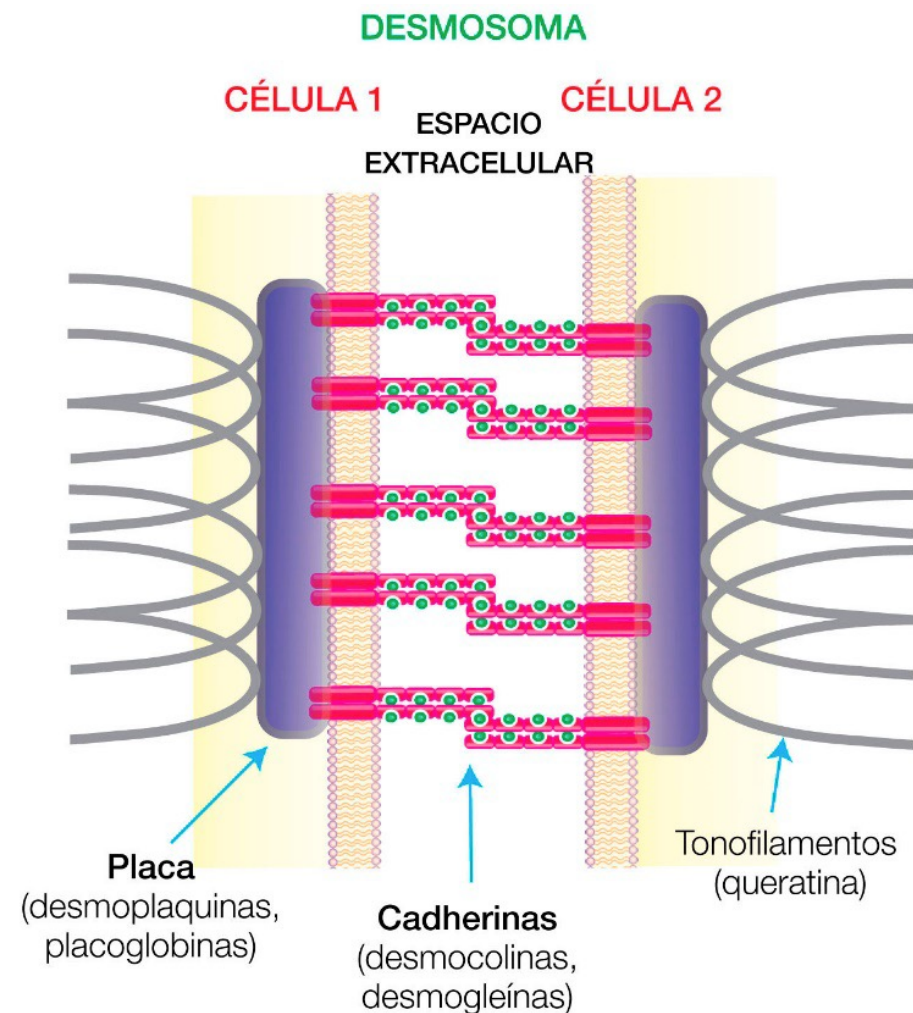
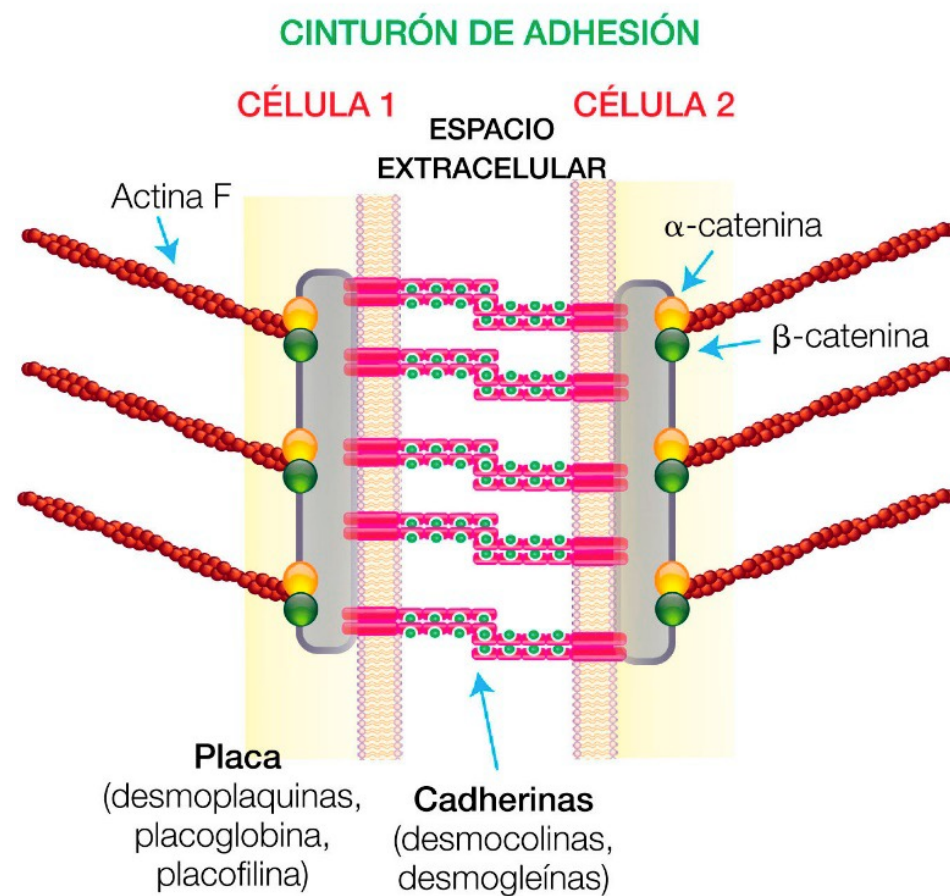
Uniones intercelulares: desmosomas

- Confieren resistencia mecánica pues las proteínas que crean la unión (**cadherina**) se unen al citoesqueleto (**queratina**)
- Mácula



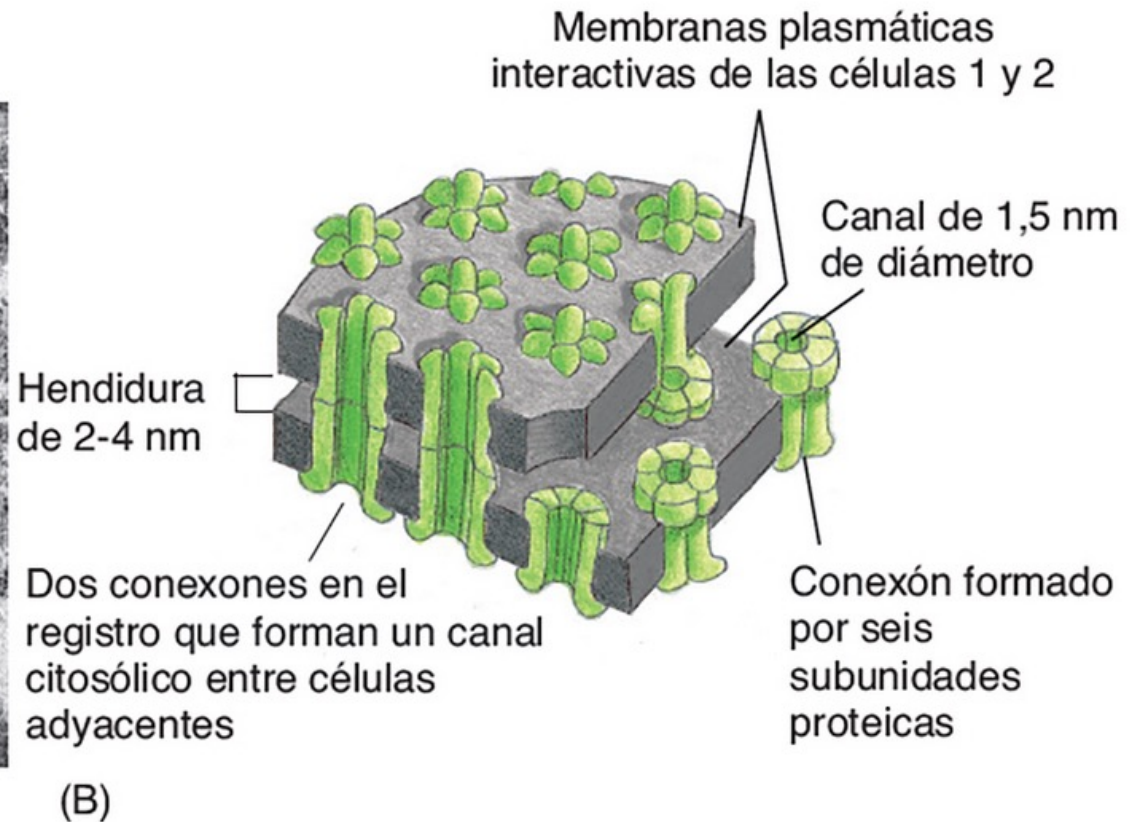
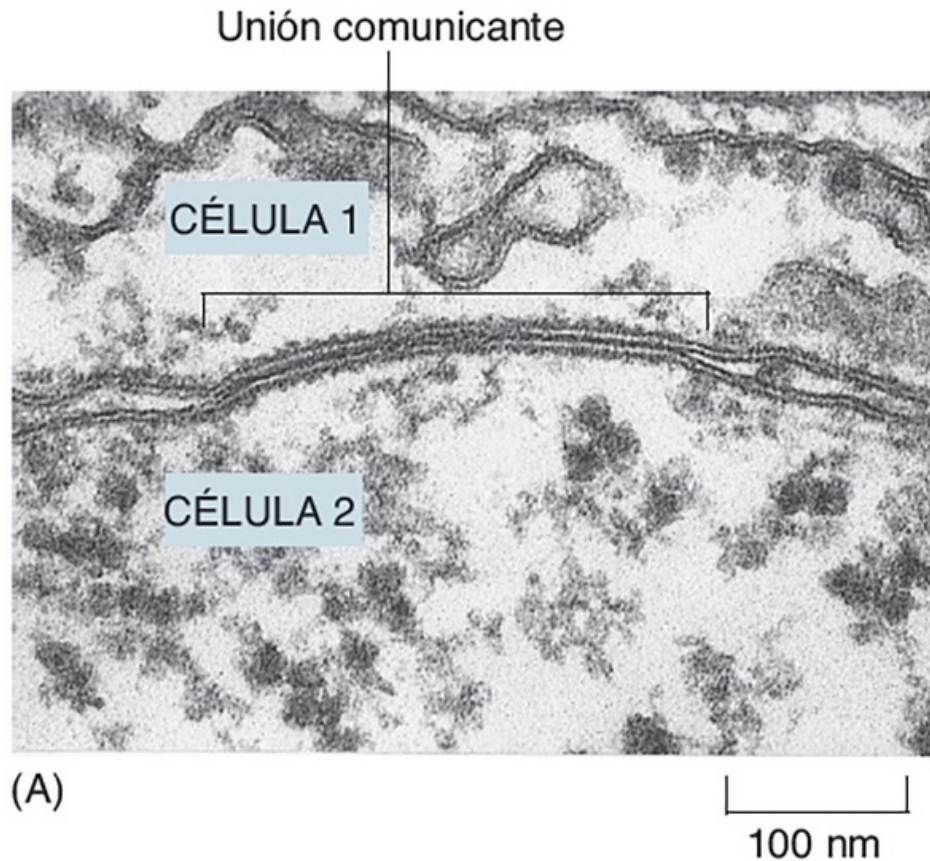
La queratina son filamentos intermedios

Uniones intercelulares: uniones adherentes y desmosomas

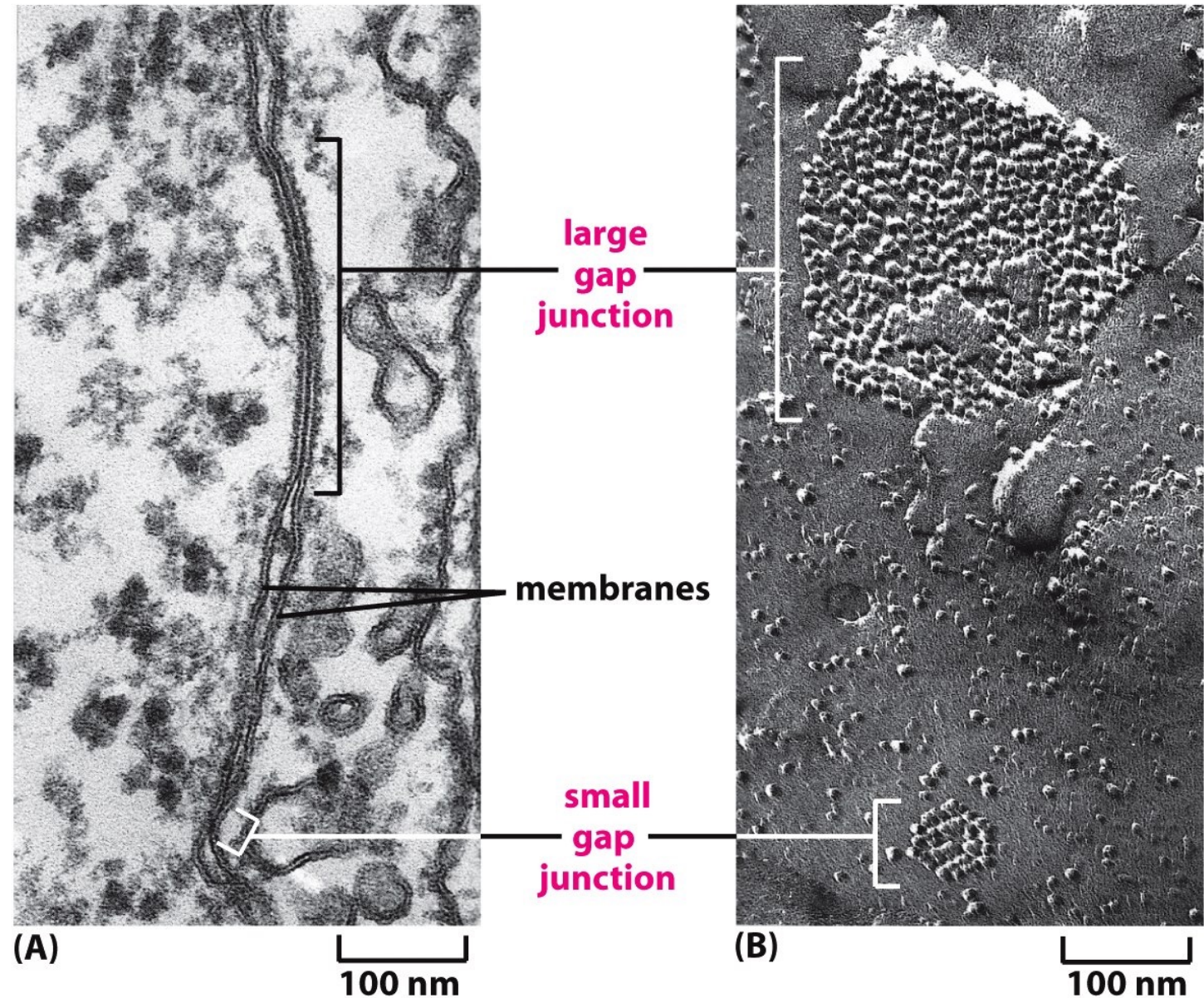
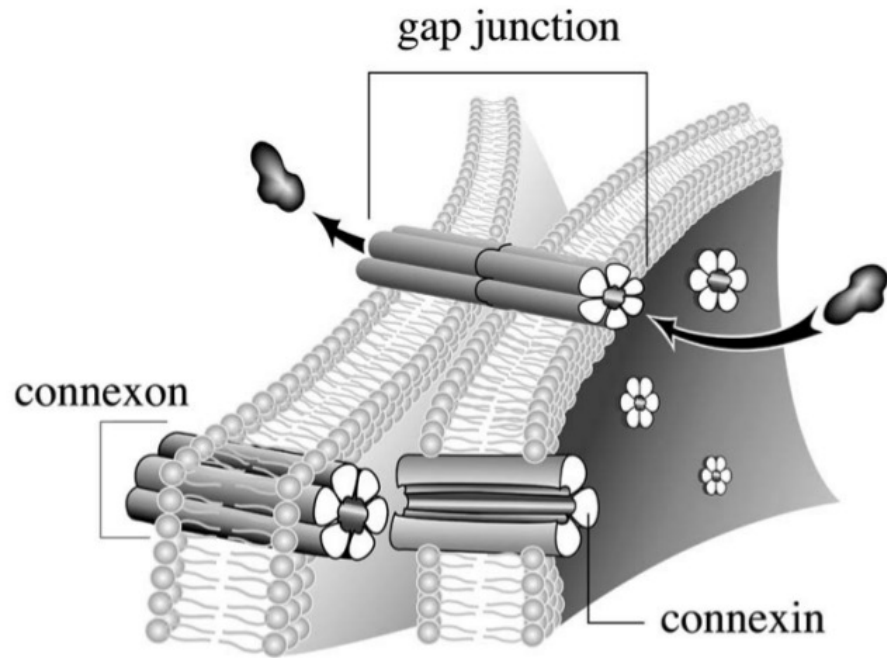


Uniones intercelulares: uniones comunicantes, en hendidura (Gap junction)

- Membranas muy juntas (2-4nm) y totalmente paralelas
- Conexones: proteínas transmembrana (conexina)
- Paso de iones inorgánicos y pequeñas moléculas hidrosolubles
- Comunicación química y eléctrica

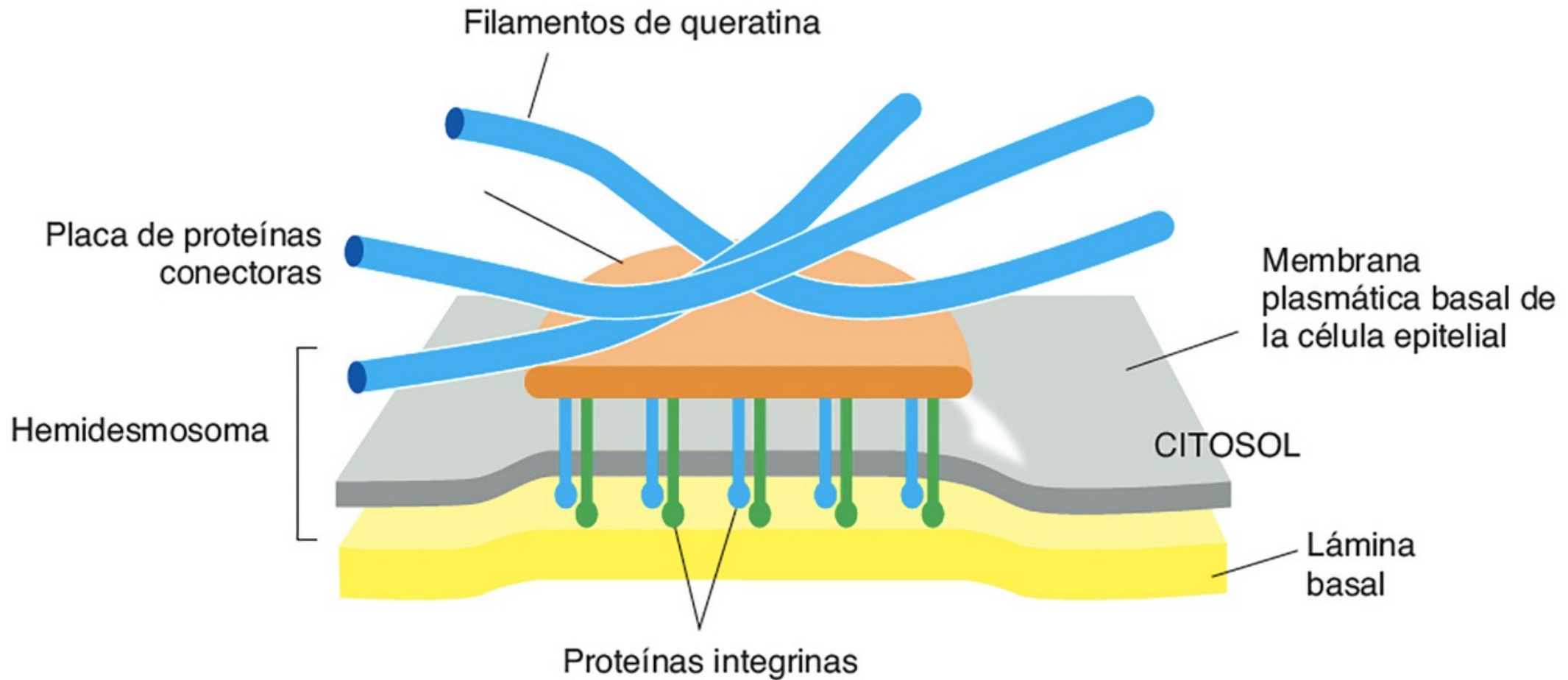


Uniones intercelulares: uniones comunicantes, en hendidura (Gap junction)

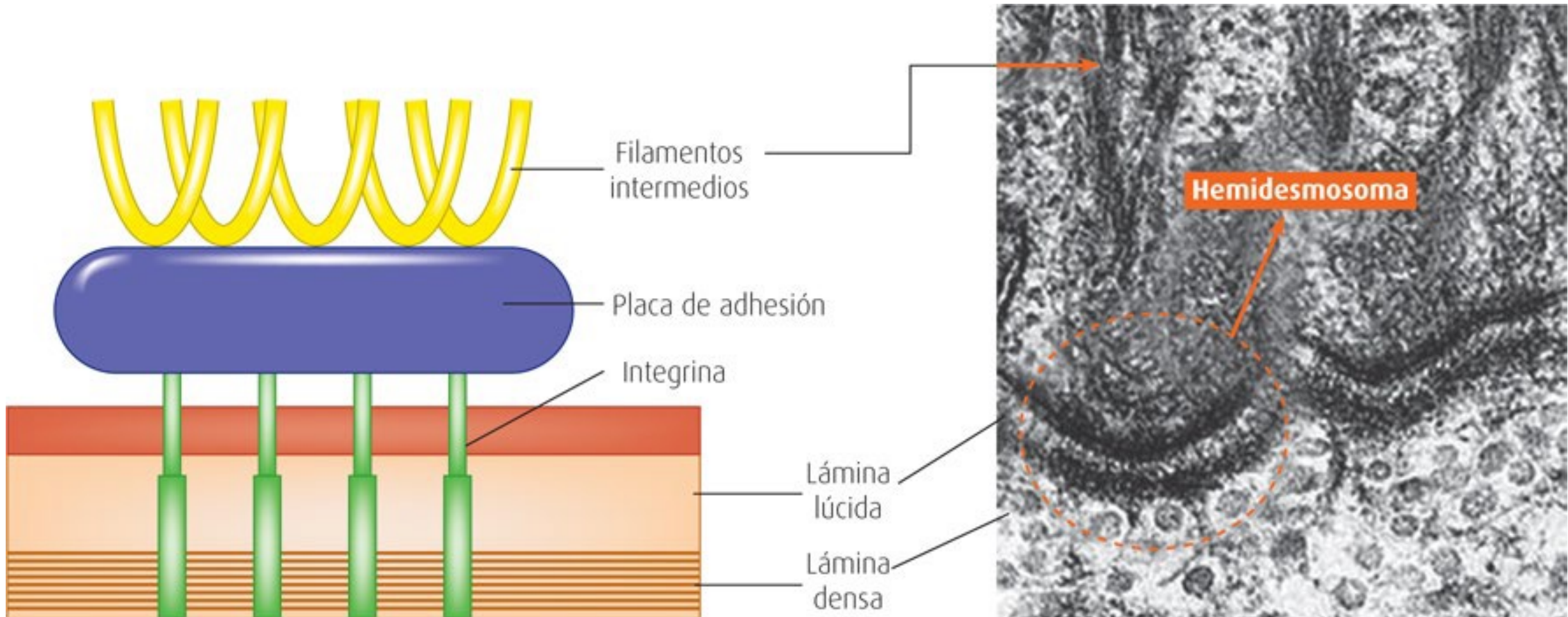


Uniones célula-matriz: hemidesmosomas

Son mácula adherentes entre célula y lámina basal

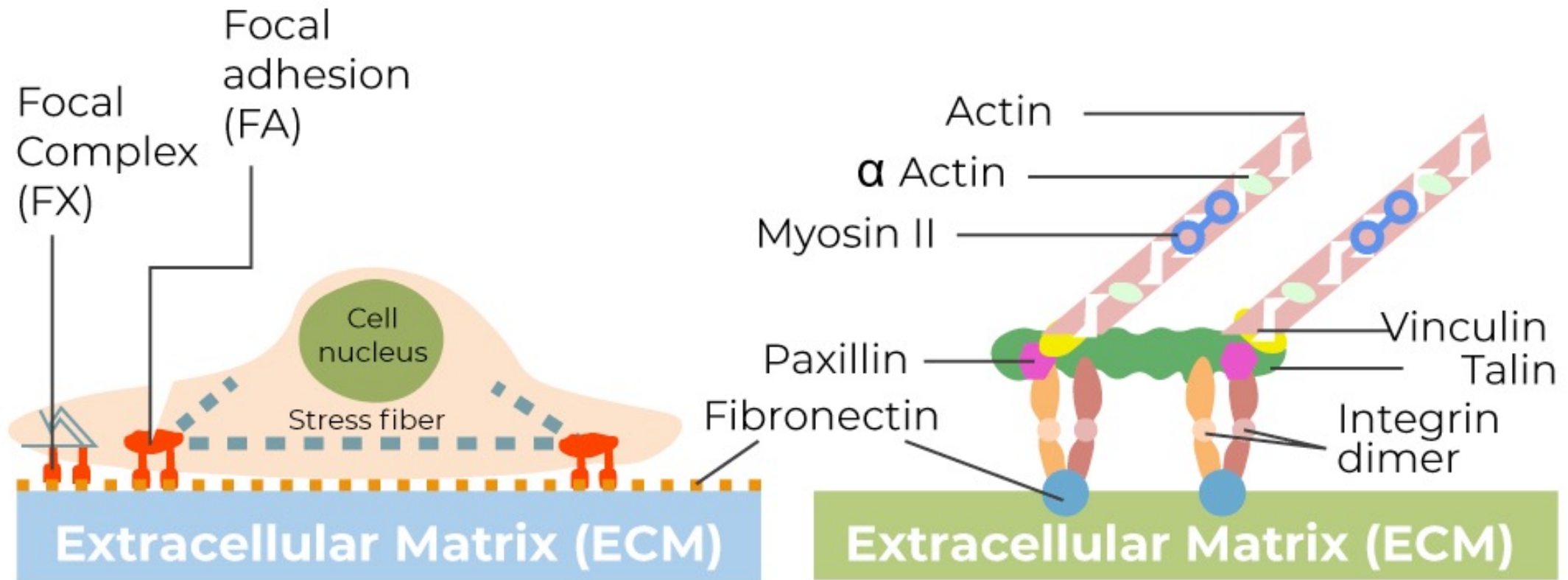


Uniones célula-matriz : hemidesmosomas



Uniones célula-matriz : adhesiones focales

Las células migratorias se unen a la MEC mediante adhesiones focales





Universidad de Valladolid

Especializaciones de la membrana y uniones intercelulares

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Citoesqueleto

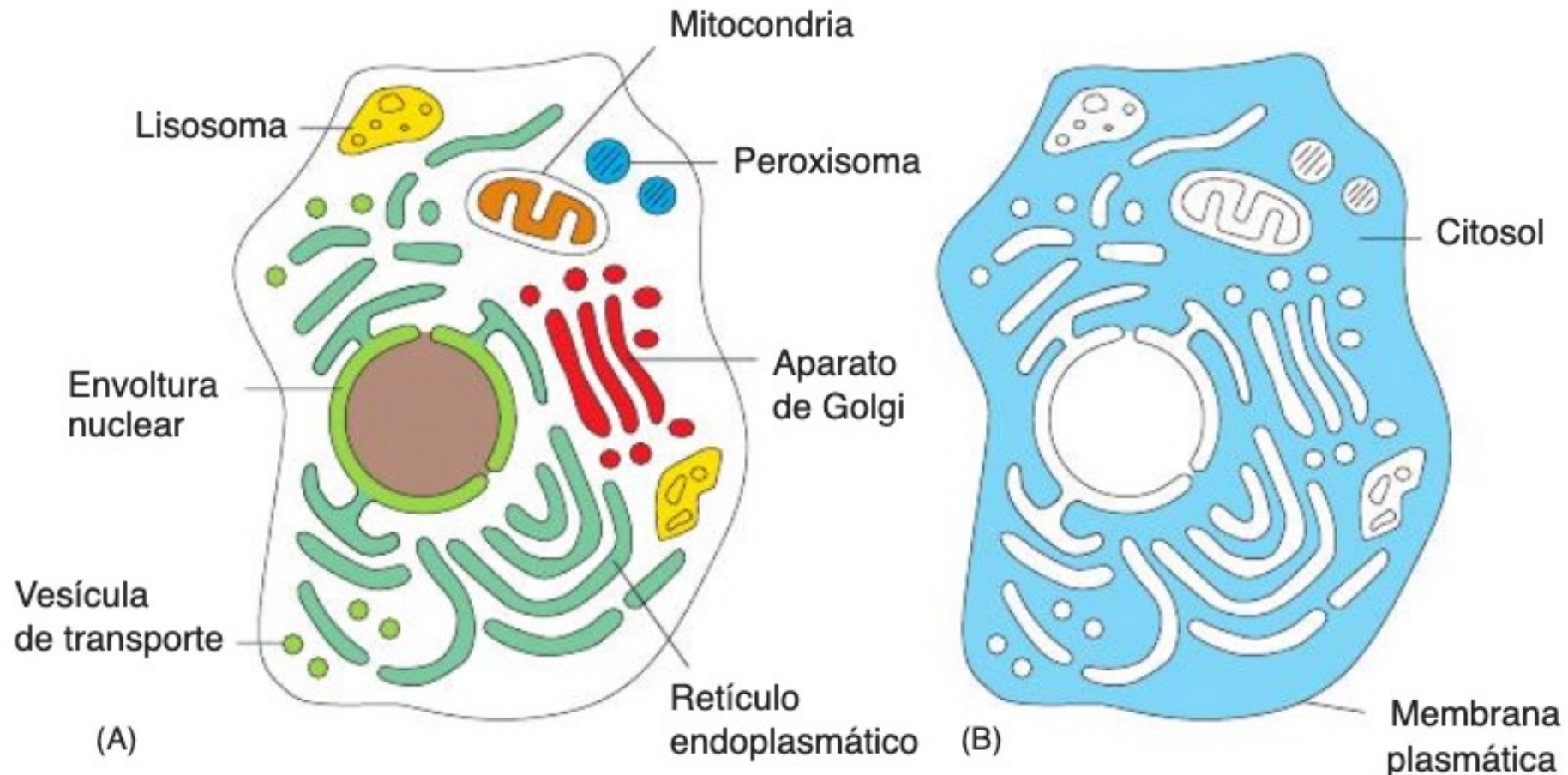
Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

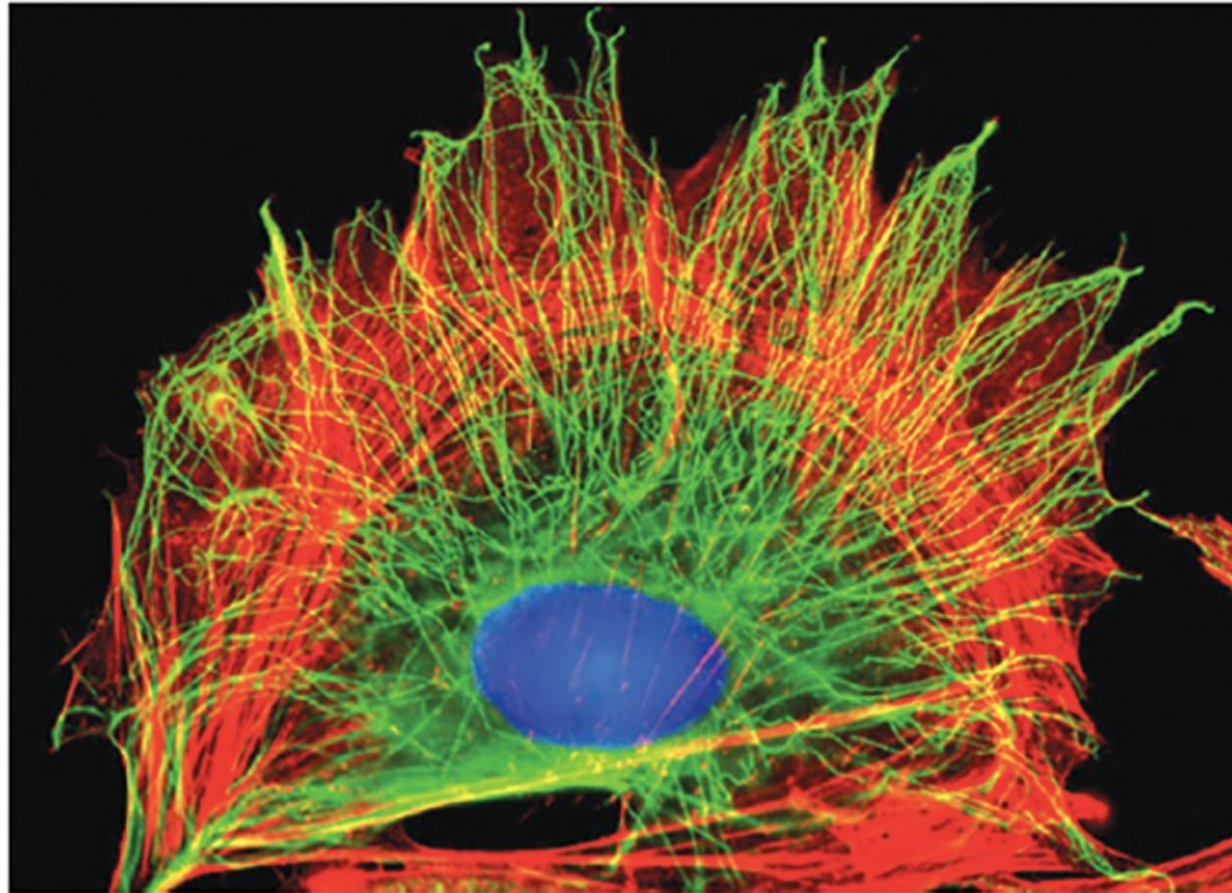
El citosol es un gel acuoso concentrado de moléculas grandes y pequeñas

Es la parte del citoplasma que no está contenido dentro de las membranas intracelulares



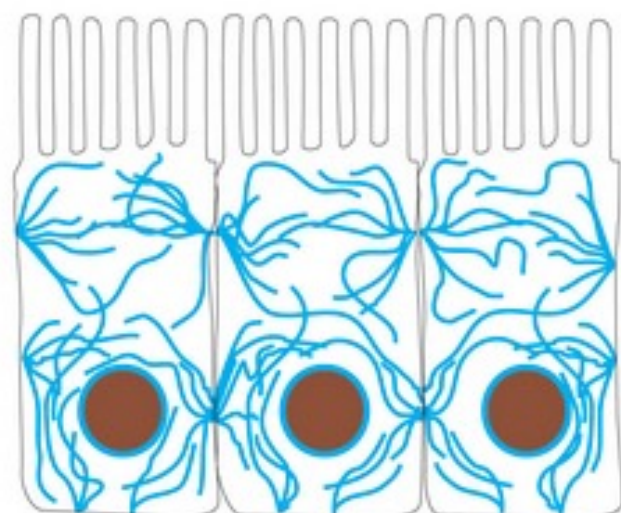
Red de filamentos proteicos que se extiende por todo el citoplasma

El citoesqueleto le otorga a la célula su forma y le permite organizar sus componentes internos y moverse



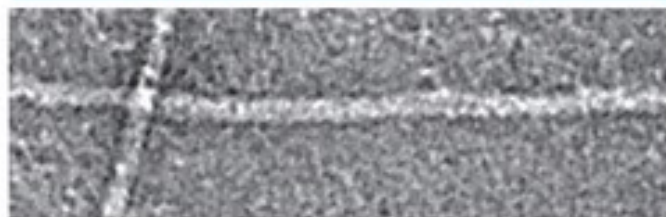
10 μm

Red de filamentos proteicos que se extiende por todo el citoplasma



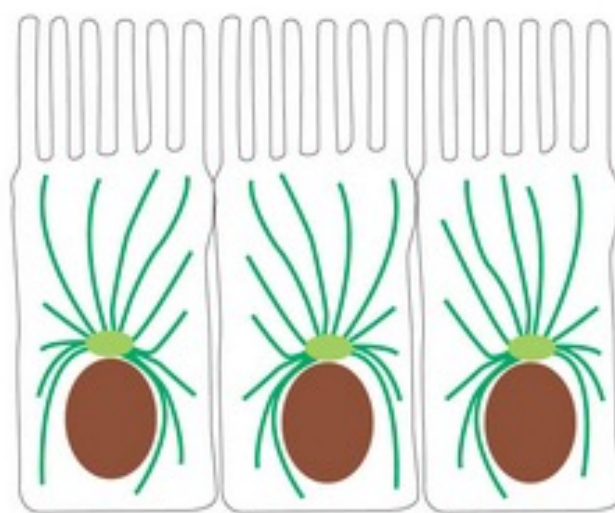
25 μm

FILAMENTOS INTERMEDIOS



25 nm

10 nm de diámetro



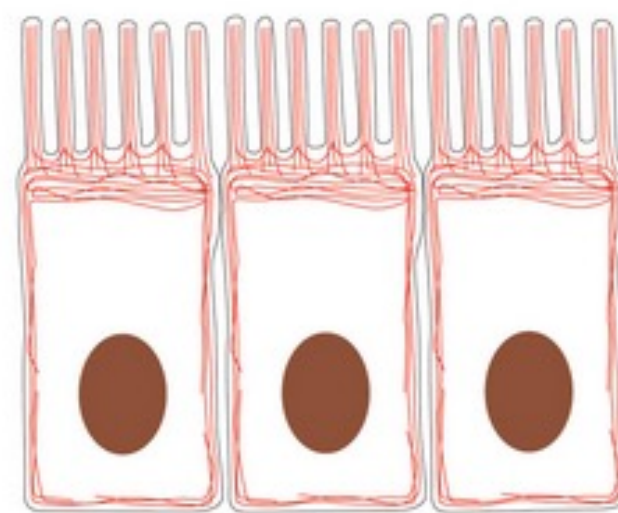
25 μm

MICROTÚBULOS



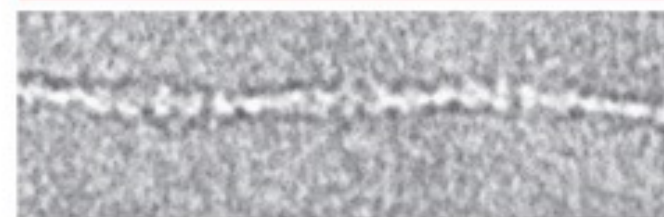
25 nm

25 nm de diámetro



25 μm

FILAMENTOS DE ACTINA

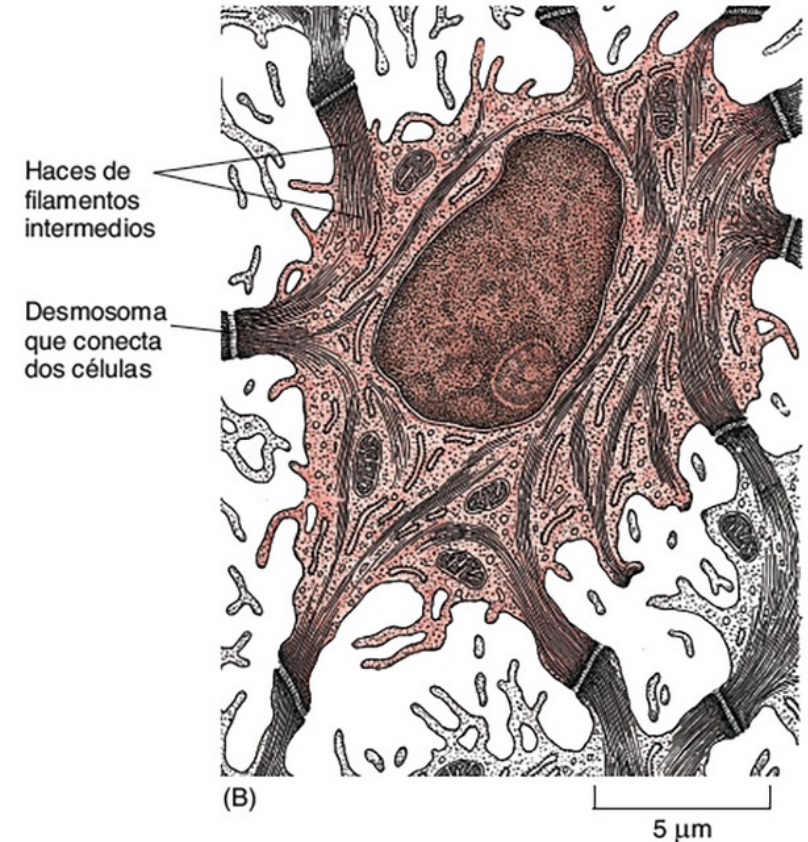
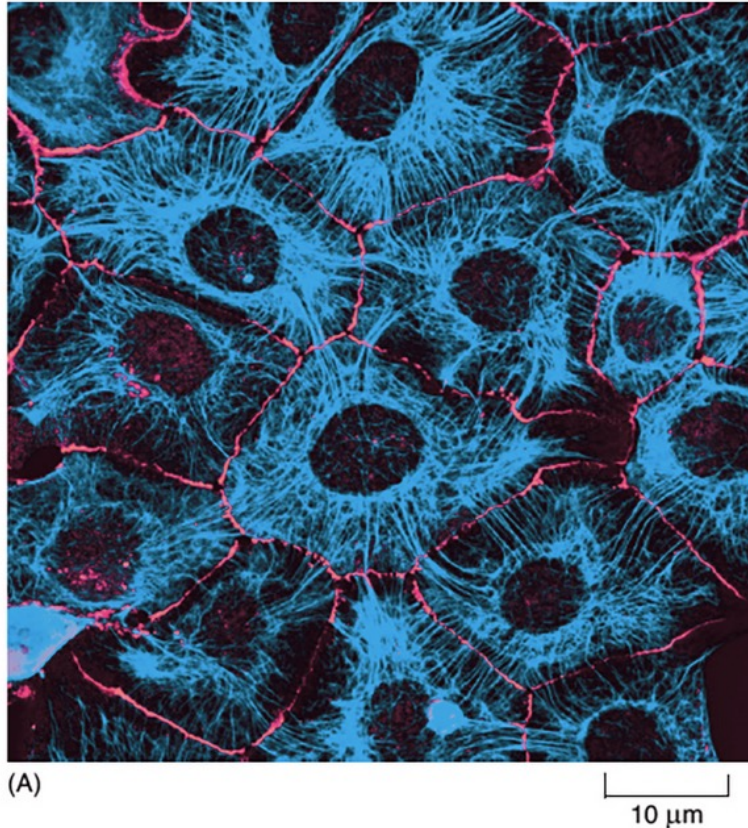


25 nm

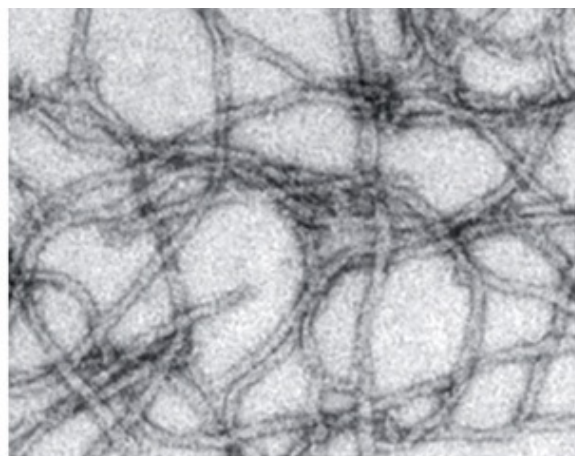
7 nm de diámetro

Filamentos intermedios

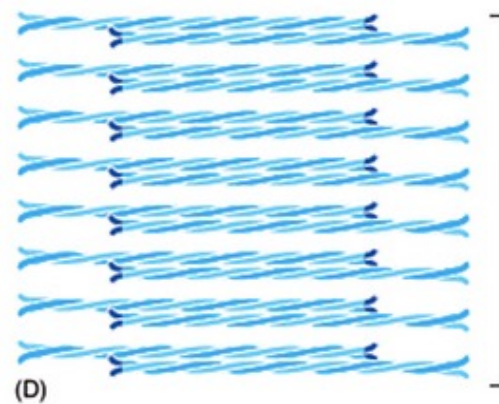
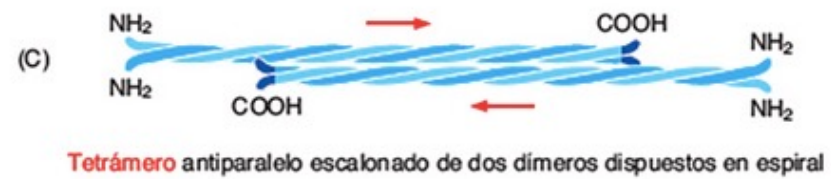
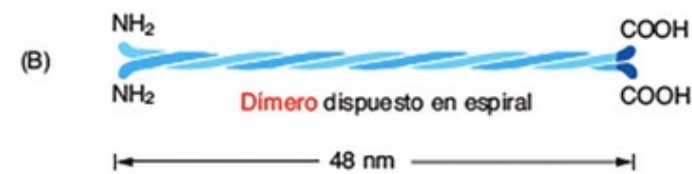
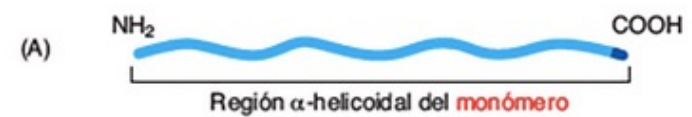
- Gran resistencia
- Función estructural y soporte mecánico
- Son los más resistentes y duraderos
- Diámetro de unos 10 nm
- Red por todo el citoplasma que se extiende desde el núcleo hasta la periferia (desmosomas)
- Lámina nuclear
- Formados por proteínas filamentosas



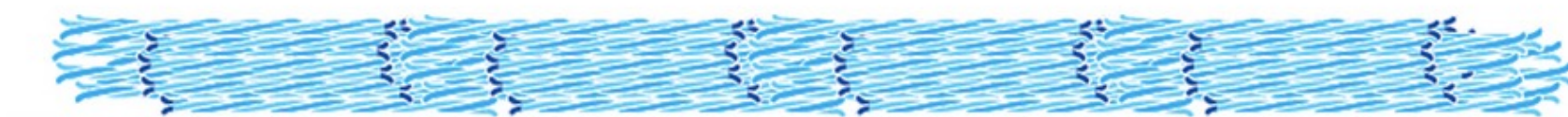
Filamentos intermedios



0,1 μm

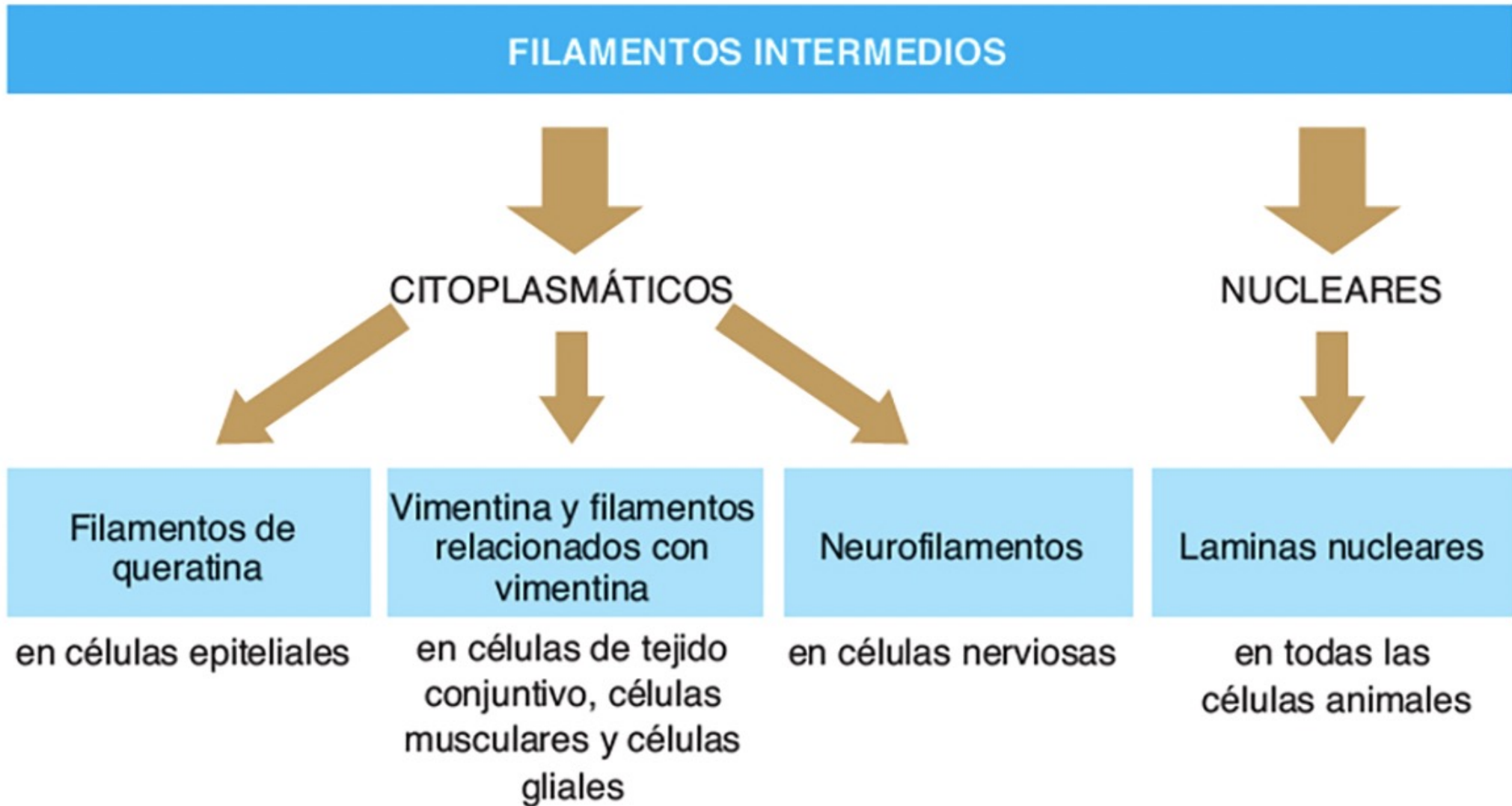


Protofilamento



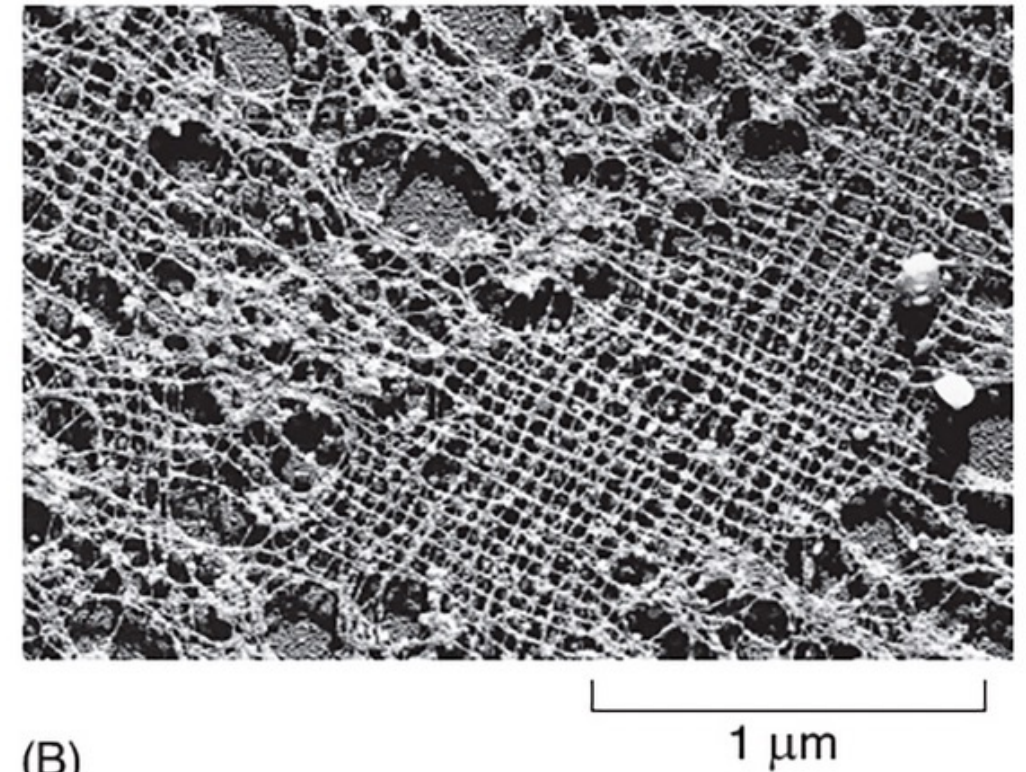
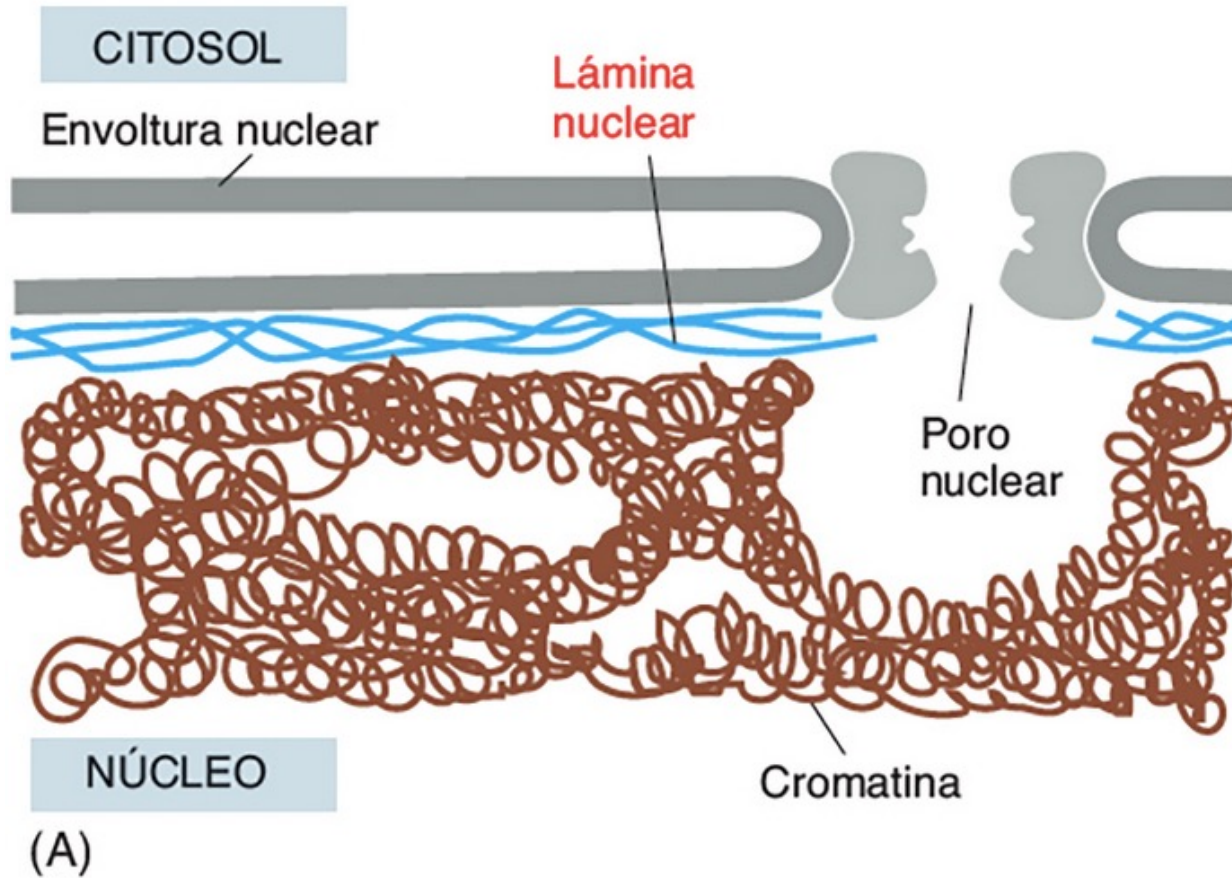
Adición de 8 tetrámeros al **filamento** en crecimiento

Filamentos intermedios

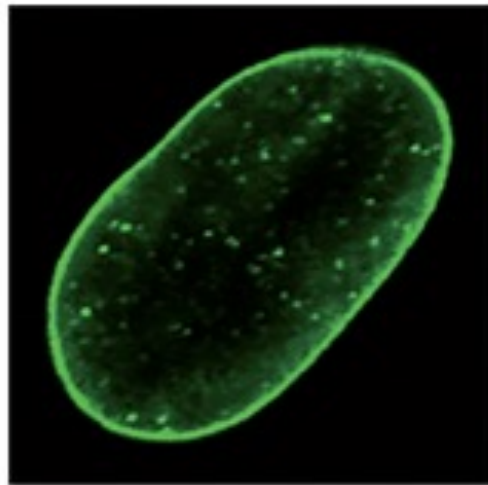


Filamentos intermedios

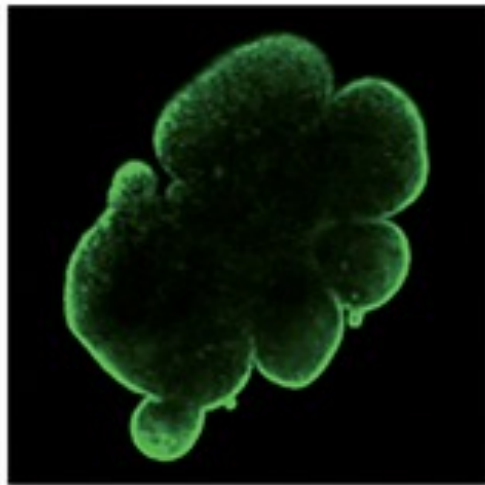
La envoltura nuclear está sostenida por una malla de filamentos intermedios



Filamentos intermedios



(A)



(B)

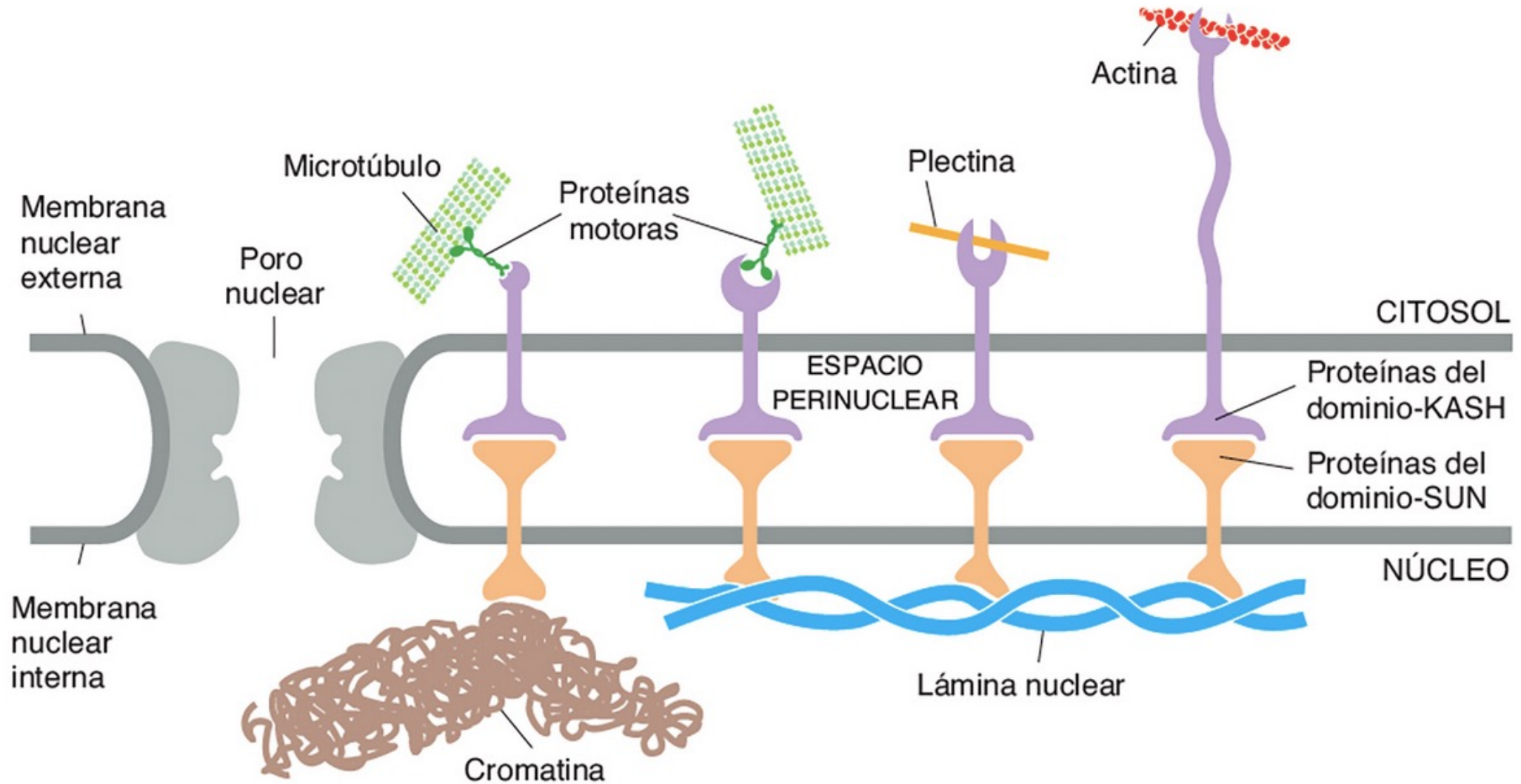
10 μm



(C)

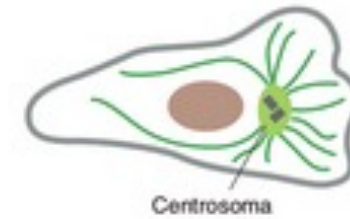
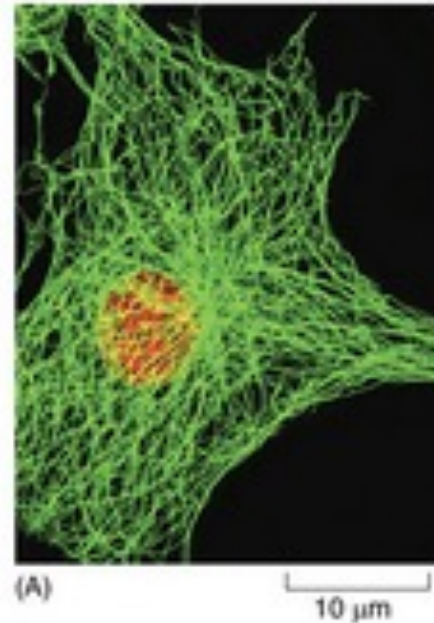
Filamentos intermedios

Existen proteínas conectoras que vinculan los filamentos citoesquéticos con la envoltura nuclear

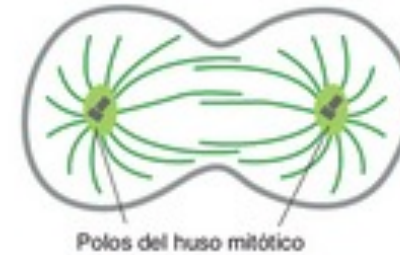


Microtúbulos

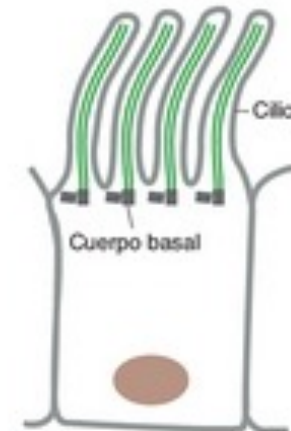
- Son tubos de proteínas, largos, rígidos y lábiles
- 25 nm de diámetro
- Formados por **subunidades de tubulina globular**
- Se extienden desde el centrosoma
- Transporte y posicionamiento de orgánulos en la célula
- Huso mitótico
- Microtúbulos estables: cilios y flagelos



(B) CÉLULA QUE NO SE DIVIDE

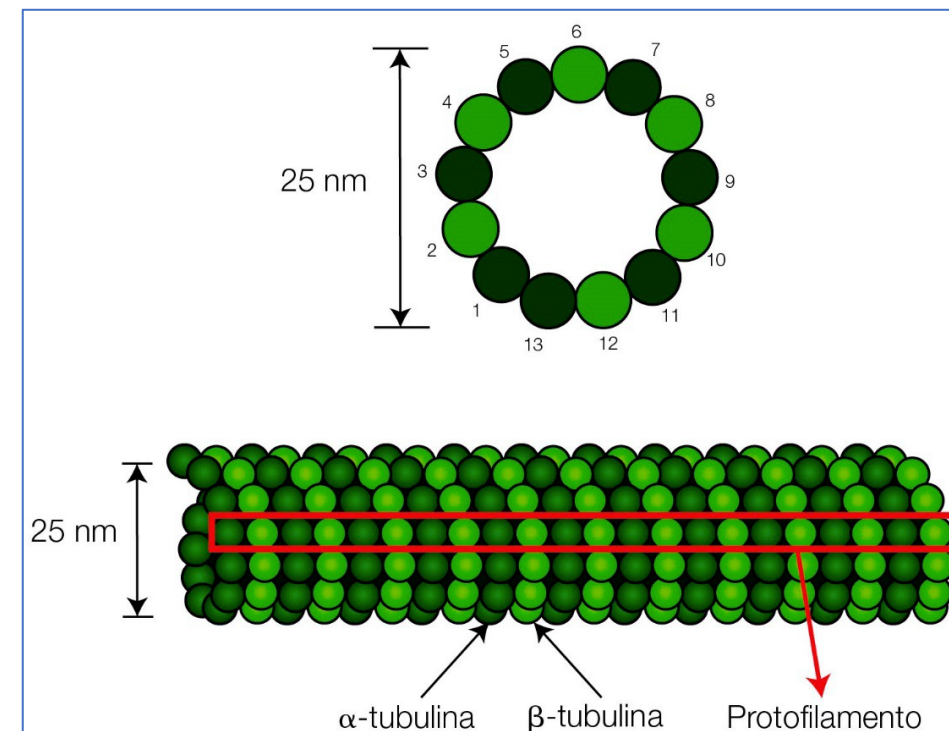
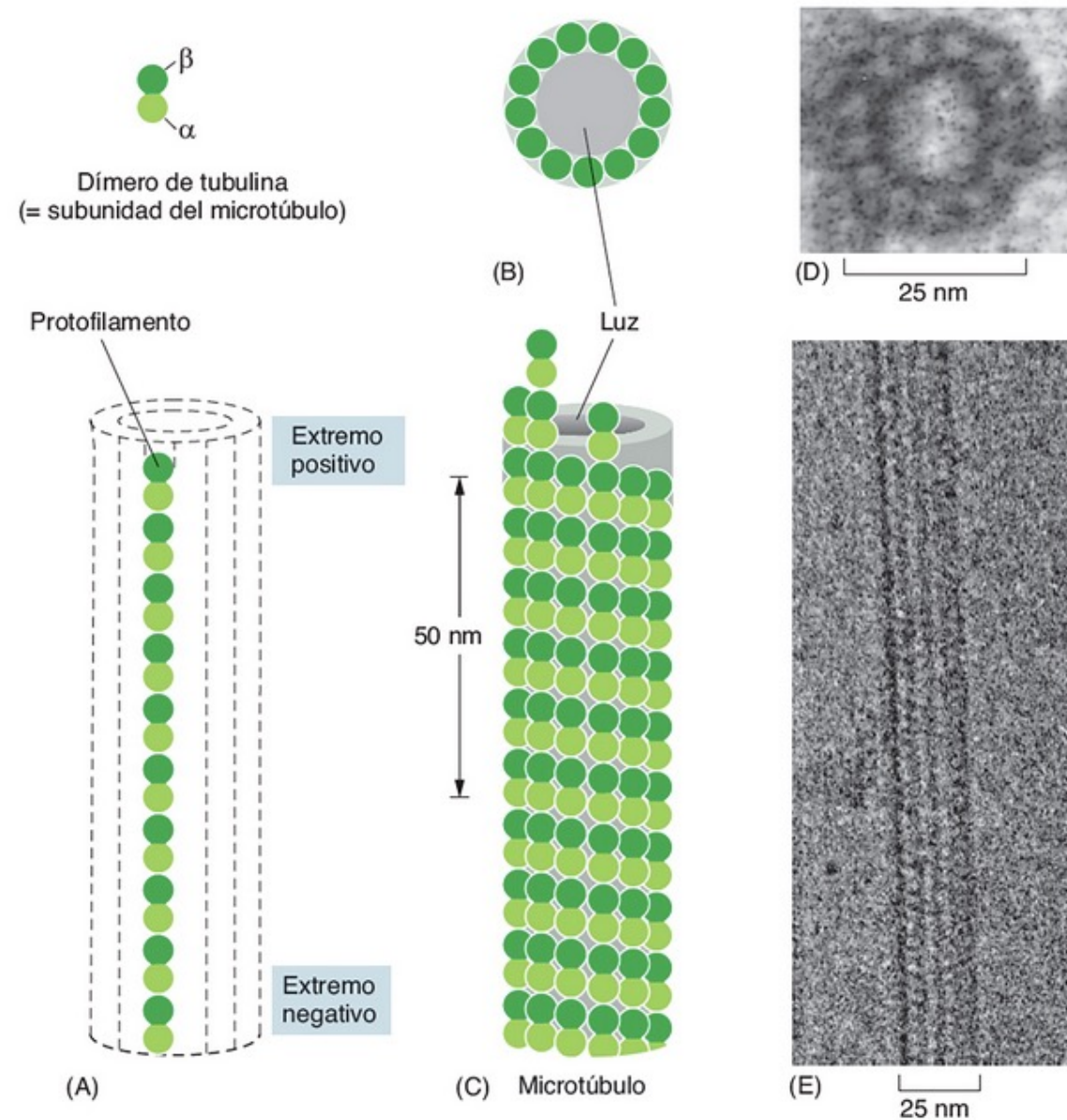


(C) CÉLULA EN DIVISIÓN



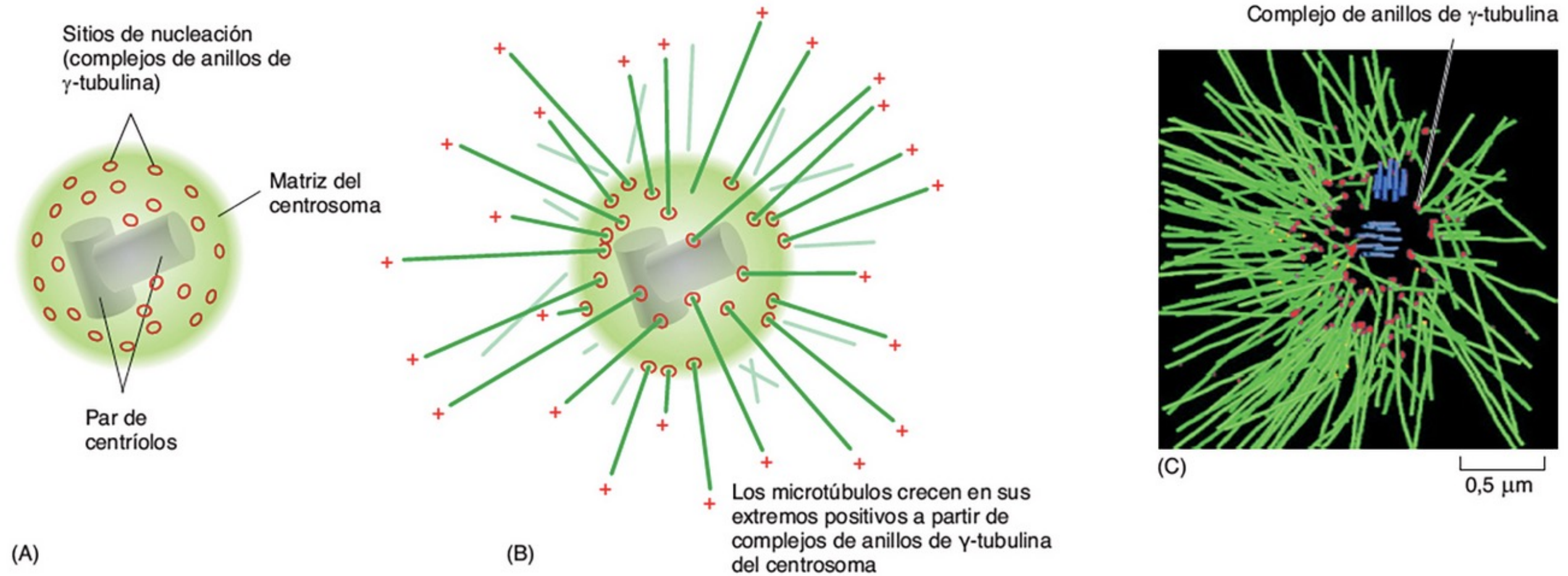
(D) CÉLULA CILIADA

Microtúbulos



Microtúbulos

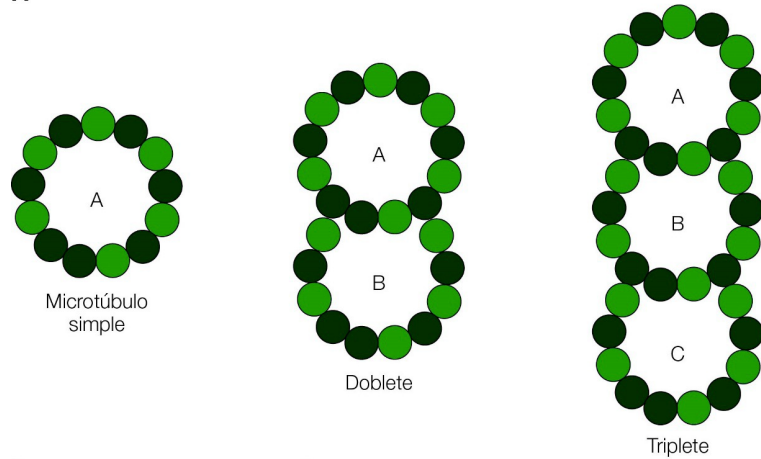
El centrosoma es el principal centro organizador de microtúbulos



Microtúbulos

Los centriolos están constituidos por 9 tripletes de microtúbulos

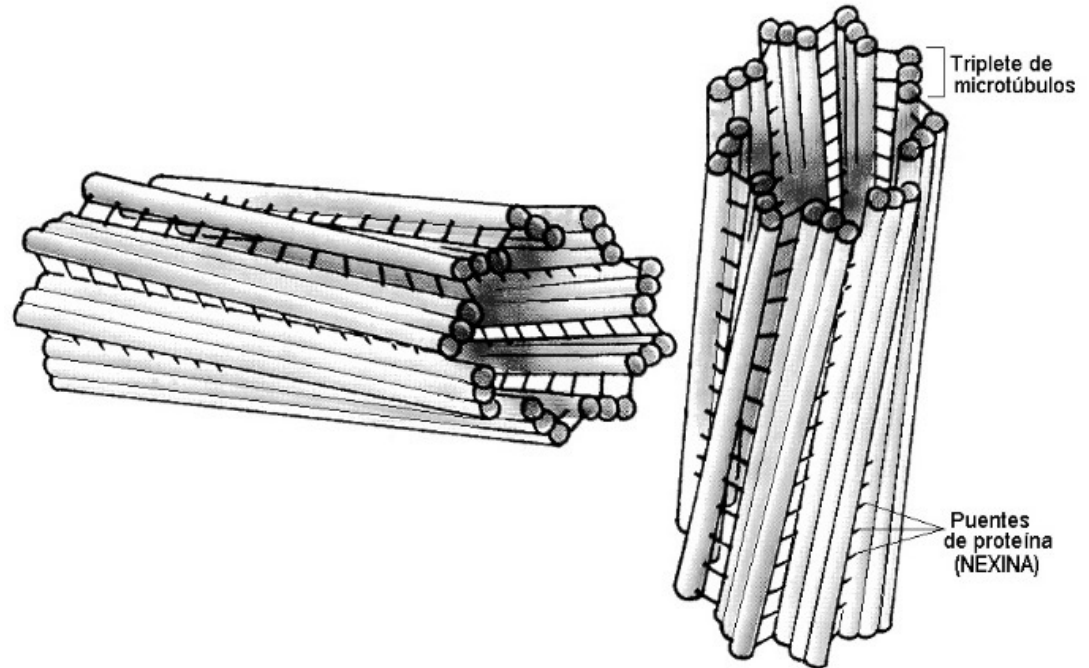
A



B



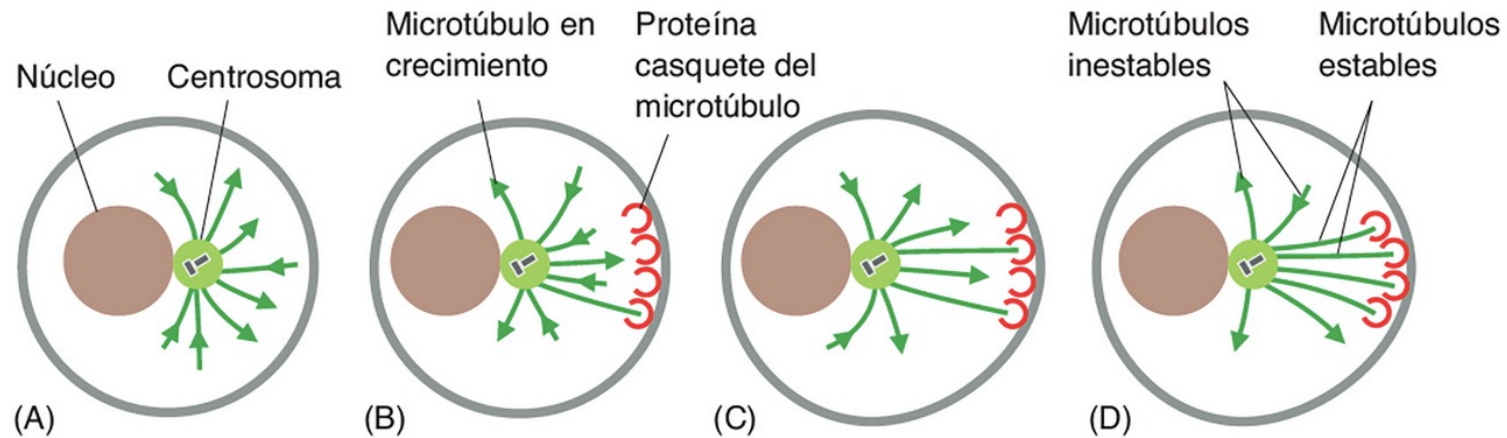
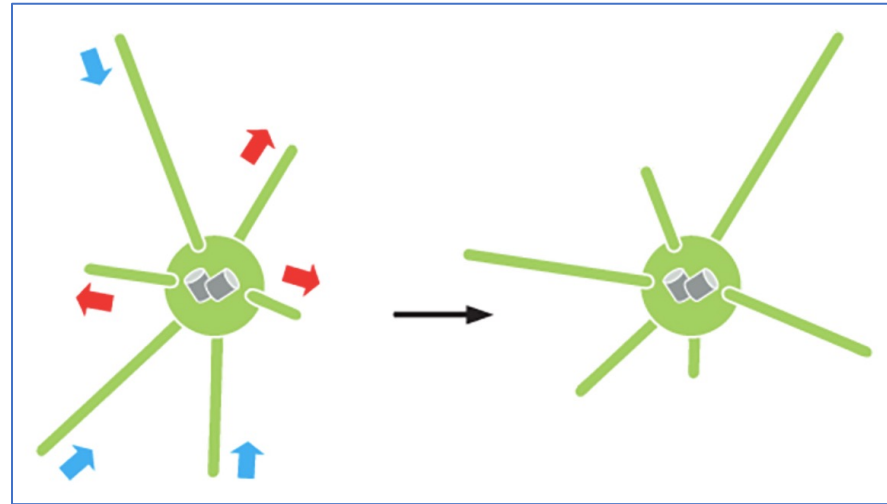
C



No son nucleadores de microtúbulos

Microtúbulos presentan inestabilidad dinámica

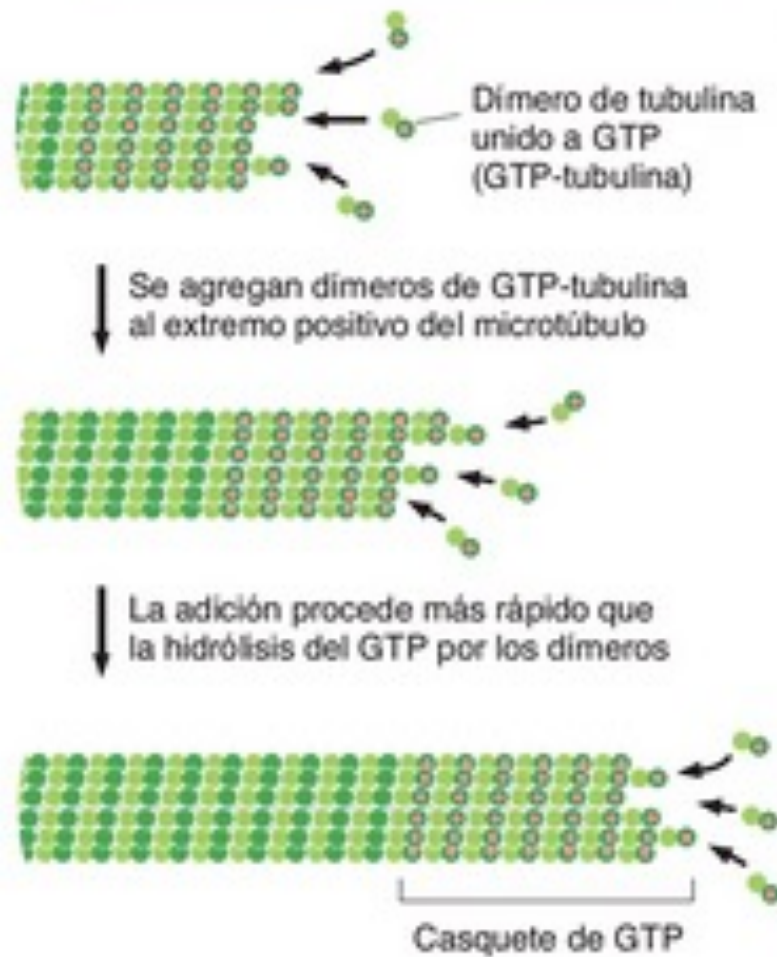
Polimerización y despolimerización: tienen un remodelado rápido



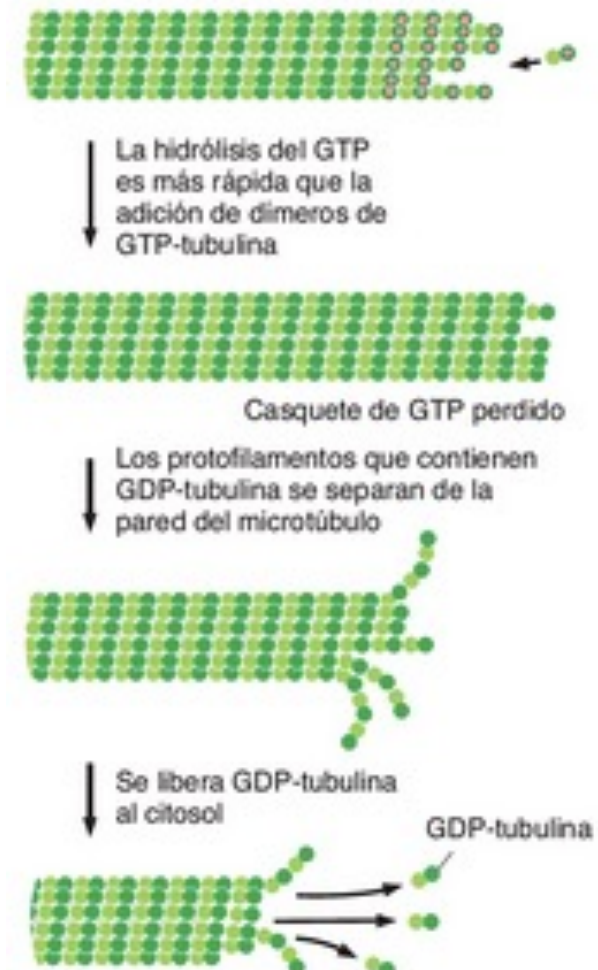
Microtúbulos

La inestabilidad dinámica es impulsada por la hidrólisis de GTP

(A) MICROTÚBULO EN CRECIMIENTO

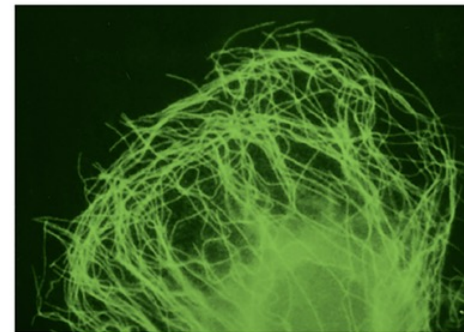
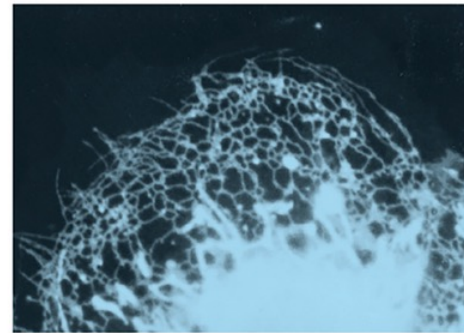
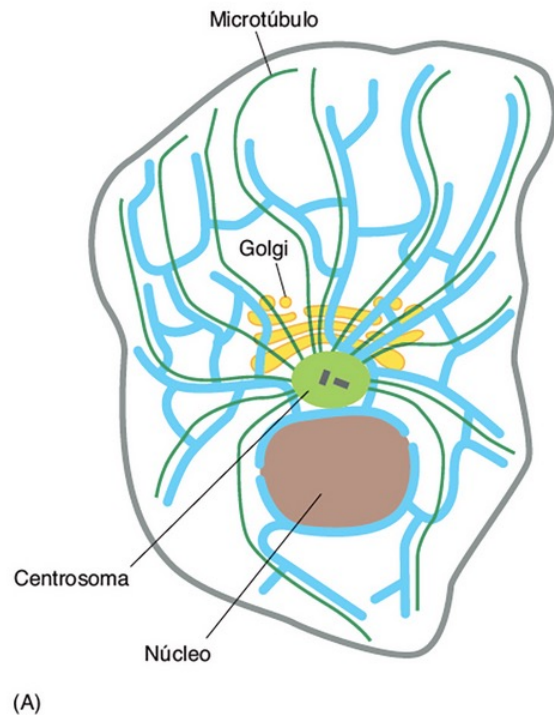


(B) MICROTÚBULO EN RETRACCIÓN

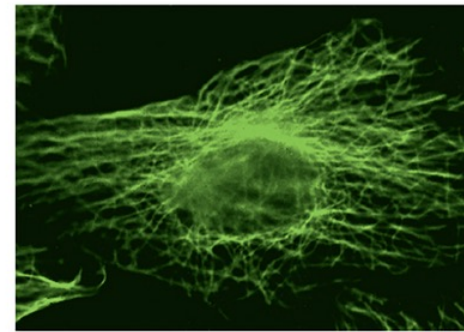
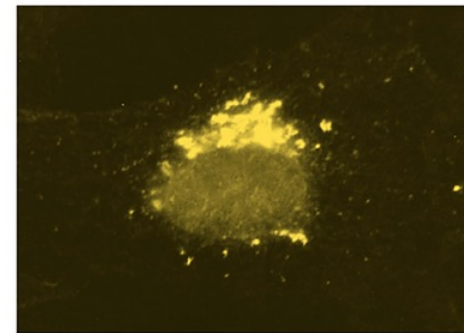


Microtúbulos: funciones

1. Papel fundamental en división celular: desensamblado y reensamblado en **huso mitótico**
2. **Organizar** el interior de la célula:
 - Mantienen la forma celular
 - Células polarizadas
 - Determinan la posición de los orgánulos en el citoplasma (RE-cinesinas, Golgi-dineínas)
3. Facilitan el **movimiento** celular
4. **Transporte** intracelular de proteínas y orgánulos



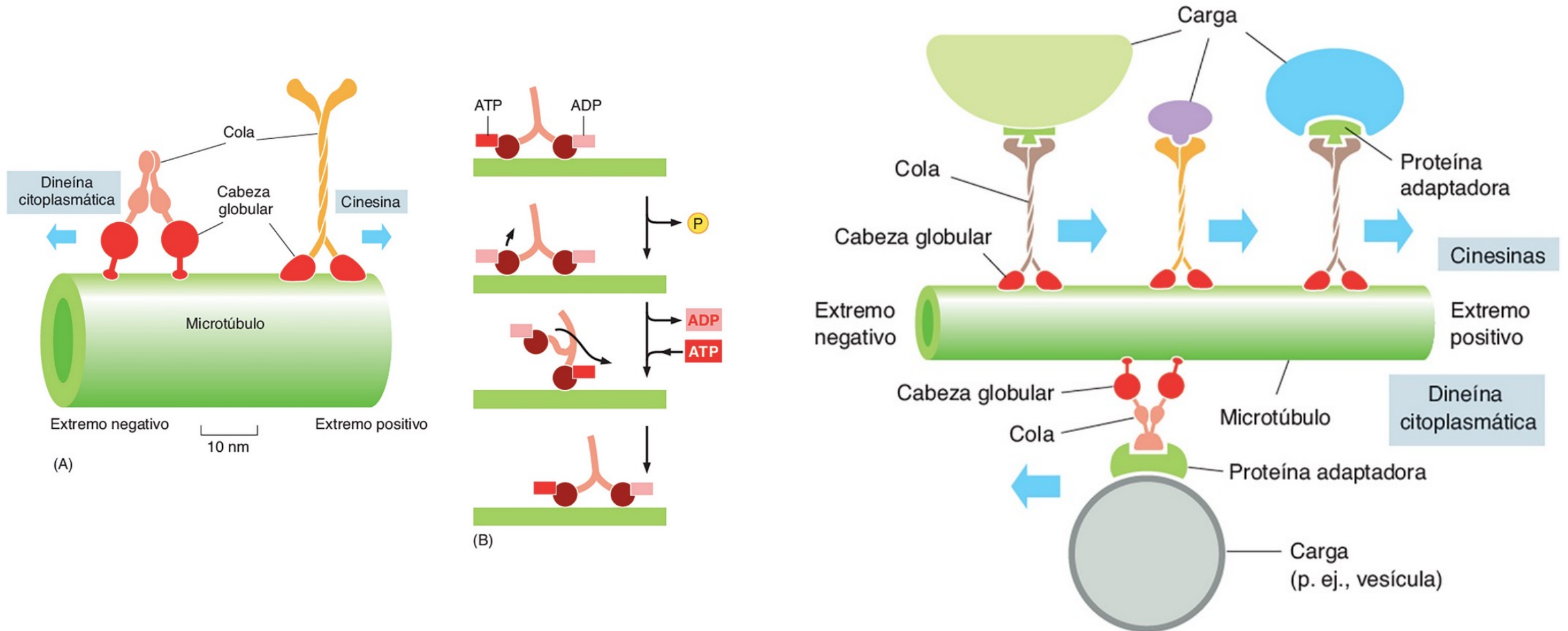
10 μ m



(C)

Microtúbulos: funciones

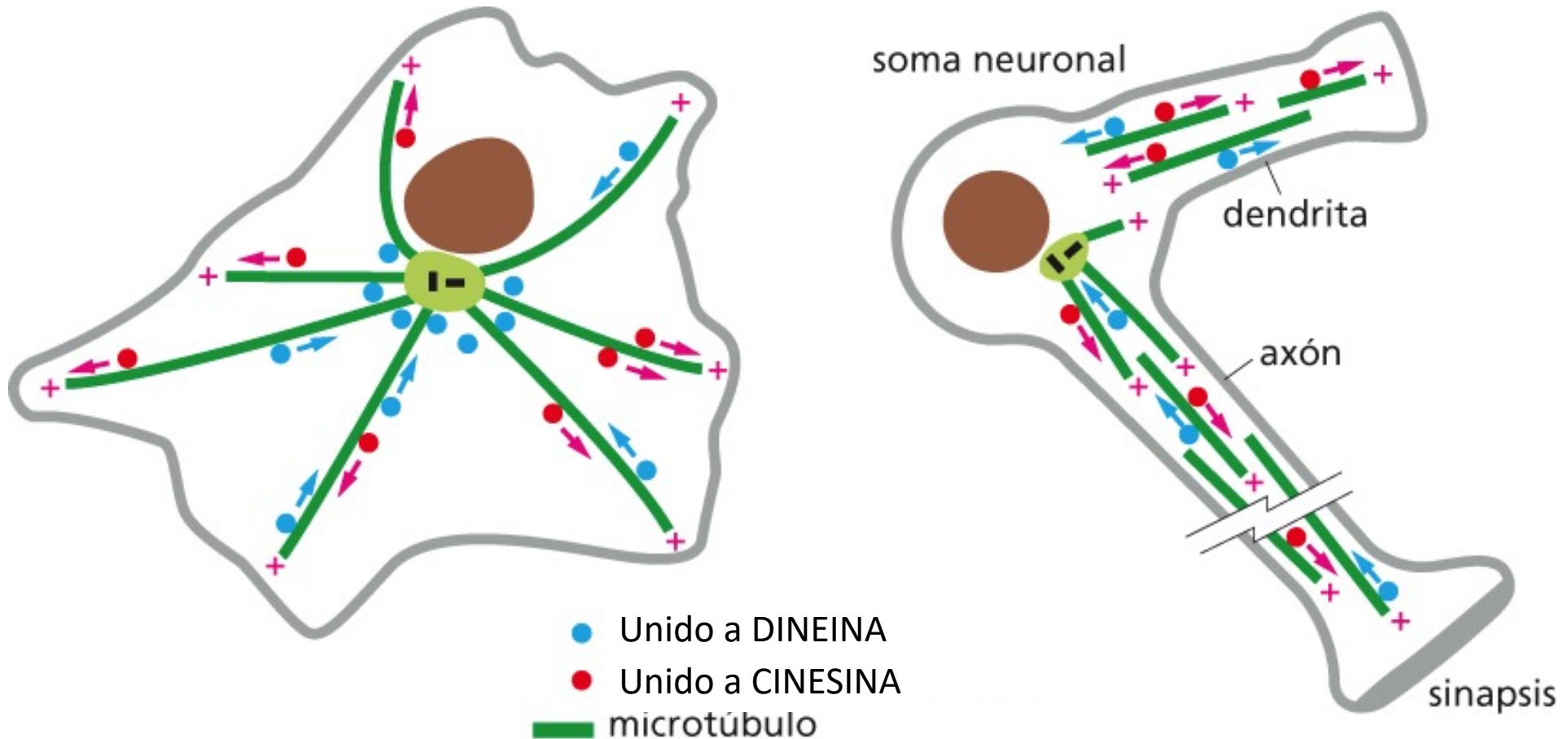
Las proteínas motoras impulsan el transporte **INTRACELULAR**



Posición de los orgánulos en el citoplasma (RE-cinesinas, Golgi-dineínas)

Microtúbulos: funciones

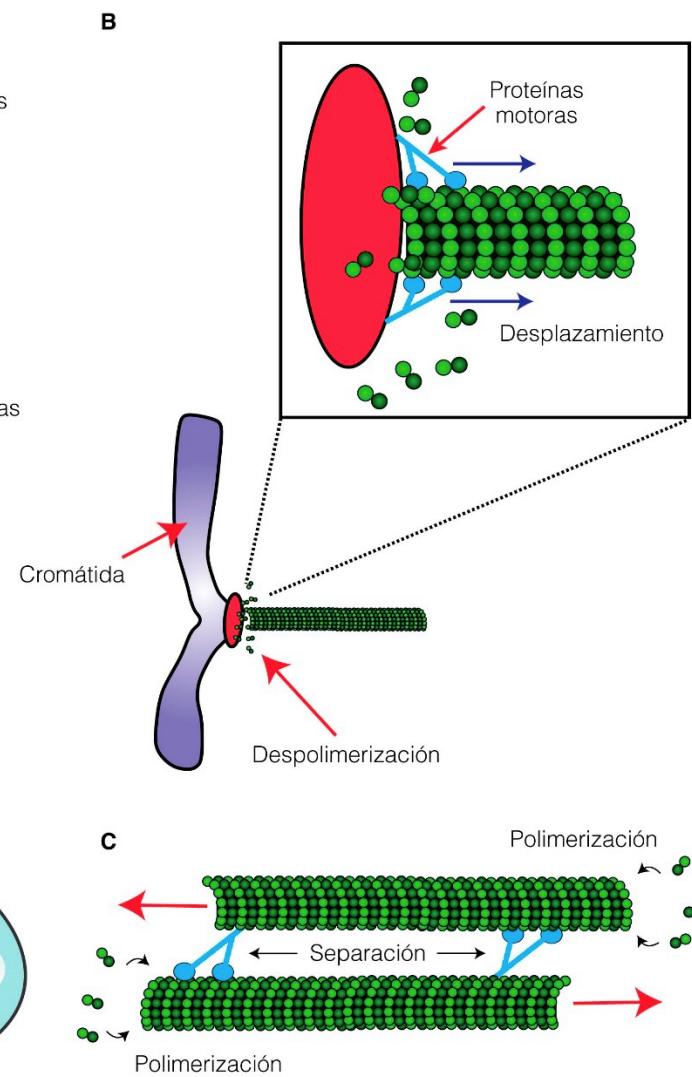
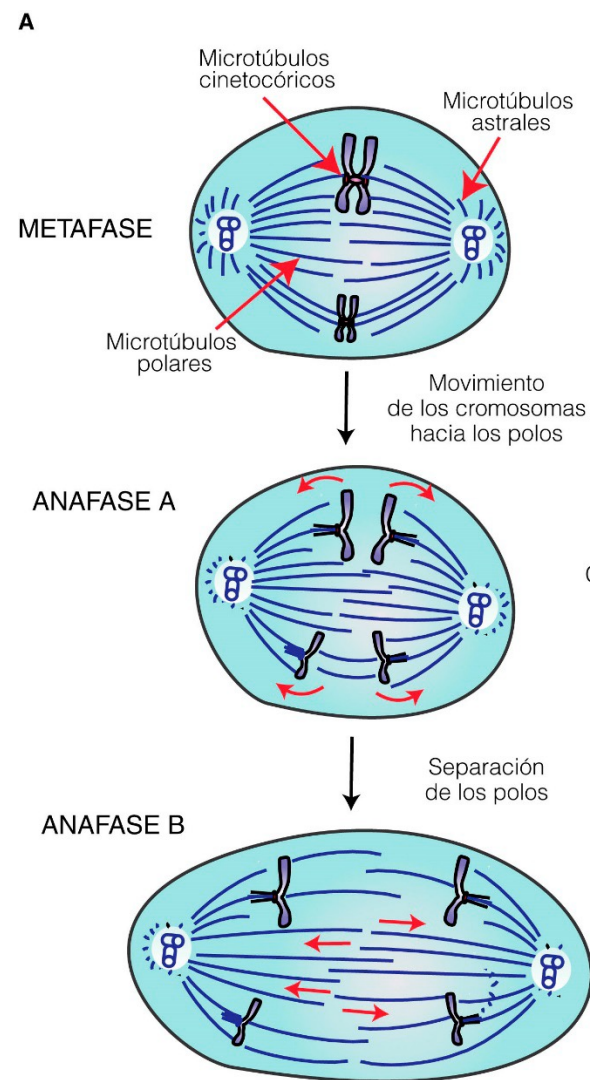
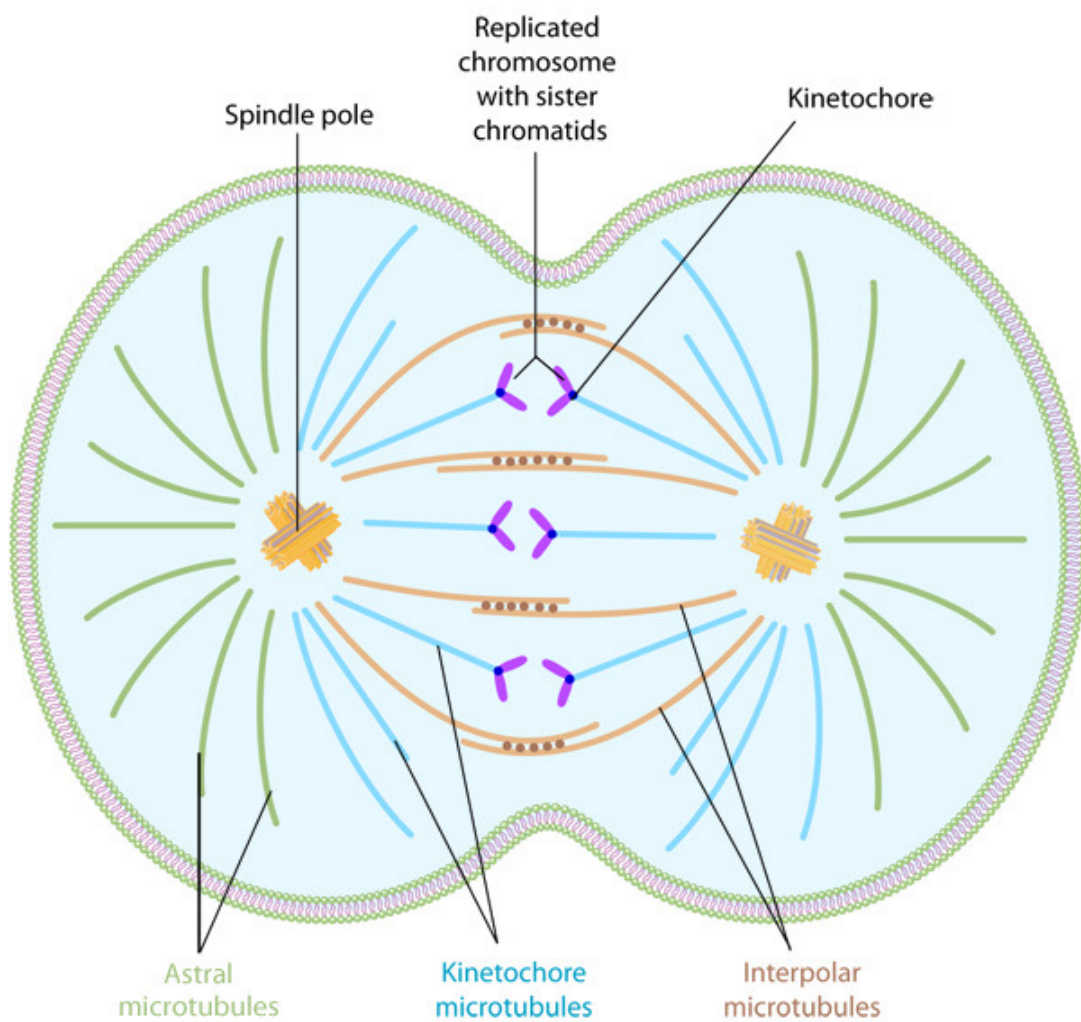
Las proteínas motoras impulsan el transporte **INTRACELULAR**



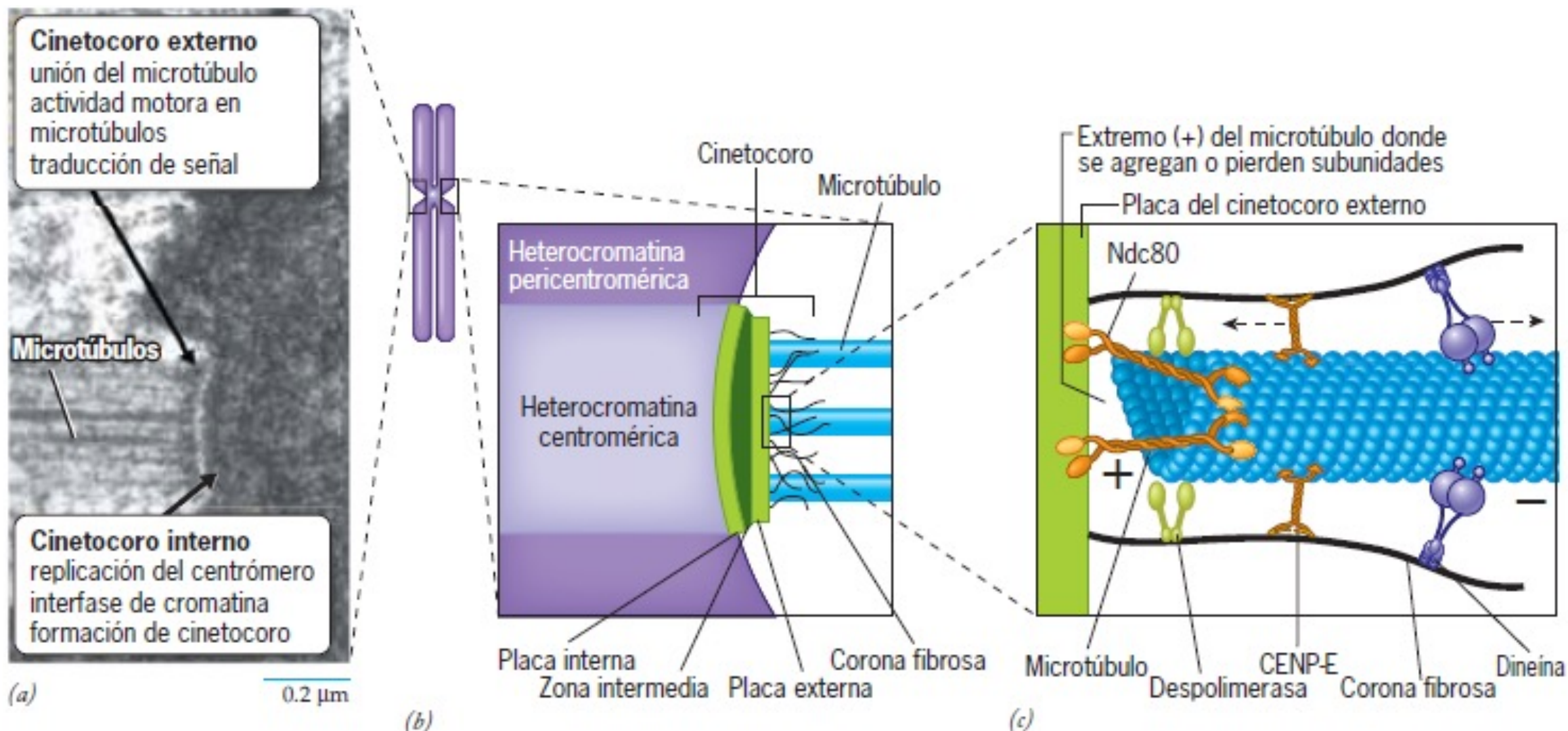
(A) FIBROBLASTO

(B) NEURONA

Microtúbulos: funciones

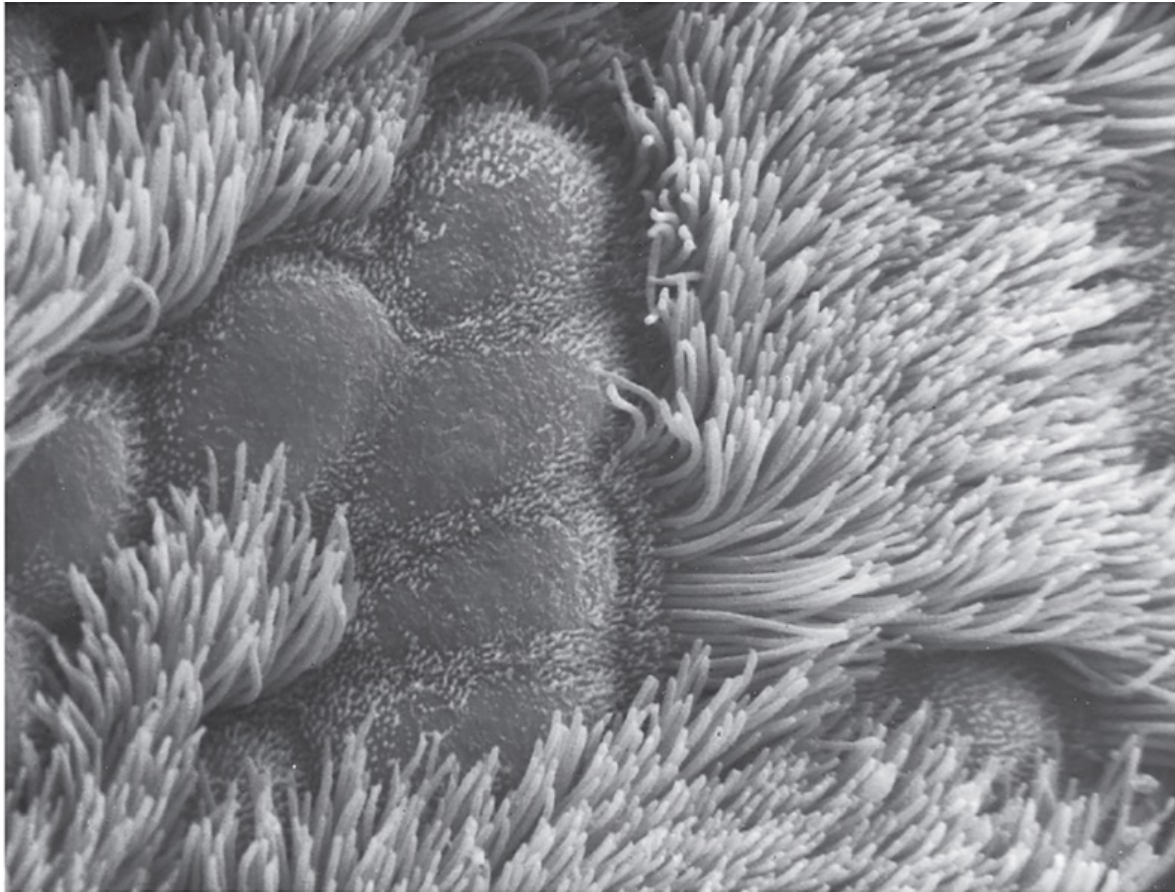


Microtúbulos: funciones

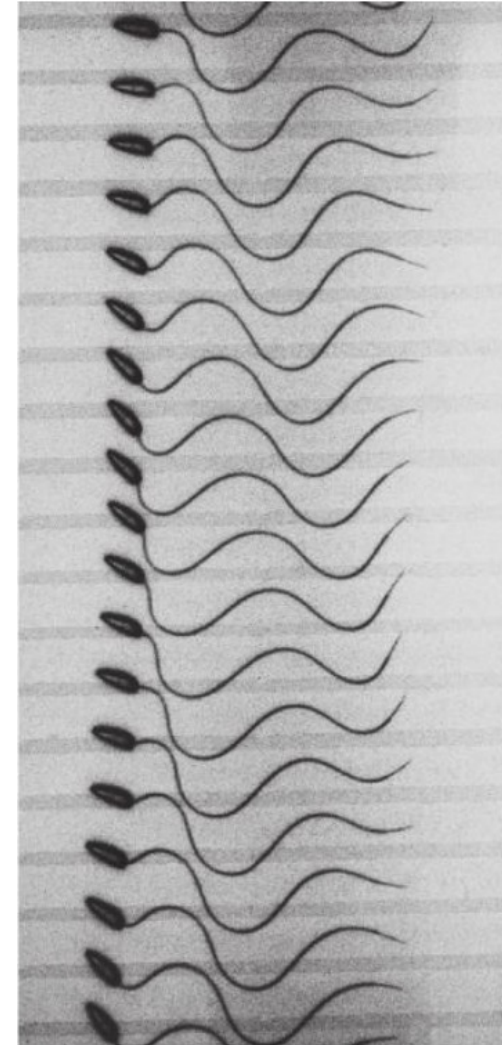


Microtúbulos: cilios y flagelos

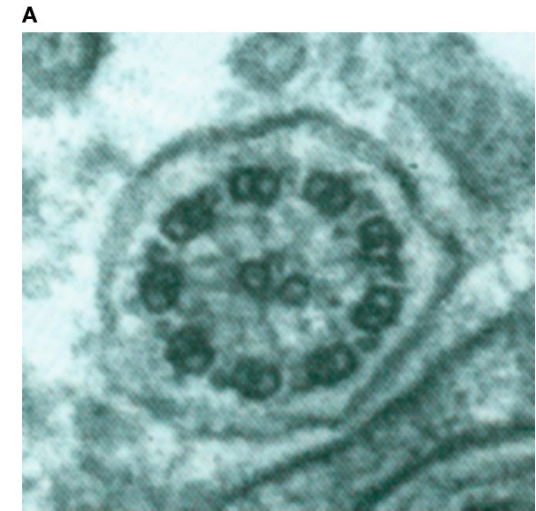
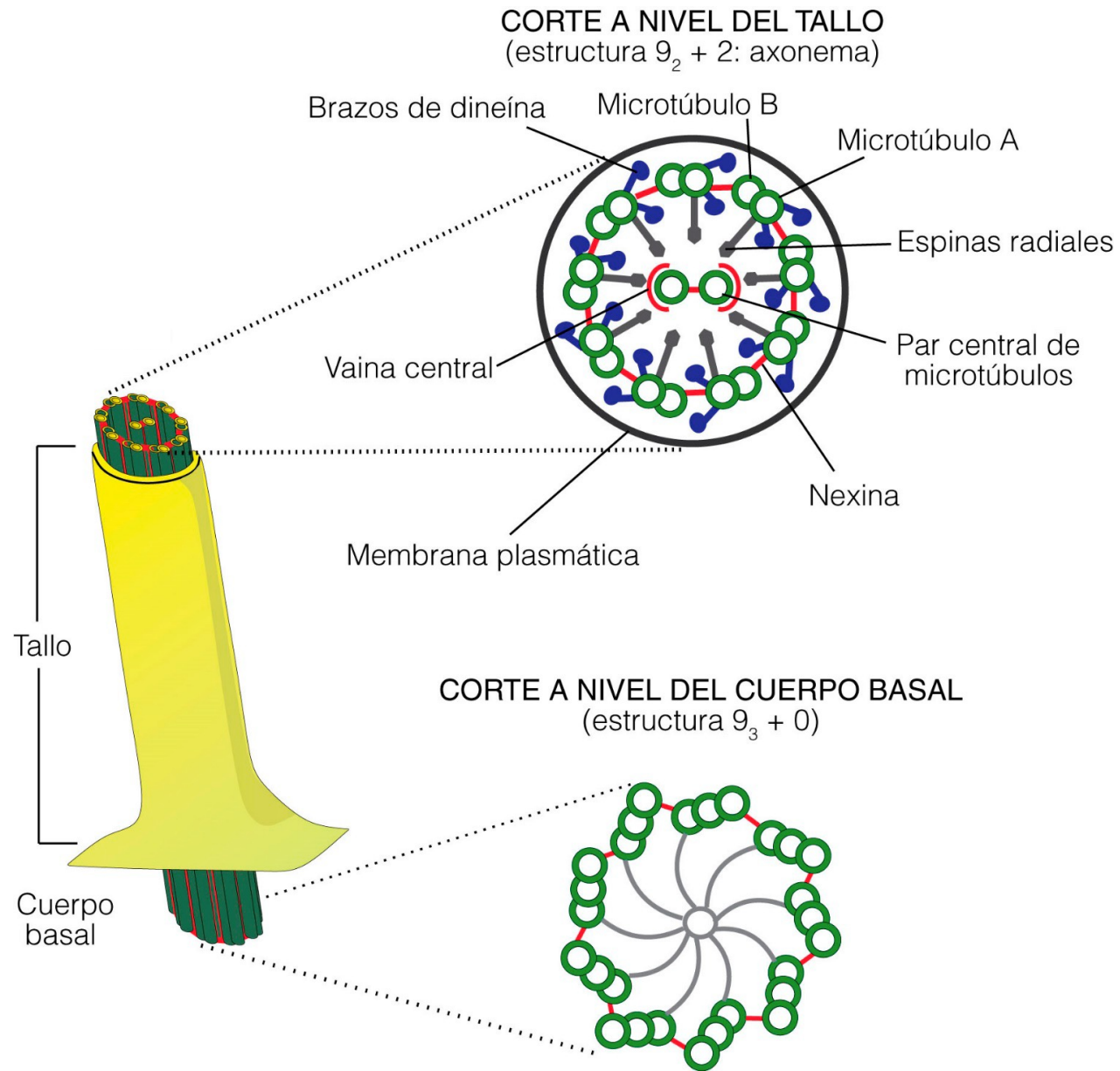
Los cilios y los flagelos contienen microtúbulos estables movidos por DINEÍNA



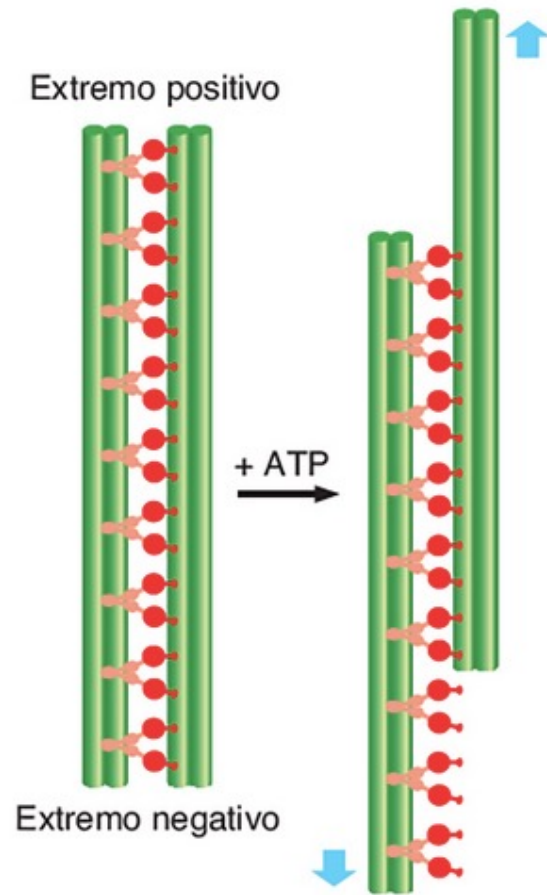
5 μm



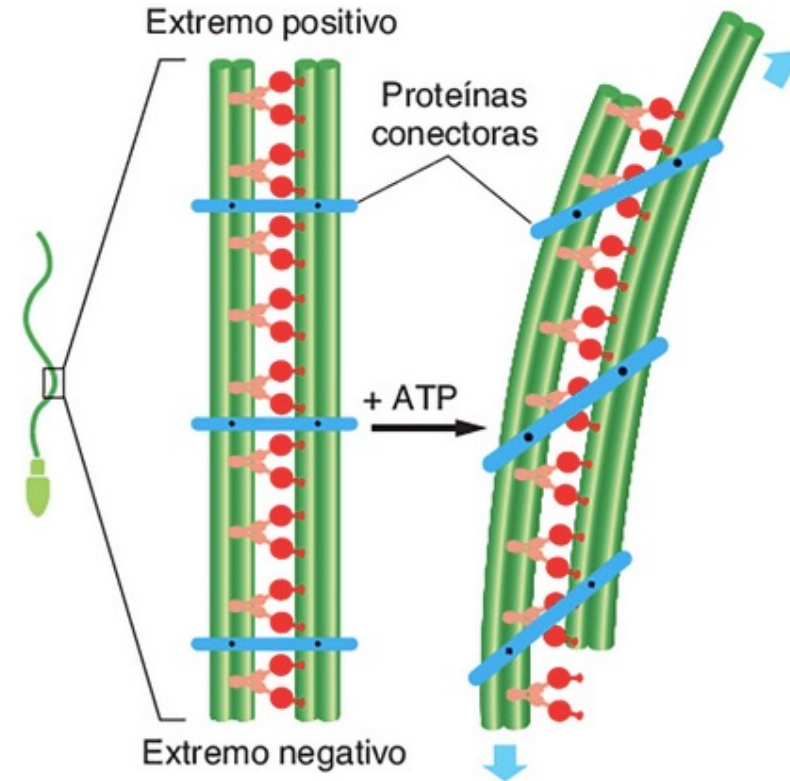
Microtúbulos: cilios y flagelos



Microtúbulos: cilios y flagelos



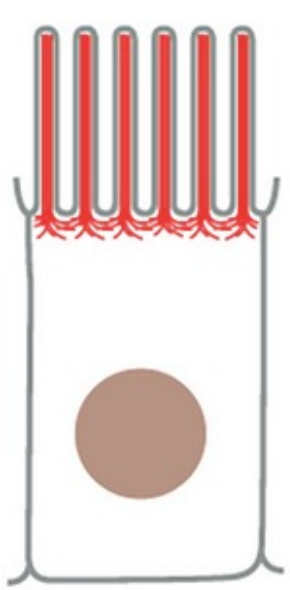
(A) EN UN DOBLETE DE MICROTÚBULOS AISLADO, LA DINEÍNA PRODUCE DESLIZAMIENTO DE LOS MICROTÚBULOS



(B) EN UN FLAGELO NORMAL, LA DINEÍNA CAUSA INCURVACIÓN DE LOS MICROTÚBULOS

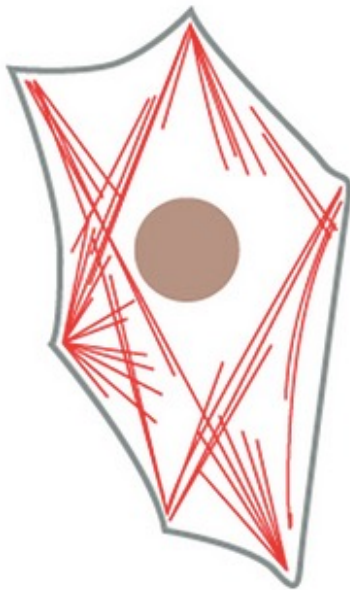
Filamentos de actina

- Microfilamentos
- Forma filamentos delgados y flexibles de **7nm** de diámetro y varios micrómetros de longitud.
- Se organizan formando redes o haces
- Se asocian a otras proteínas para crear formas celulares estables



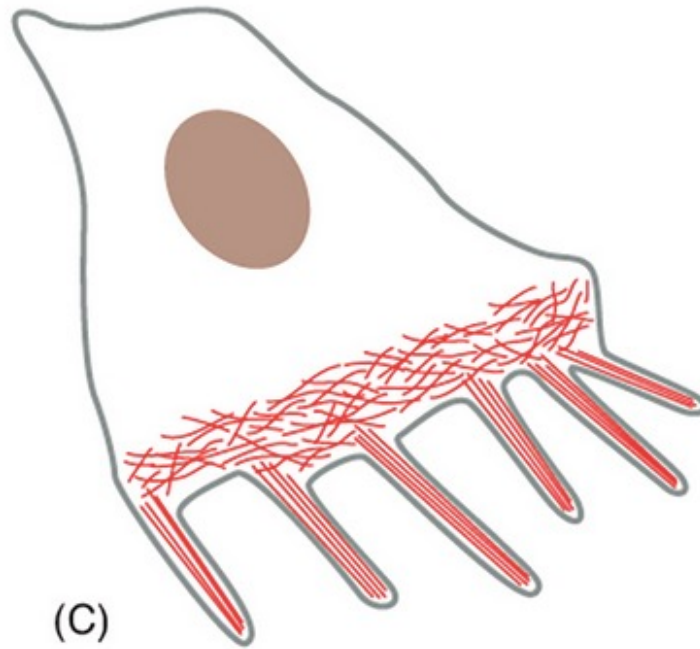
(A)

Microvellosidades



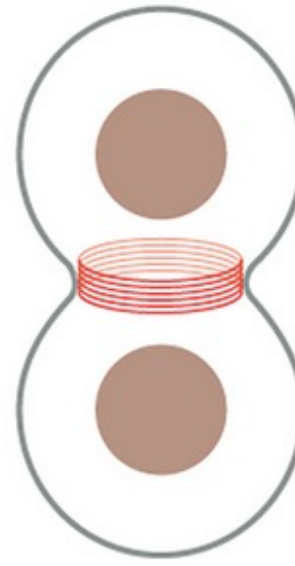
(B)

Haces contráctiles citoplasmáticos



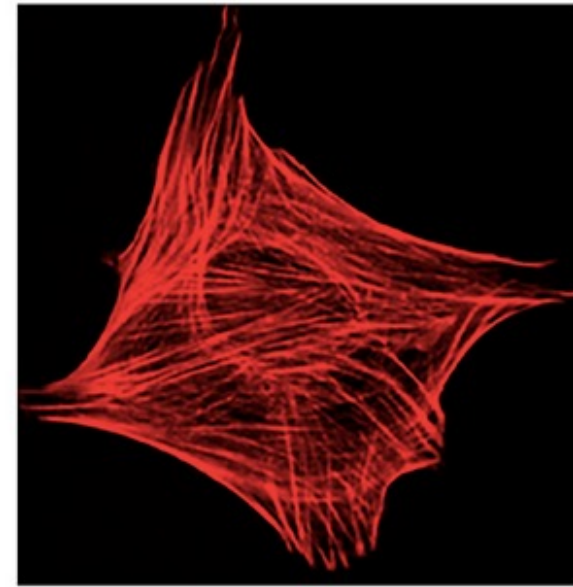
(C)

Filopodios



(D)

Anillo contráctil

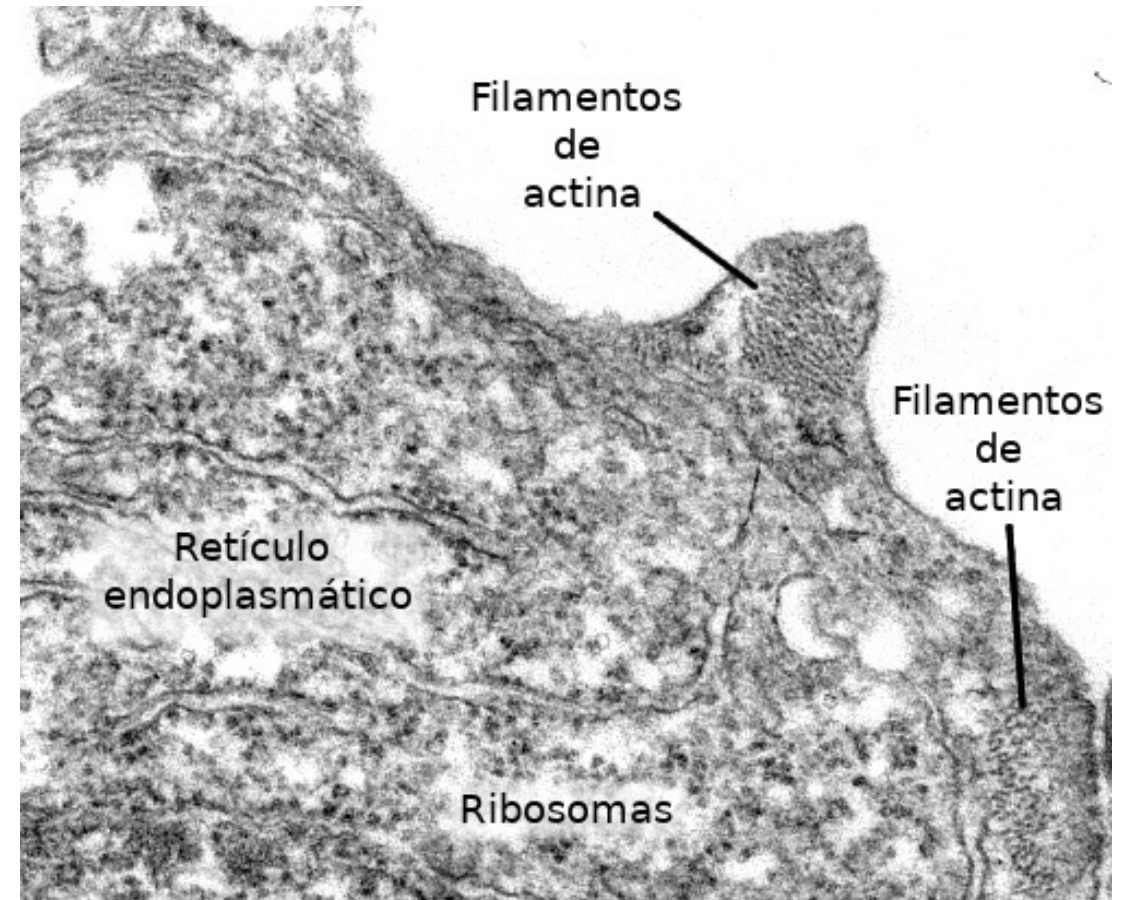
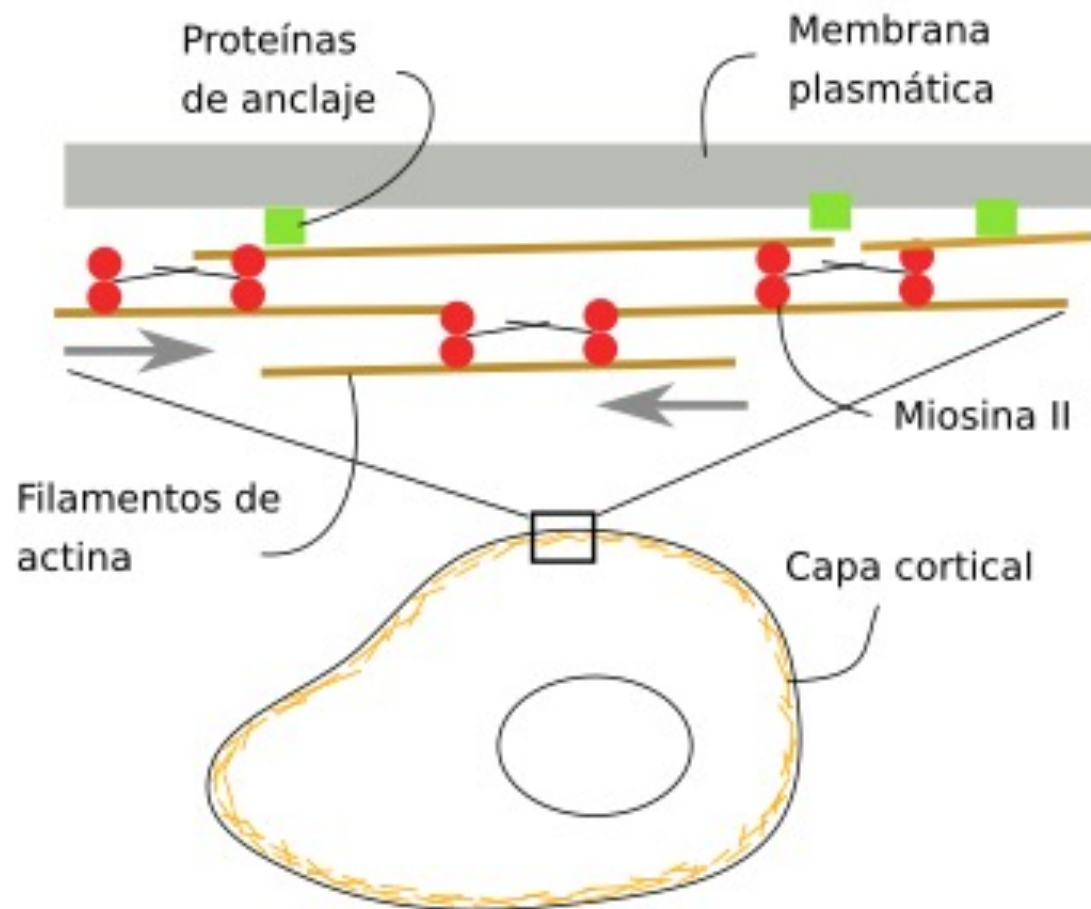


(E)

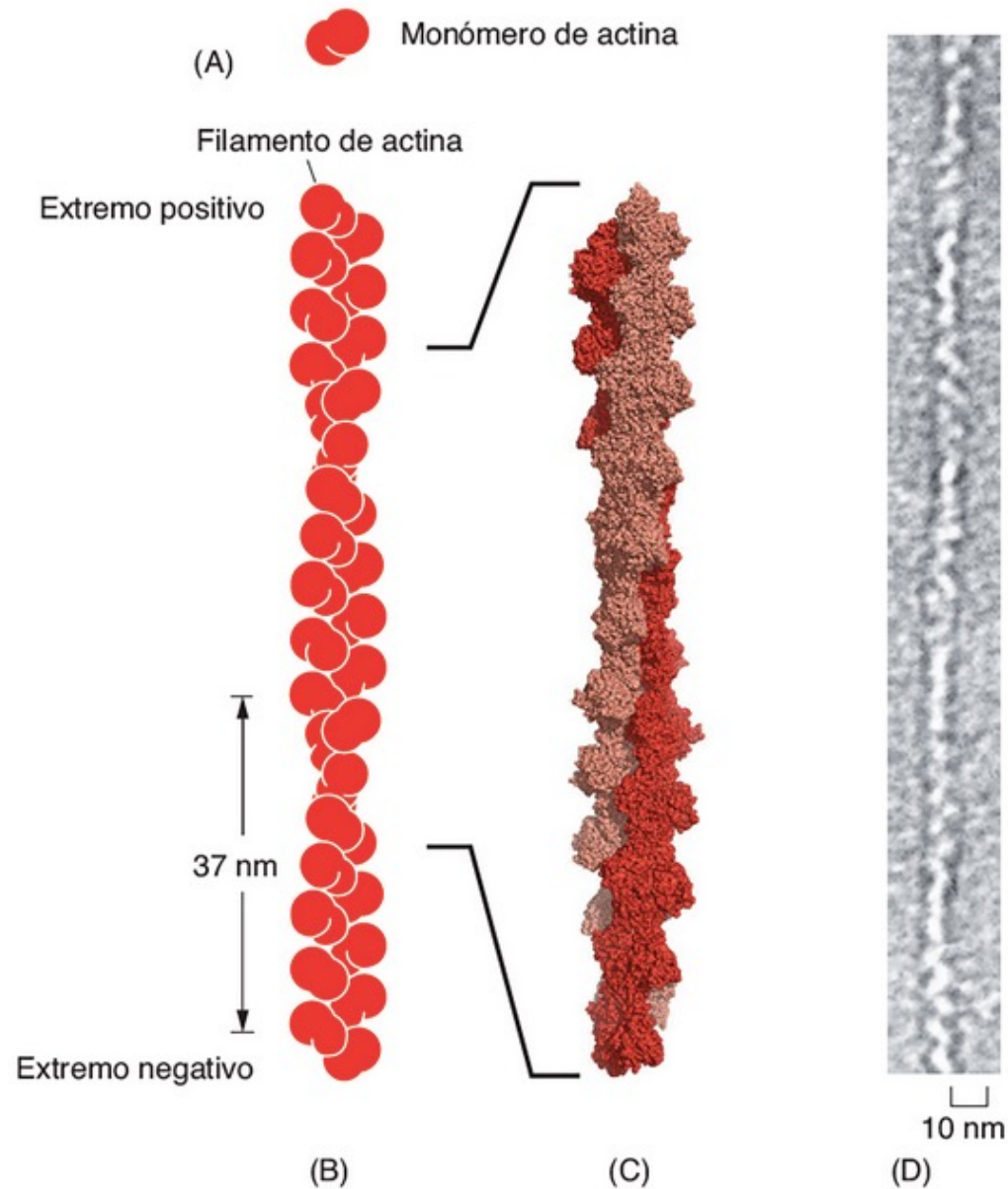
10 μm

Filamentos de actina

Por debajo de la membrana plasmática es frecuente encontrar una corteza rica en filamentos de actina denominada **CORTEZA CELULAR**

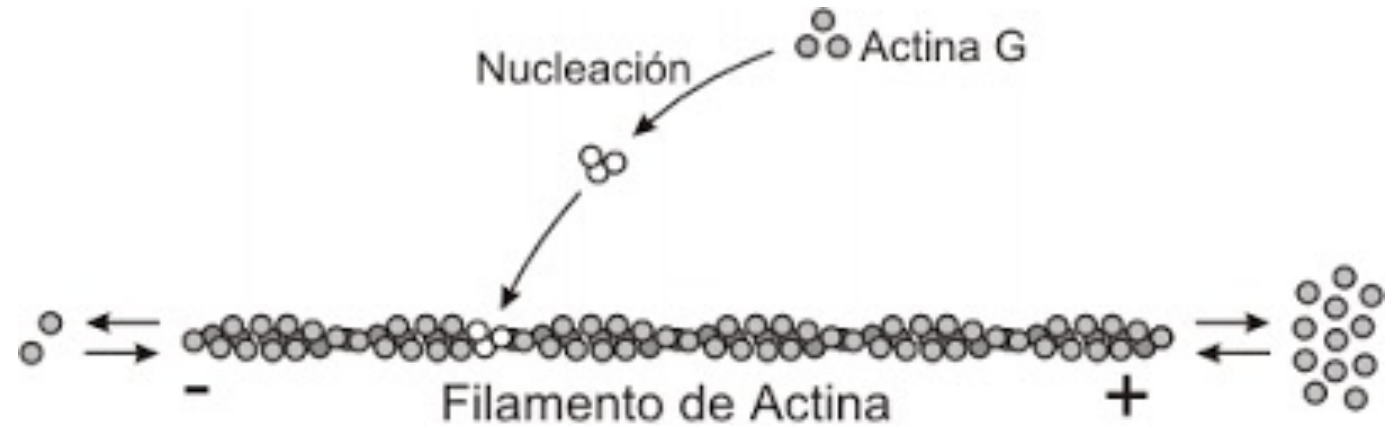
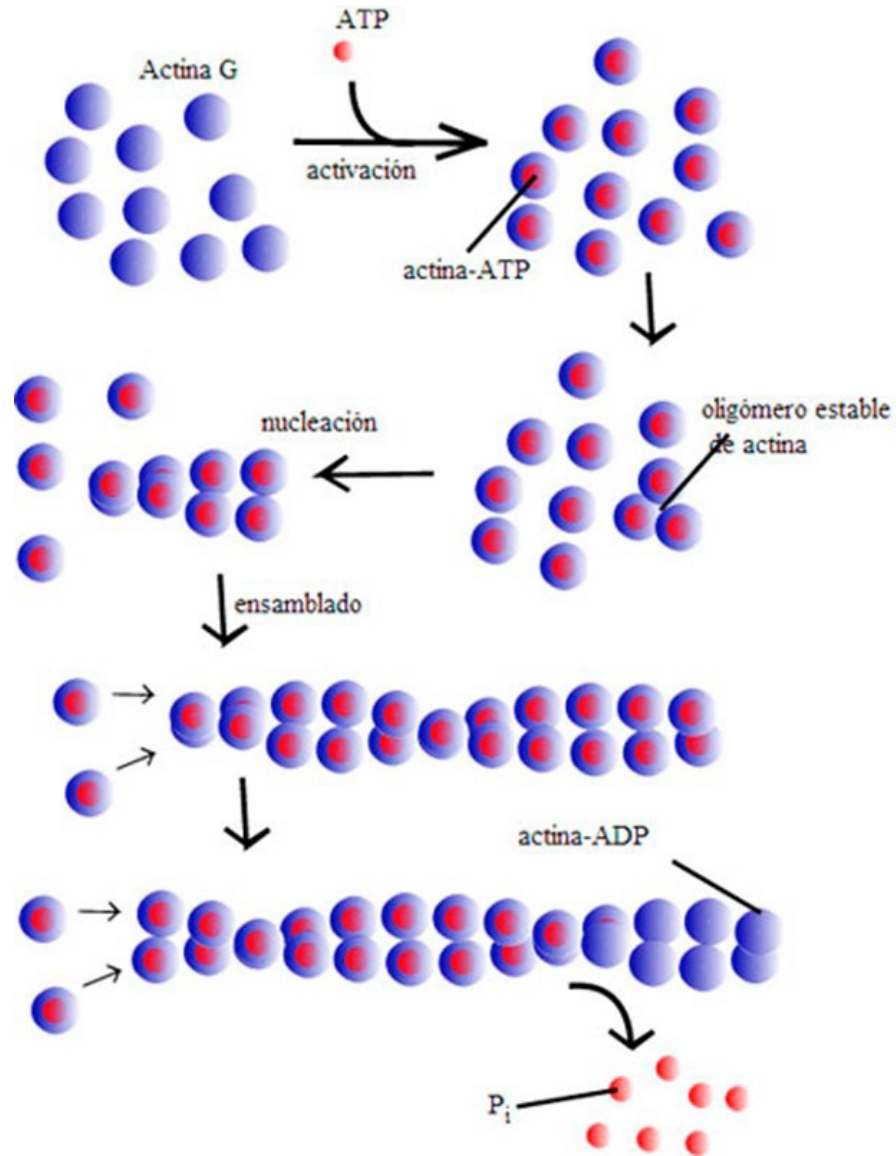


Filamentos de actina



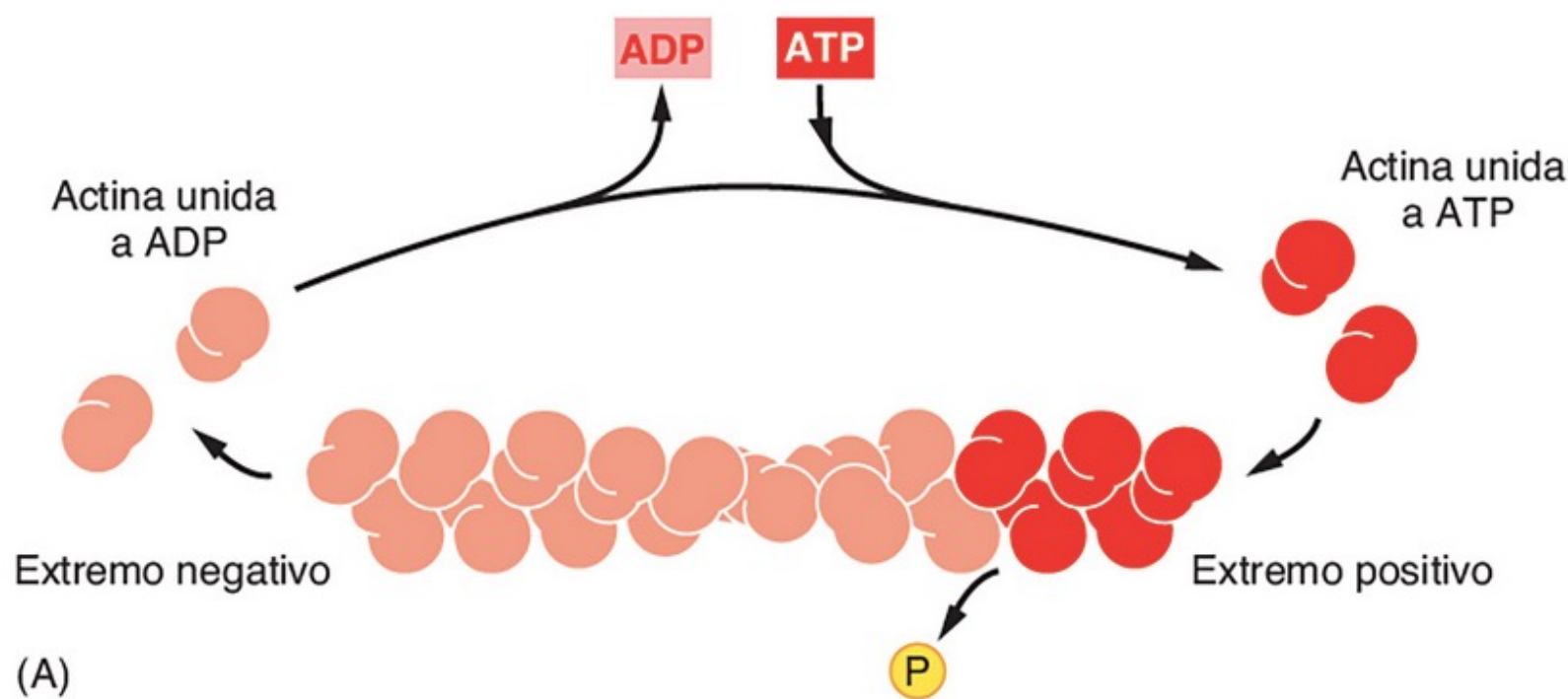
- Monómero de actina: ACTINA G
- Filamentos de actina: ACTINA F
- Polaridad

Filamentos de actina

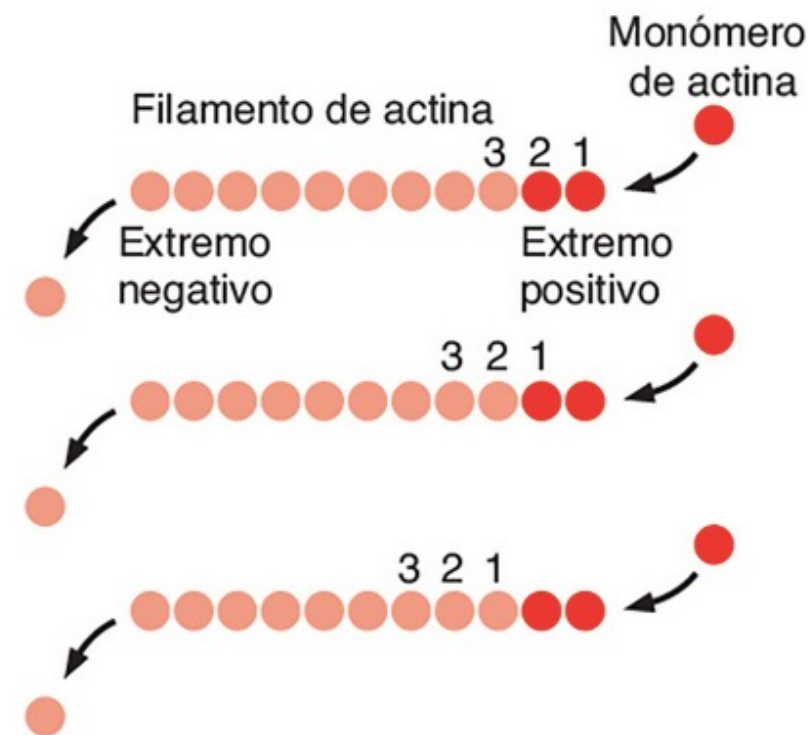


Filamentos de actina

La polimerización es reversible y pueden des-polimerizarse



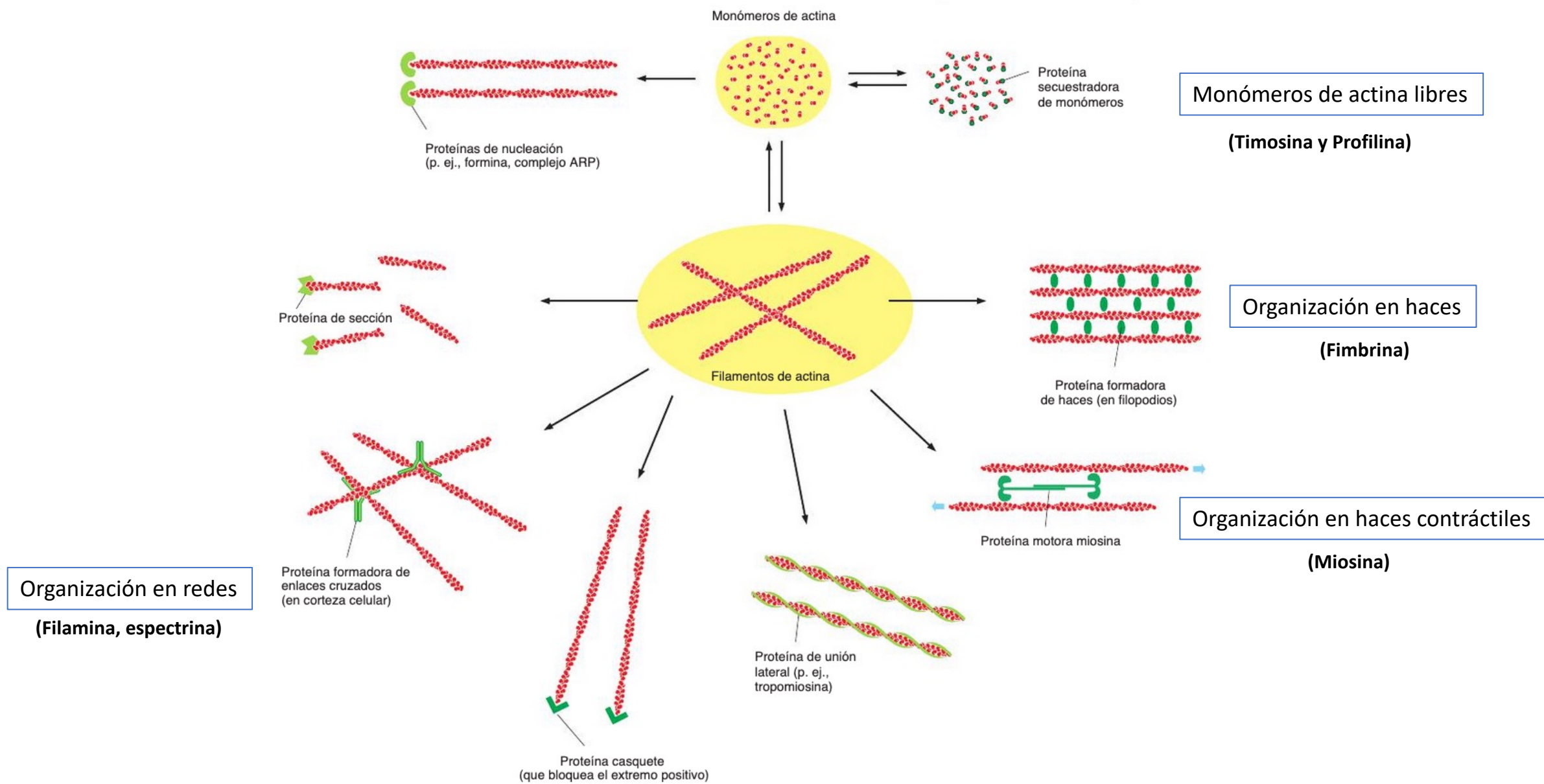
(A)



(B)

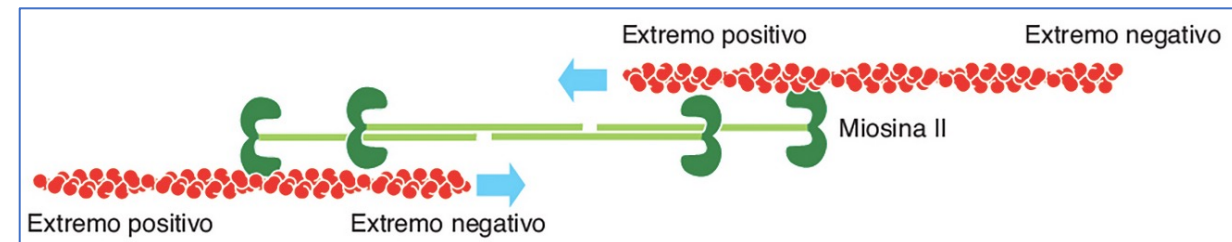
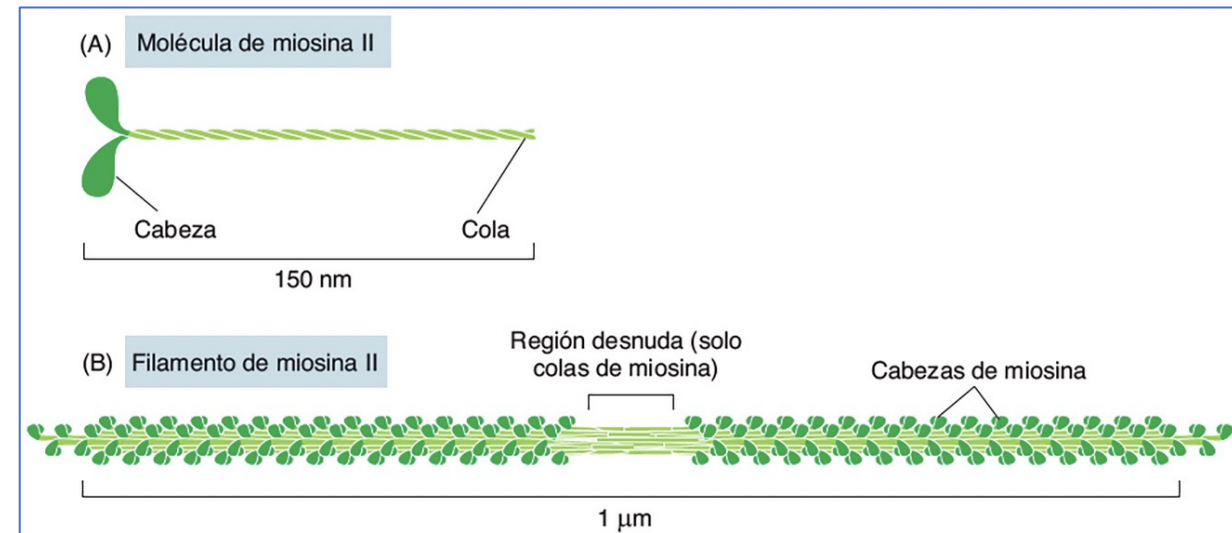
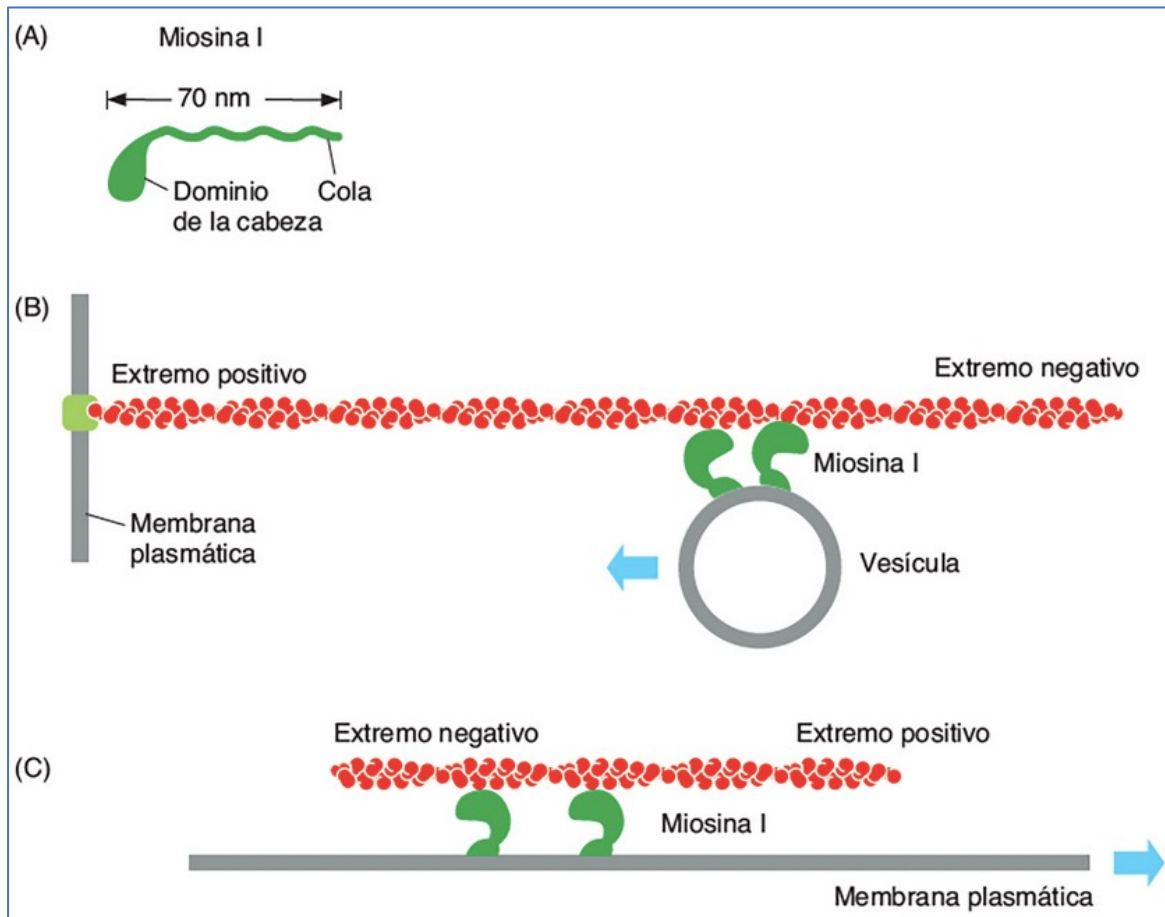
TREADMILLING

Filamentos de actina: numerosas proteínas se unen a la actina y modifican sus propiedades



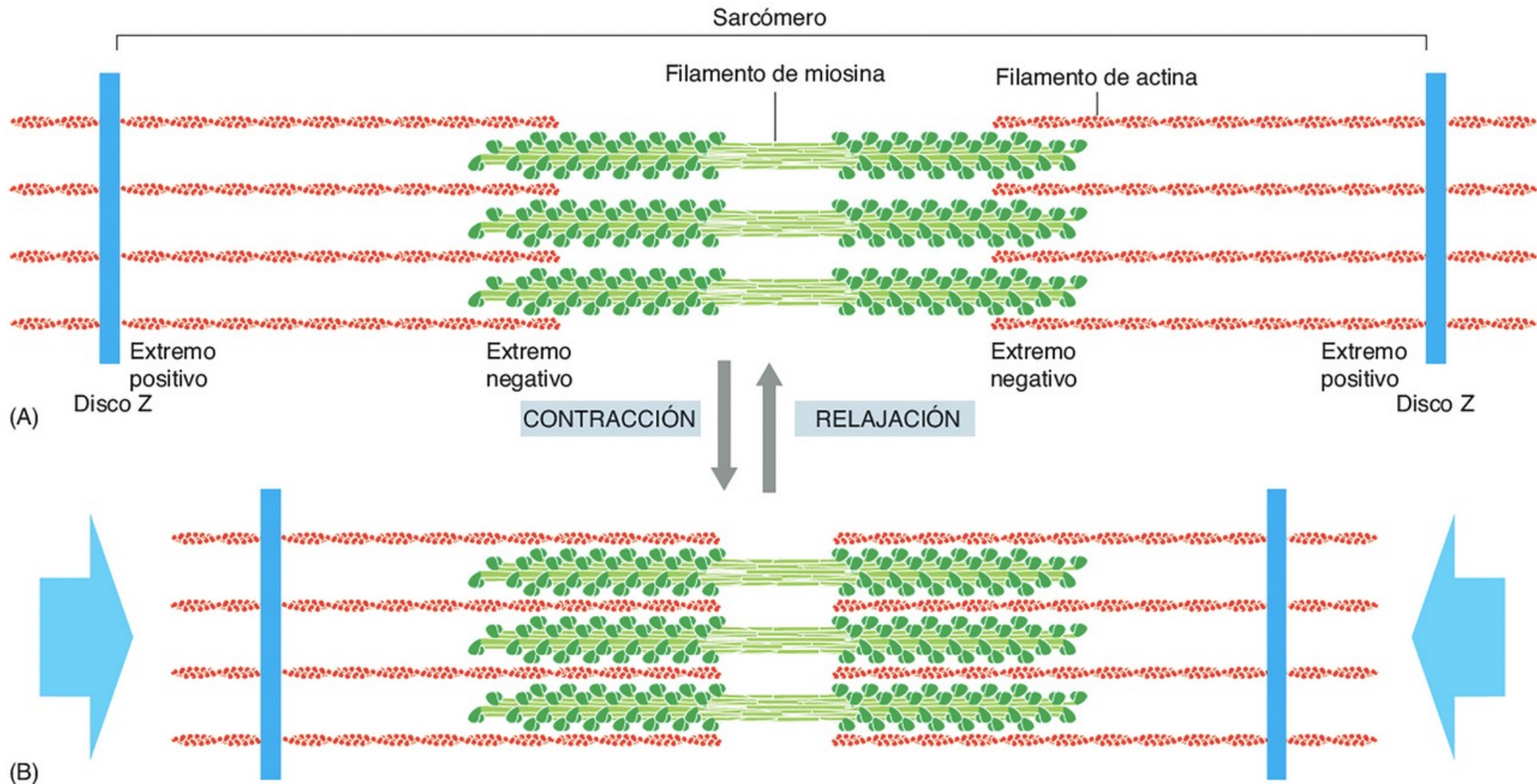
Filamentos de actina: se asocia con la miosina para formar estructuras contráctiles

- Familia de proteínas motoras que hidrolizan ATP
- Miosina I y Miosina II



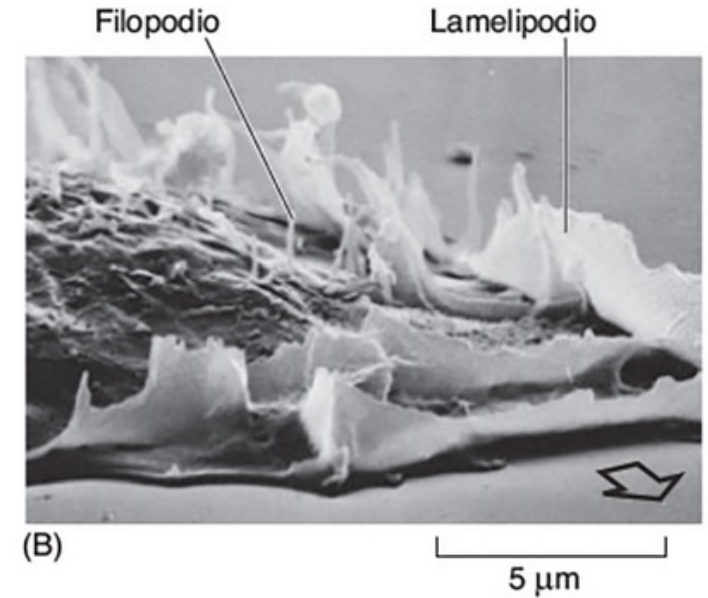
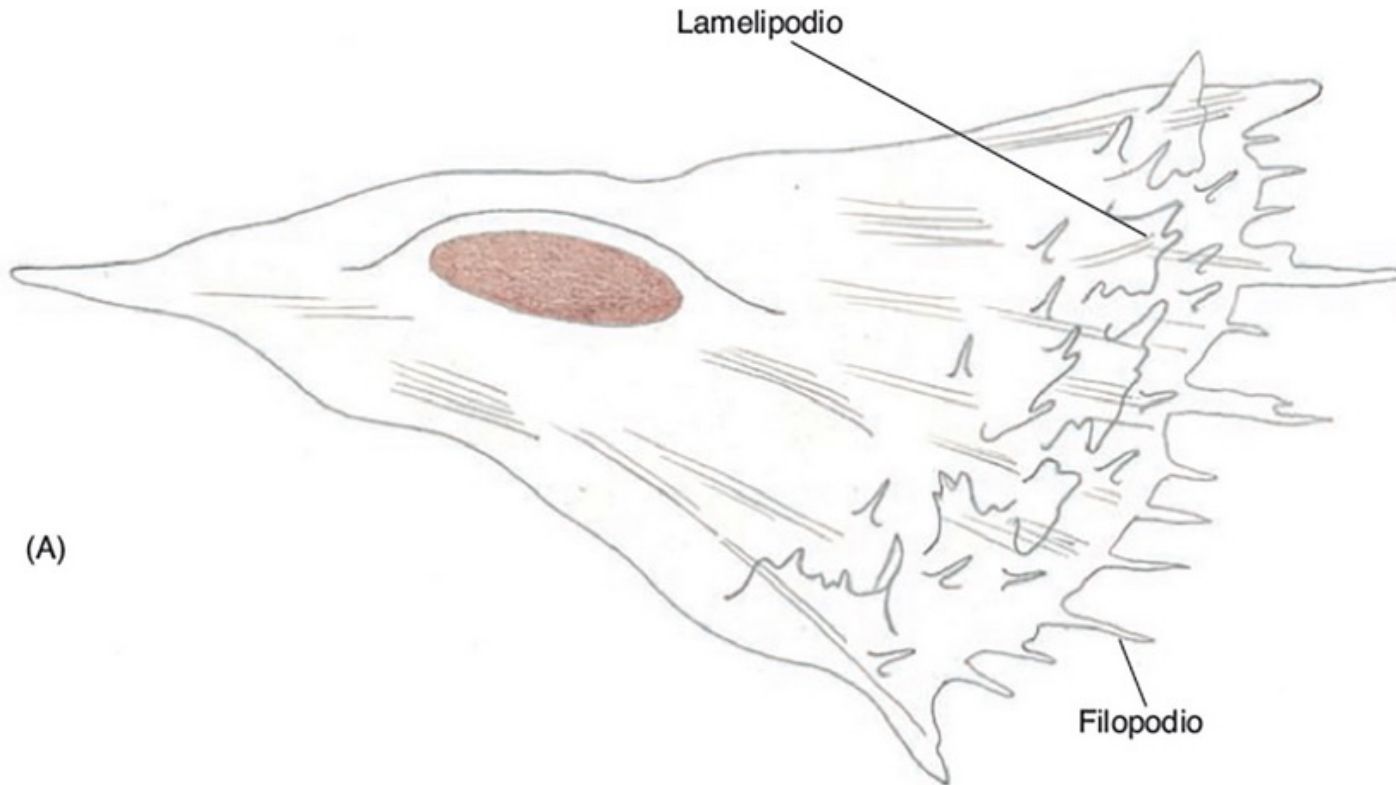
Filamentos de actina: la contracción muscular depende de la interacción actina-miosina II

Los músculos se contraen por un mecanismo de filamentos deslizantes



Filamentos de actina: la reptación celular depende de la actina cortical

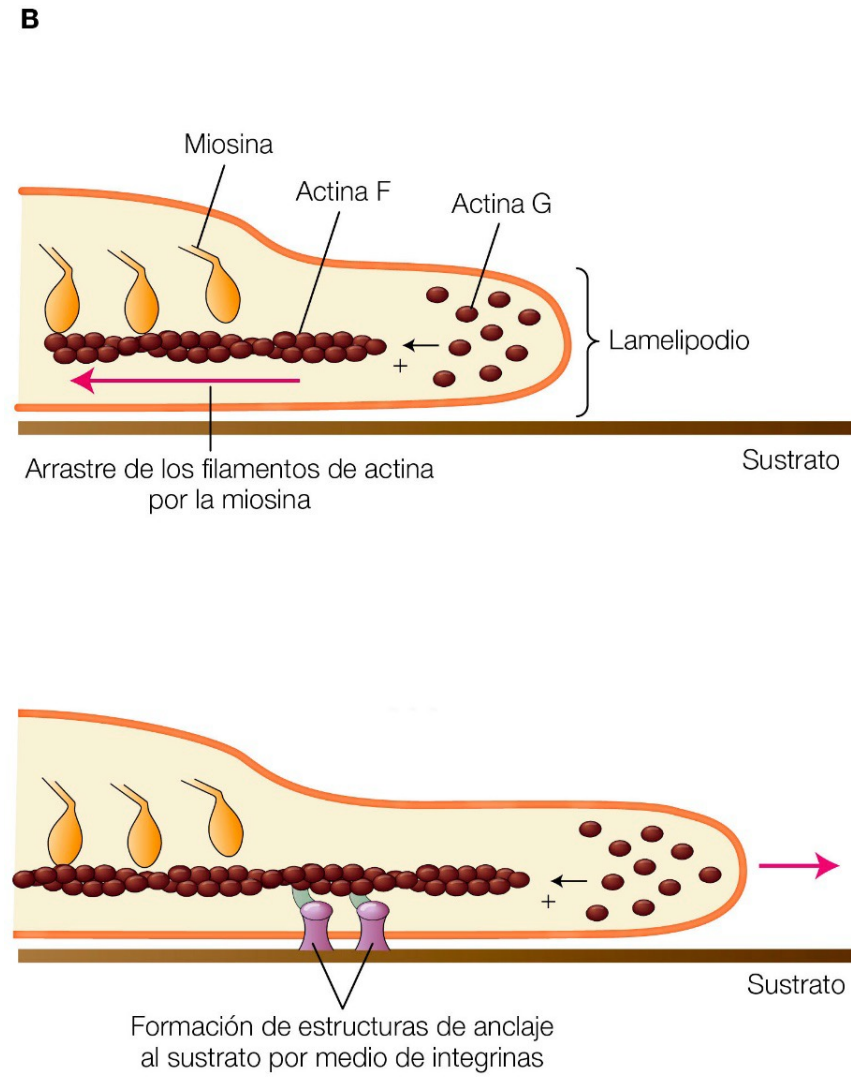
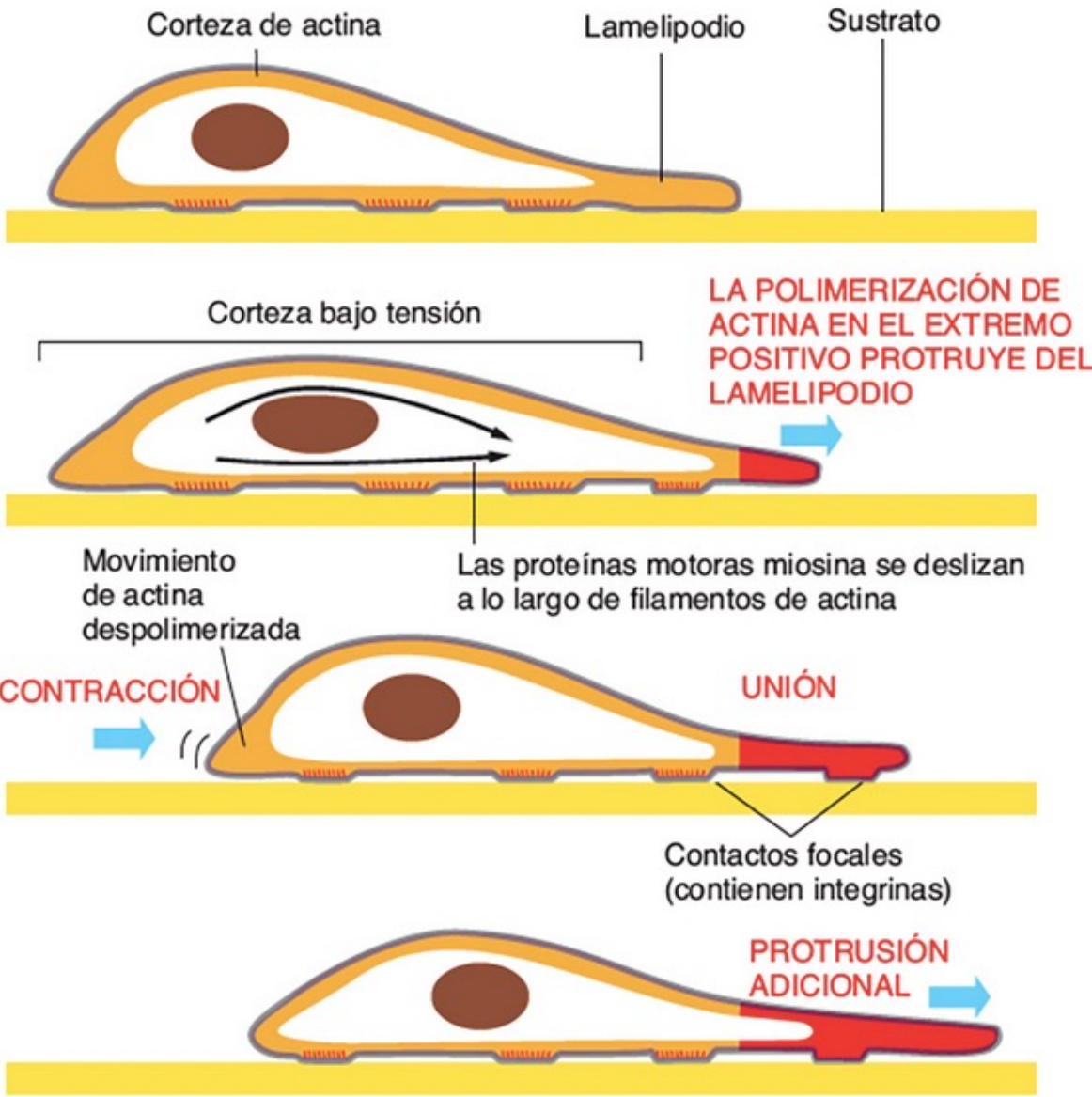
Numerosas células se mueven arrastrándose sobre superficies



Extensiones delgadas y aplanadas vs. extensiones rígidas y delgadas

Densa malla vs. haz laxo

Filamentos de actina: la reptación celular depende de la actina cortical





Universidad de Valladolid

Citoesqueleto

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Ribosomas. Síntesis y degradación de proteínas

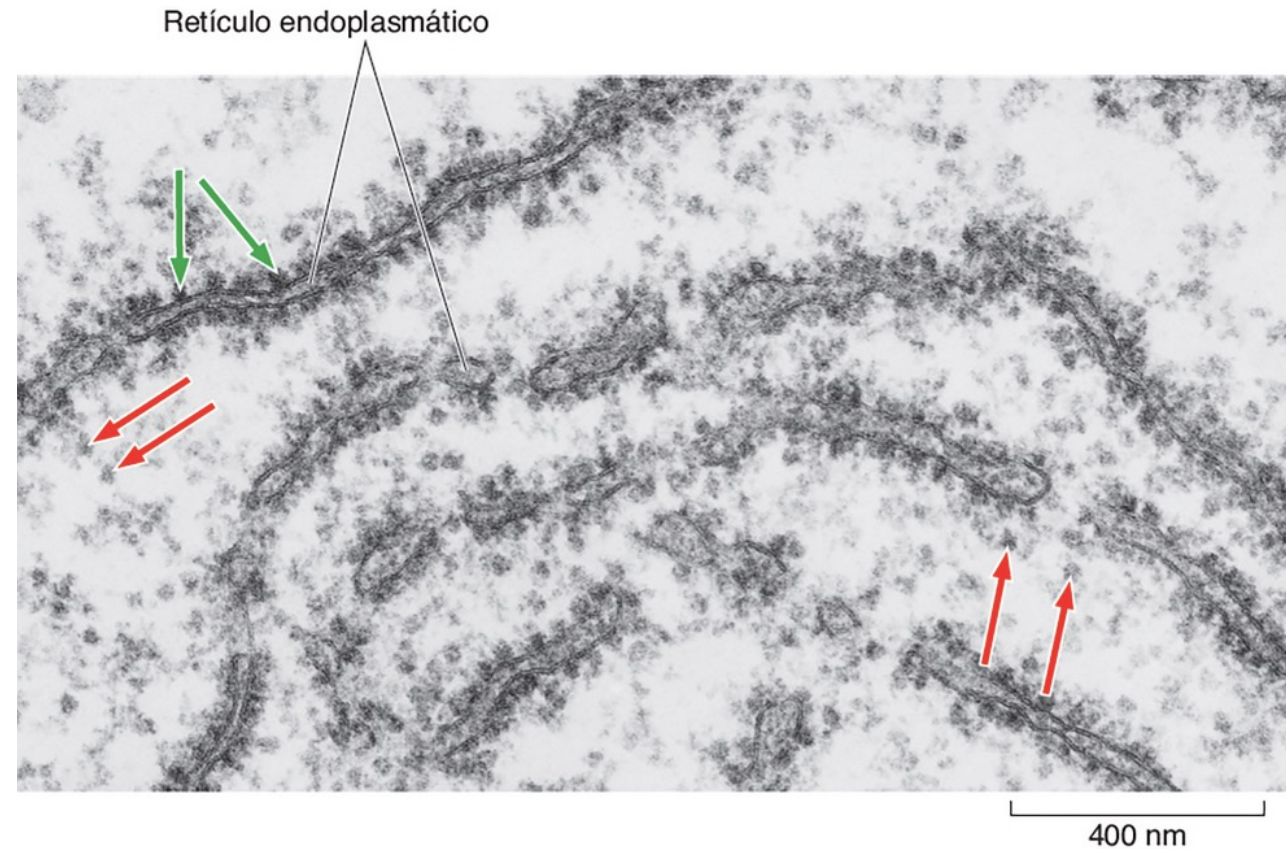
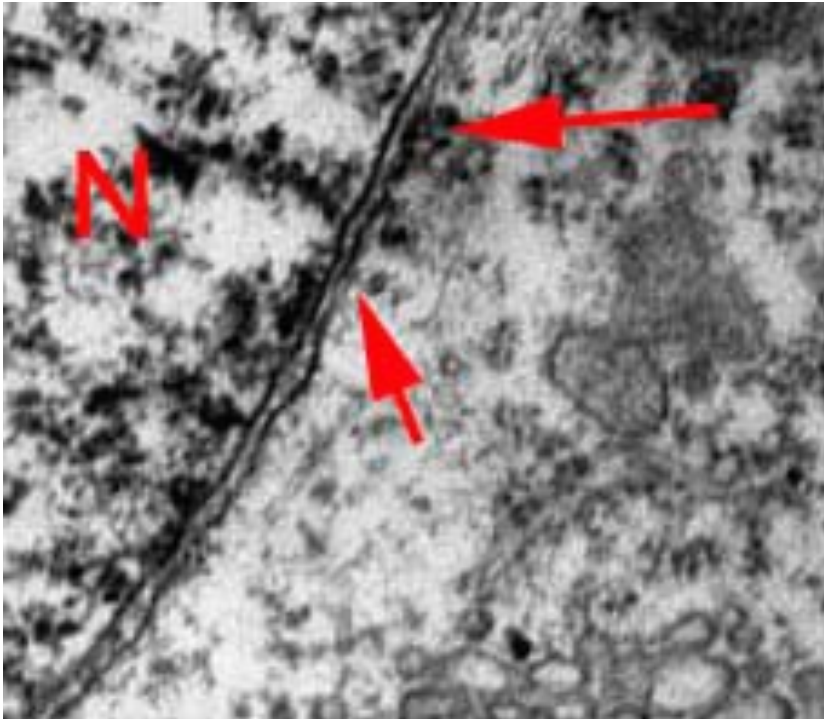
Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

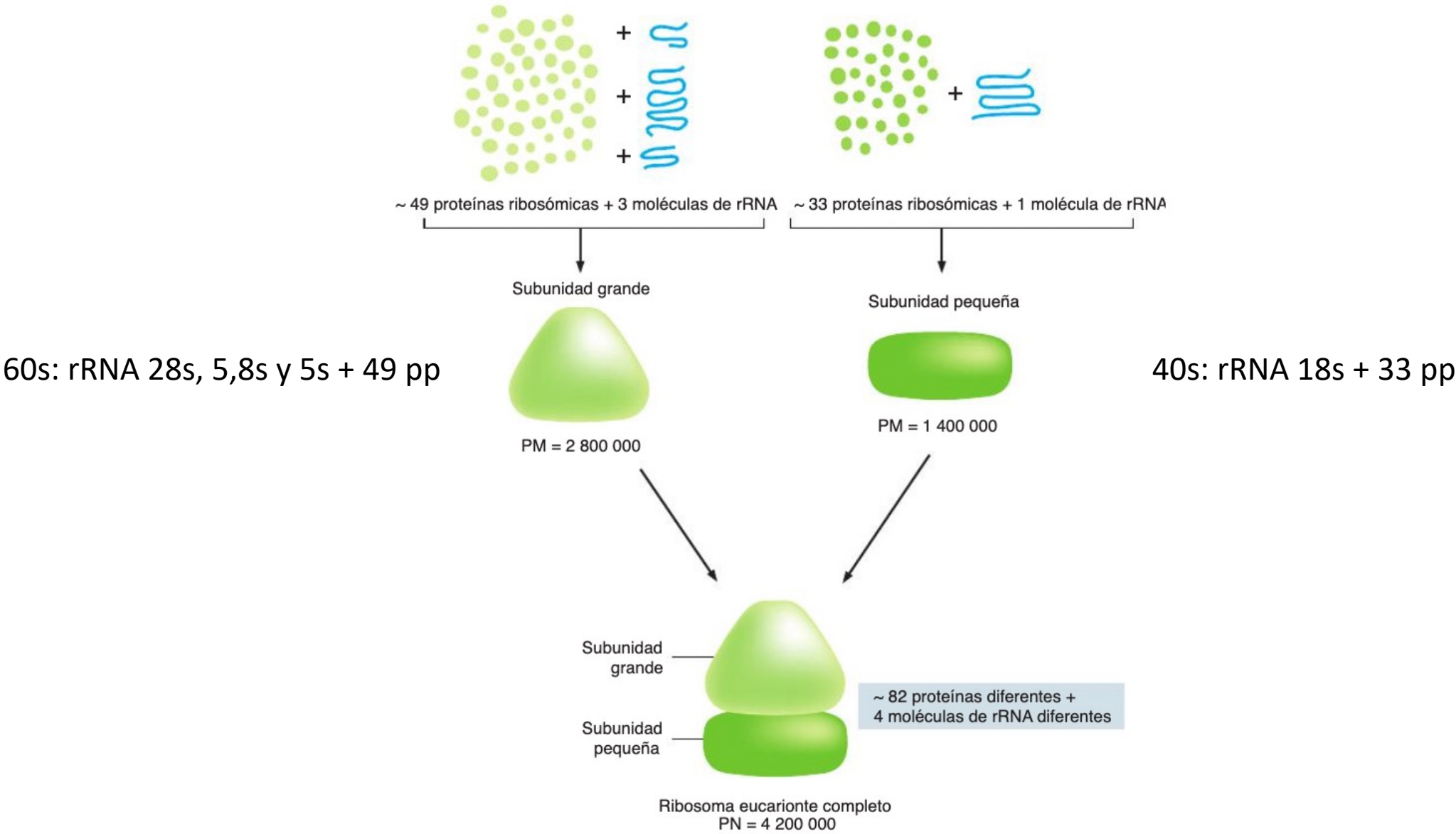
ricardo.usategui@uva.es

Características generales

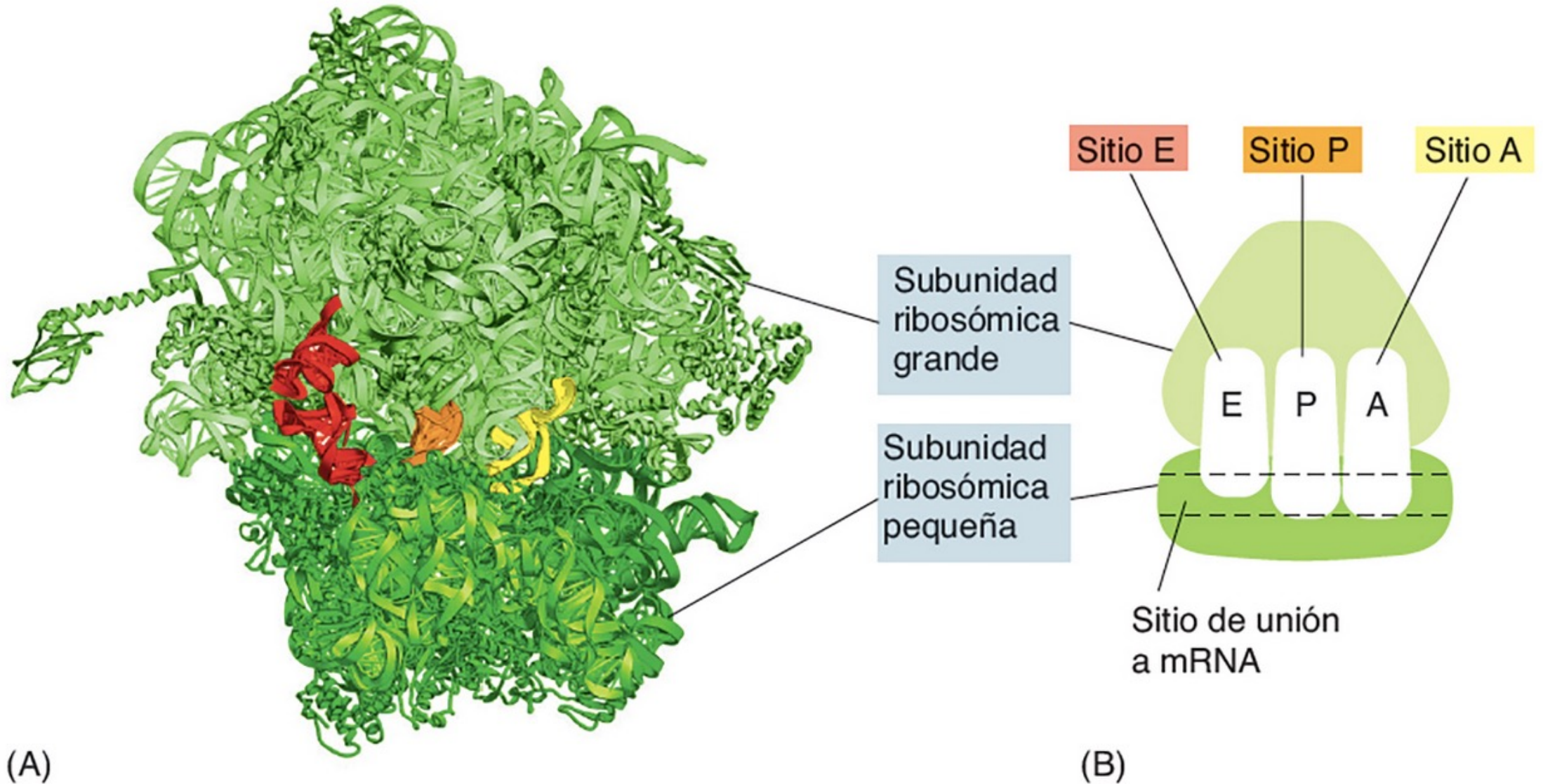
- Partículas sub-celulares
- Síntesis proteica
- Presentes en todas las células (eritrocitos y espermatozoides)
- Formados por rRNA y proteínas
- M. electrónica (32 nm en eucariotas y 29 nm en procariotas)
- Dos subunidades



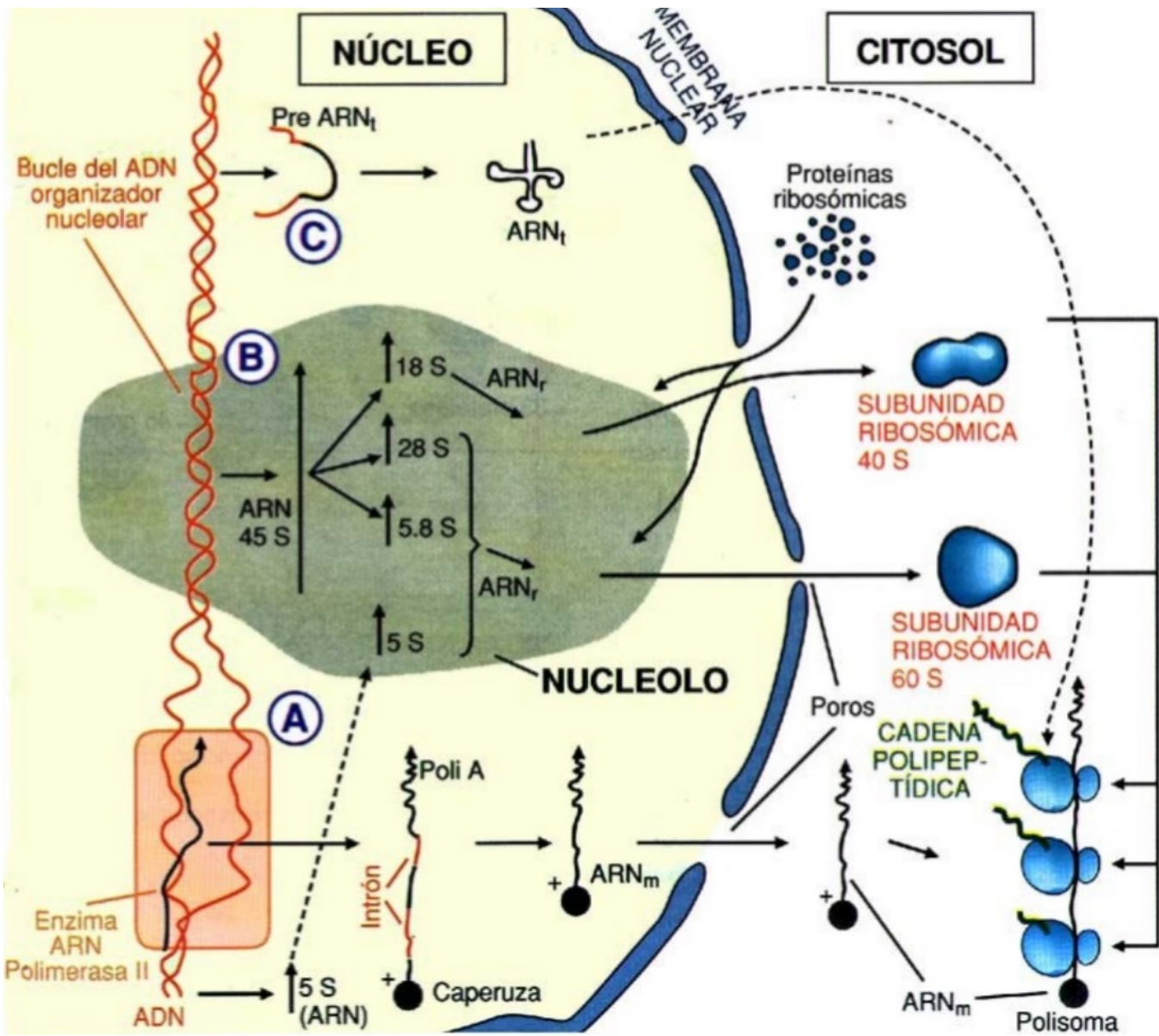
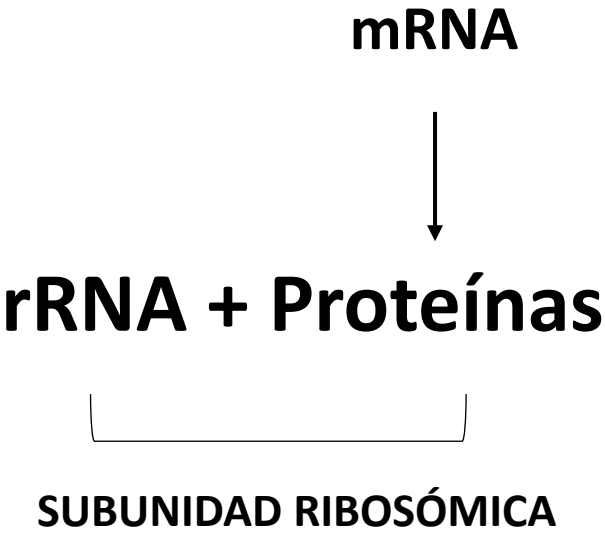
Estructura: en eucariotas son 80s



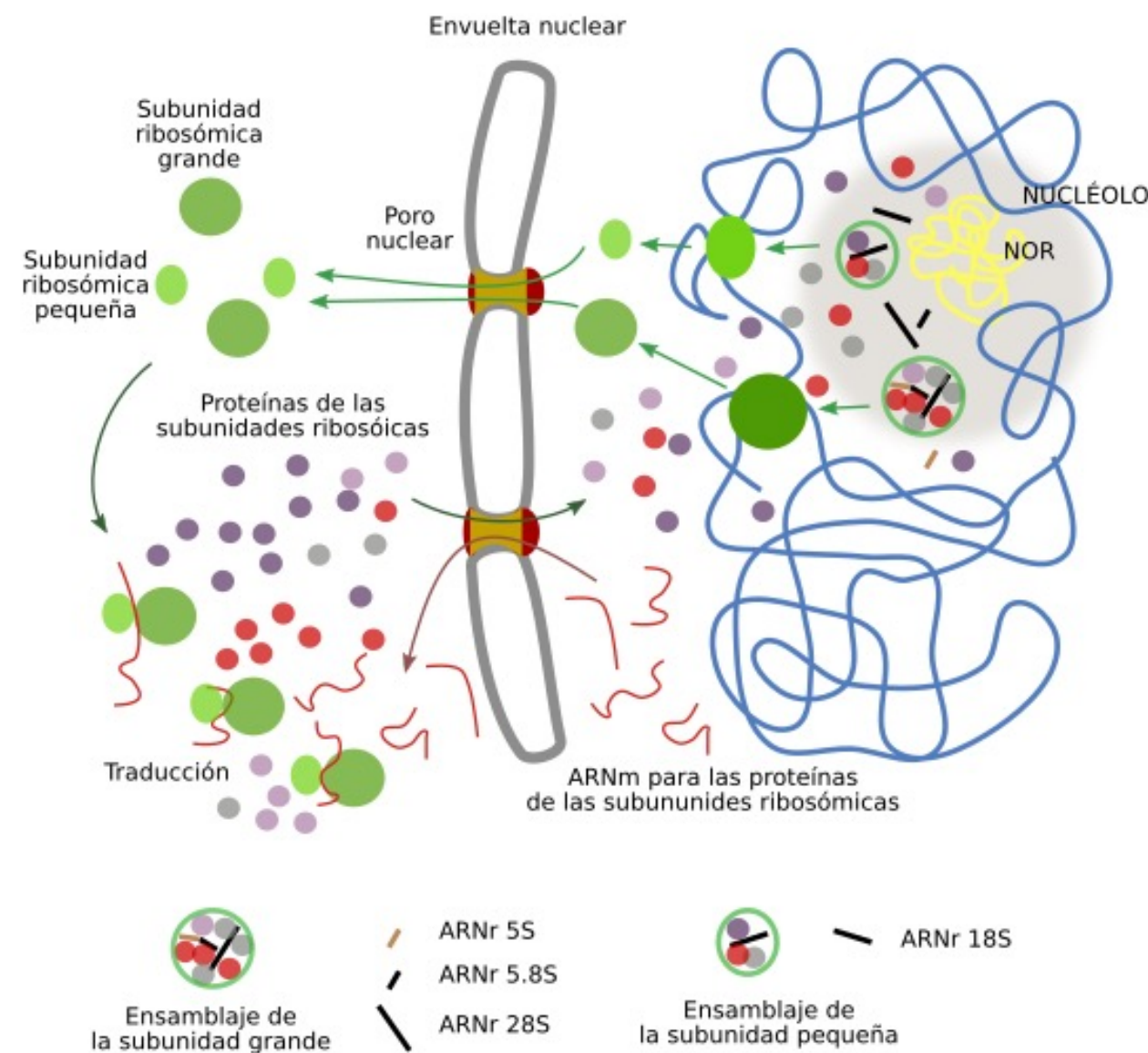
Estructura: en los ribosomas se produce la síntesis proteica



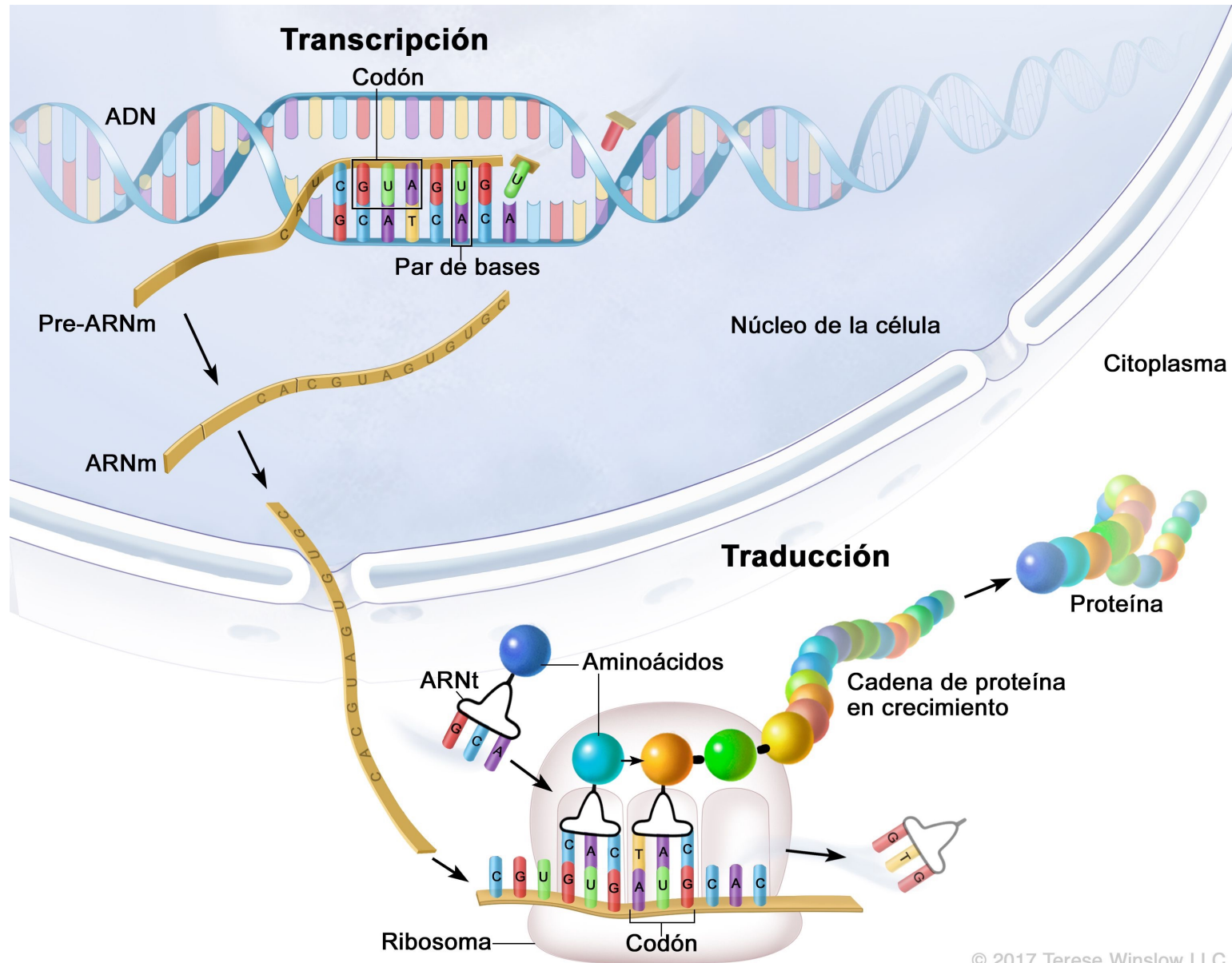
Las subunidades ribosómicas se sintetizan en el nucleolo



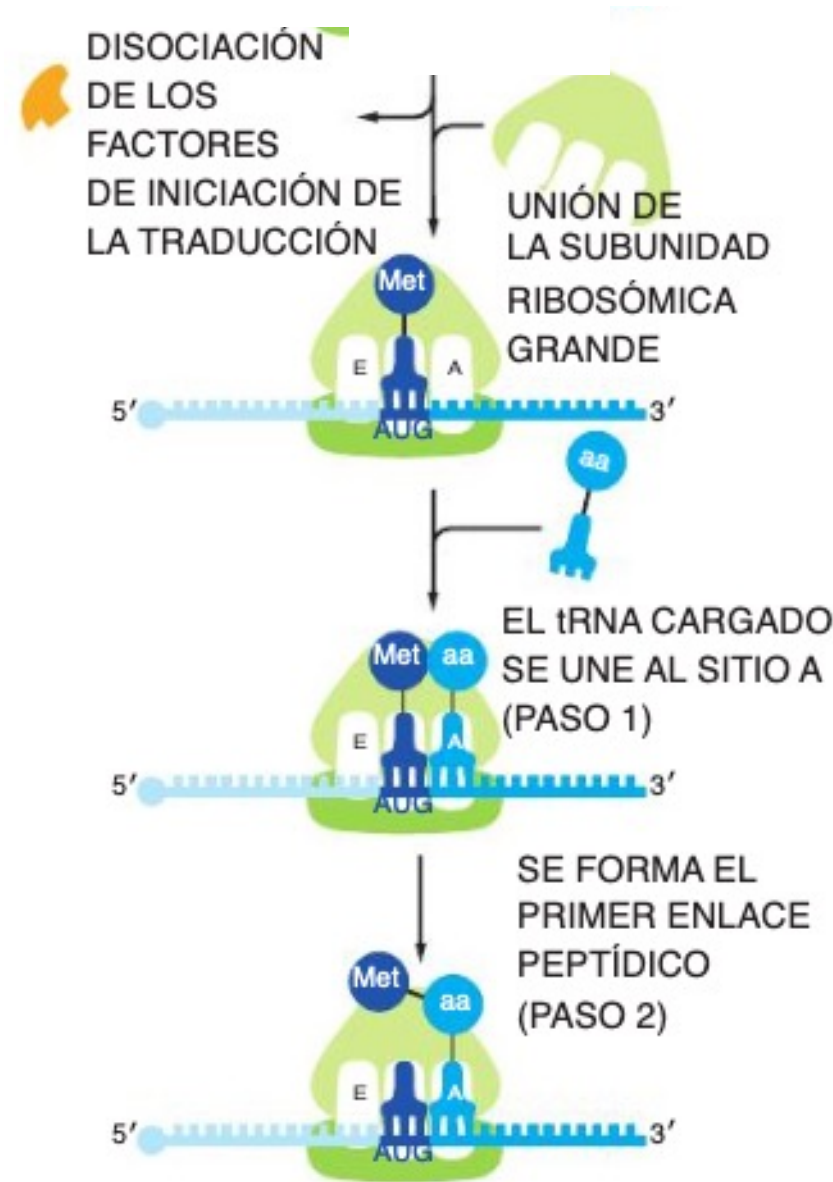
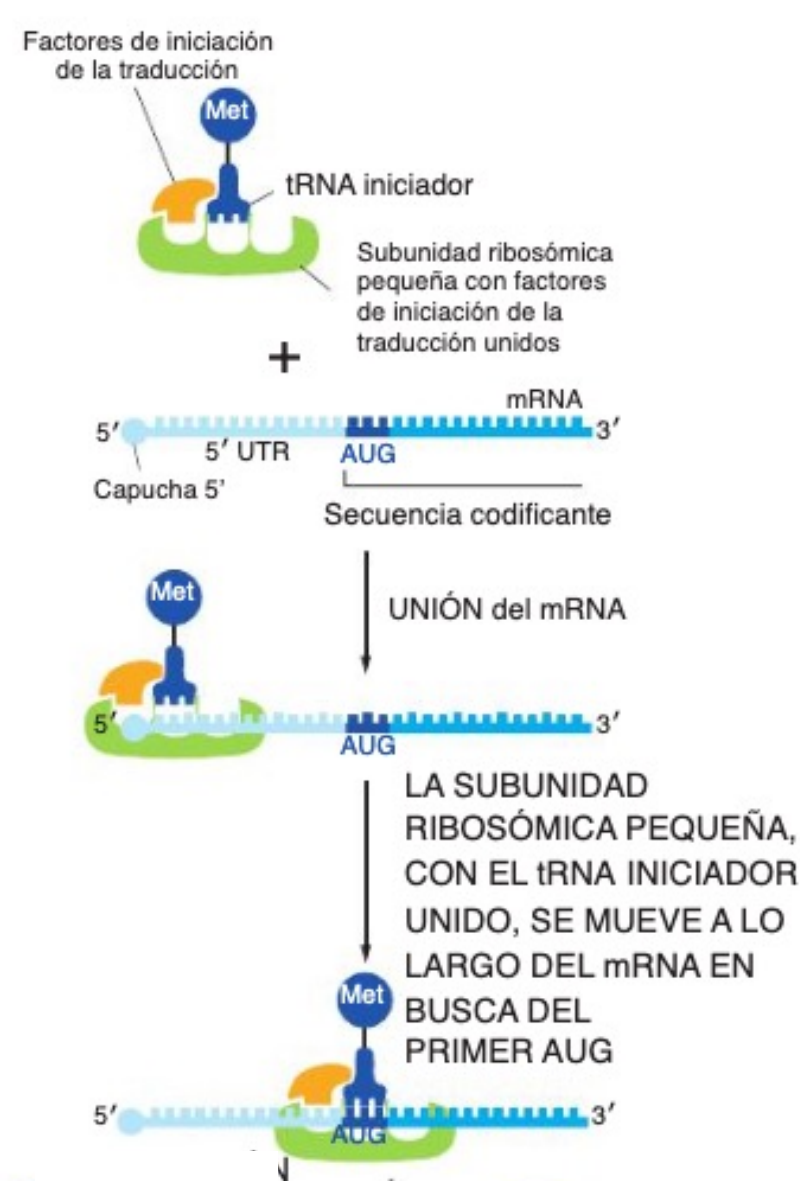
Regiones organizadoras nucleolares



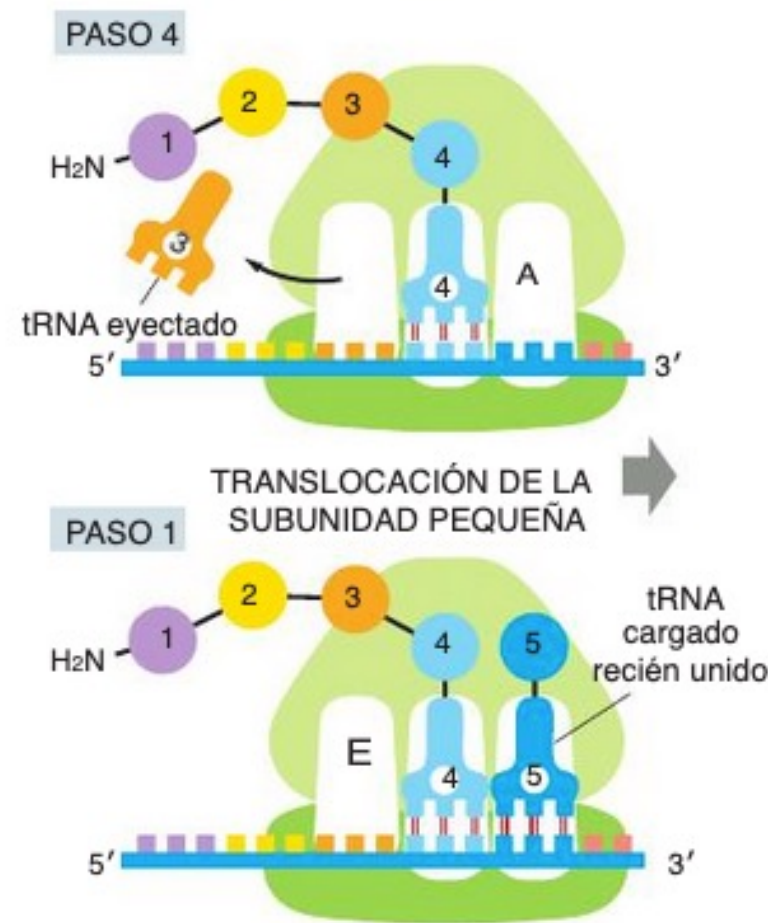
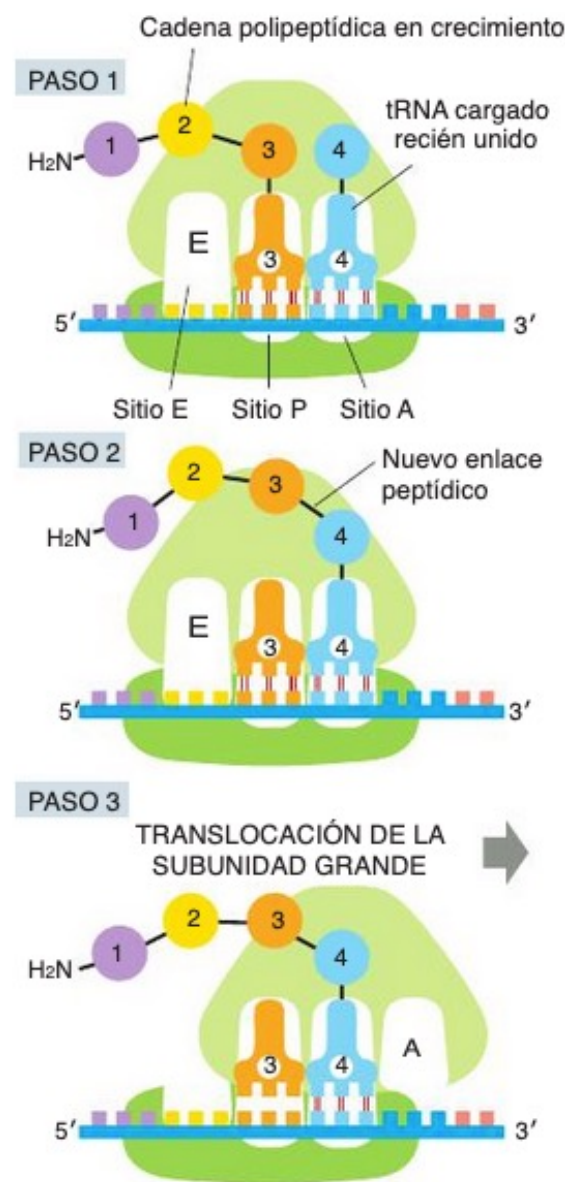
En los ribosomas ocurre la traducción



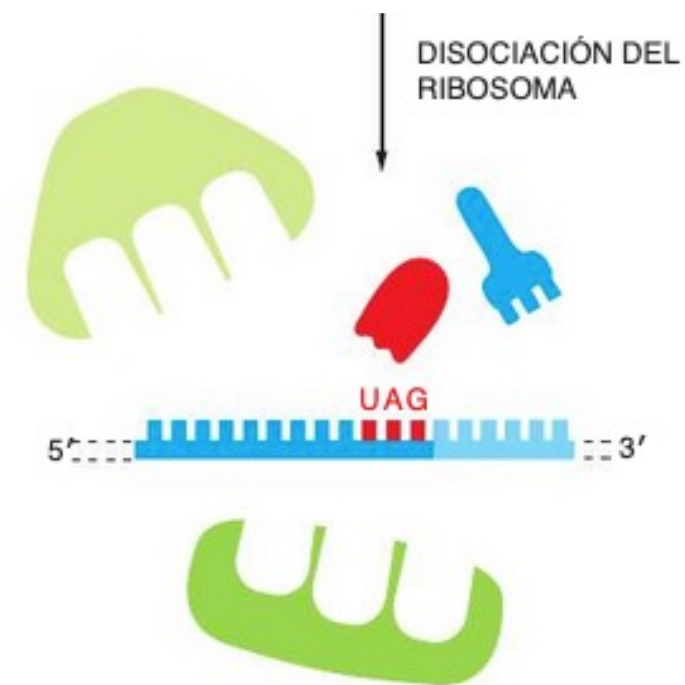
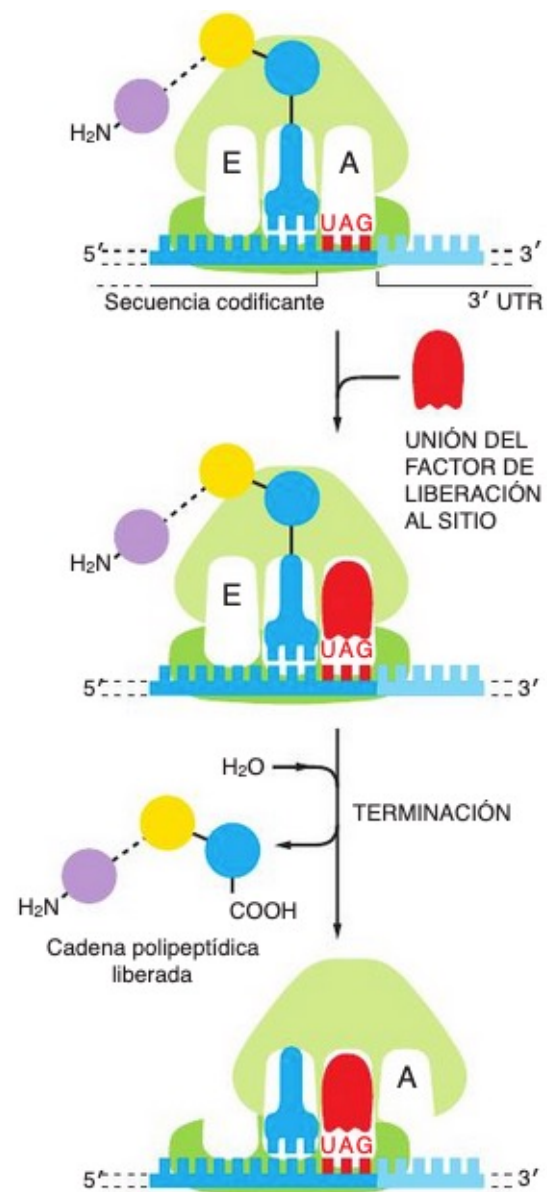
En los ribosomas ocurre la traducción: iniciación



En los ribosomas ocurre la traducción: elongación

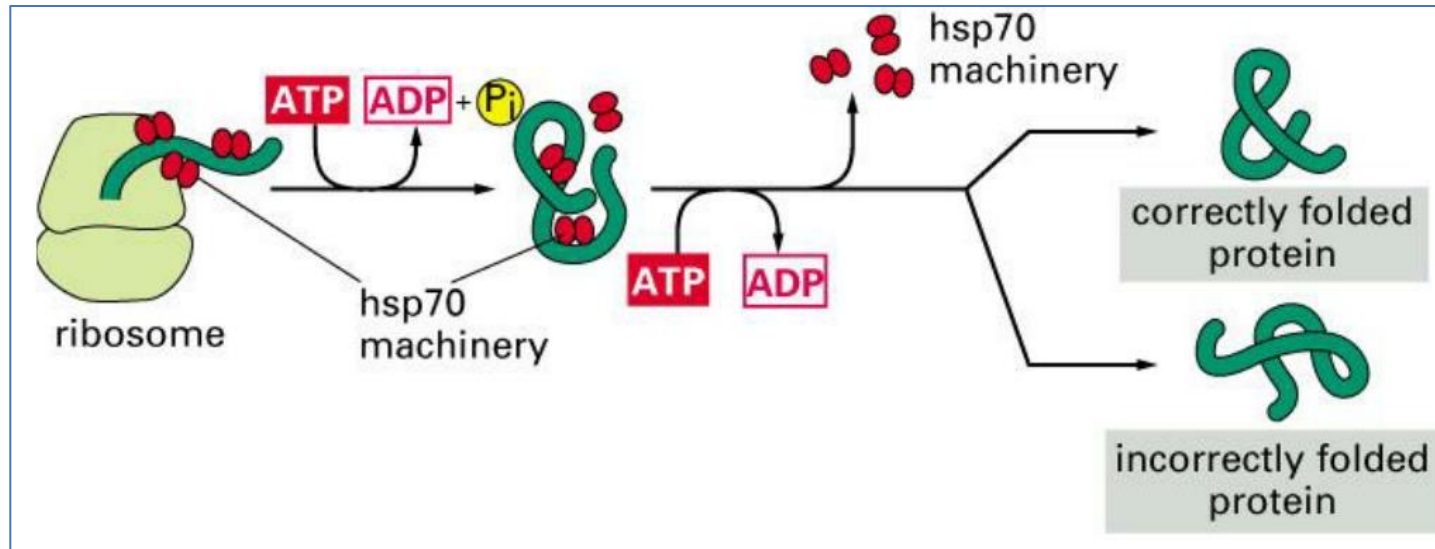
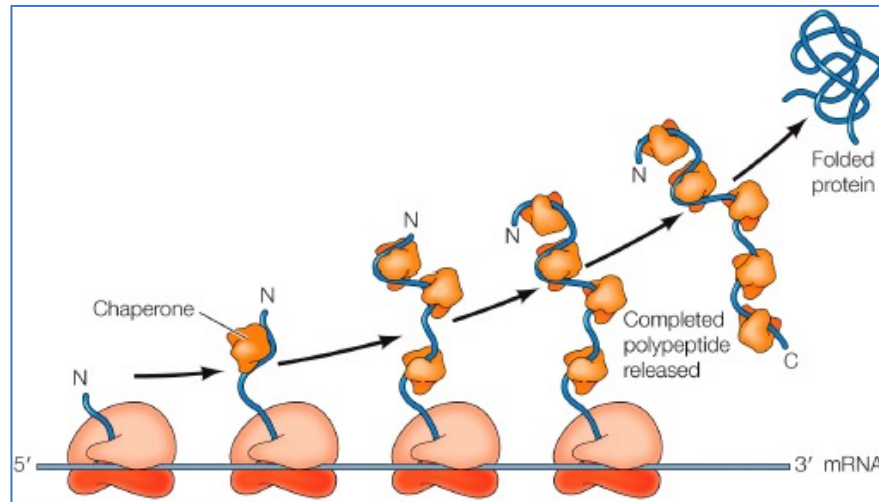


En los ribosomas ocurre la traducción: terminación



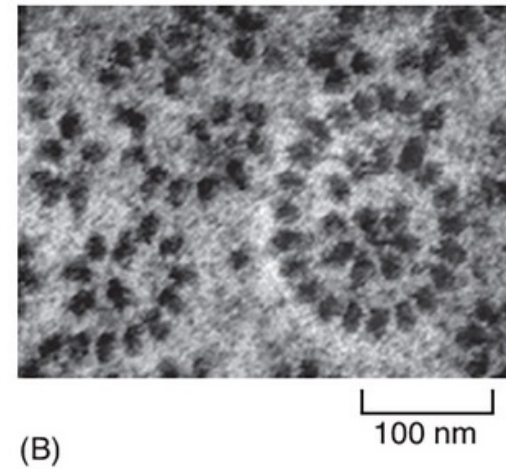
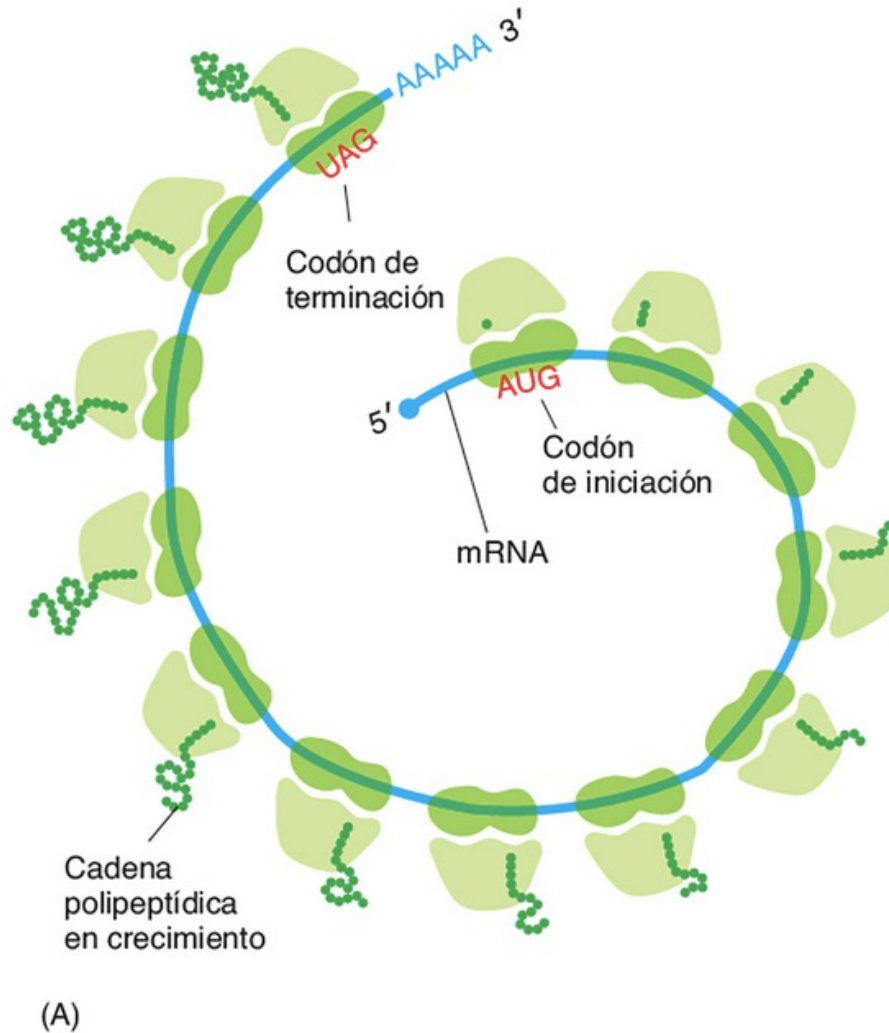
En los ribosomas ocurre la traducción

Para el correcto plegamiento de las proteínas intervienen las chaperonas

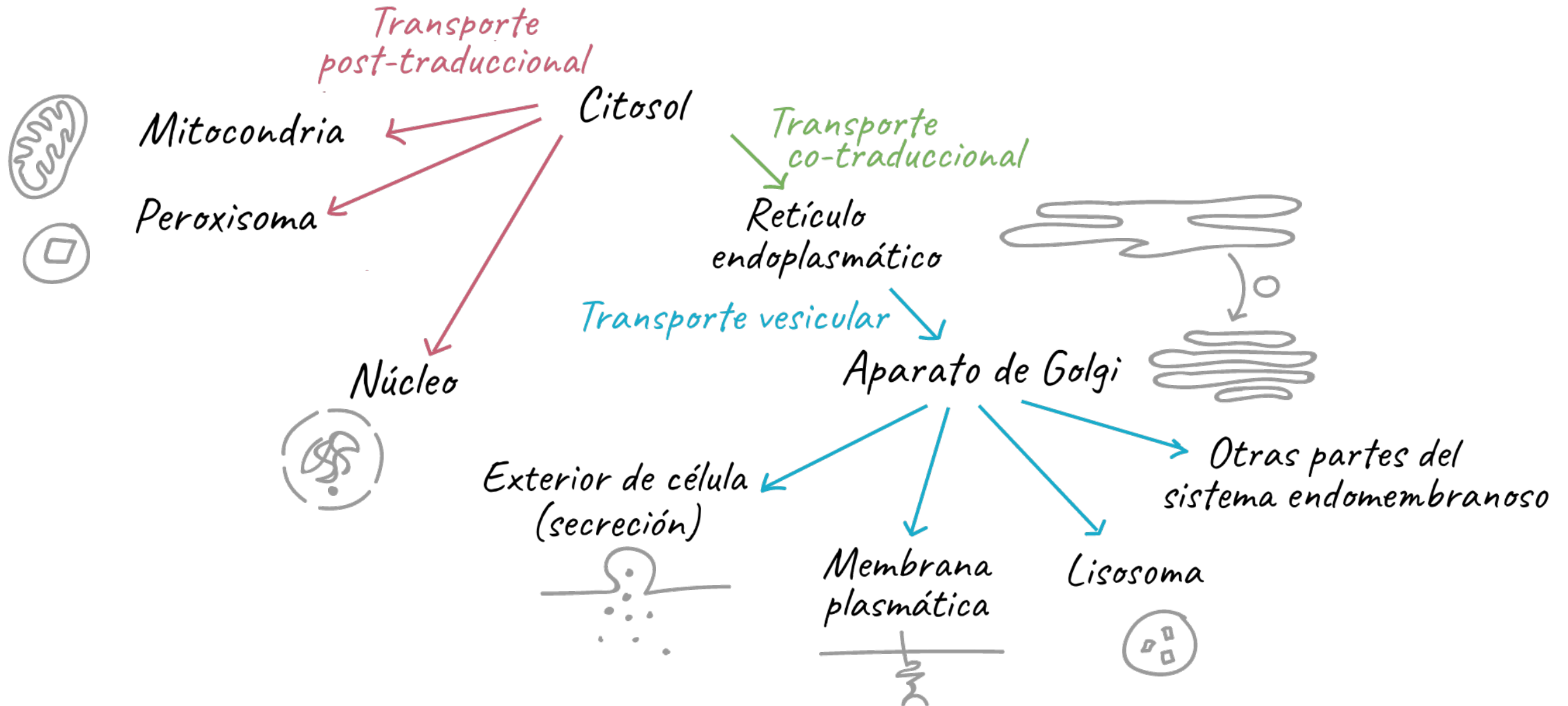


En los ribosomas ocurre la traducción

Las proteínas son producidas en polirribosomas o polisomas

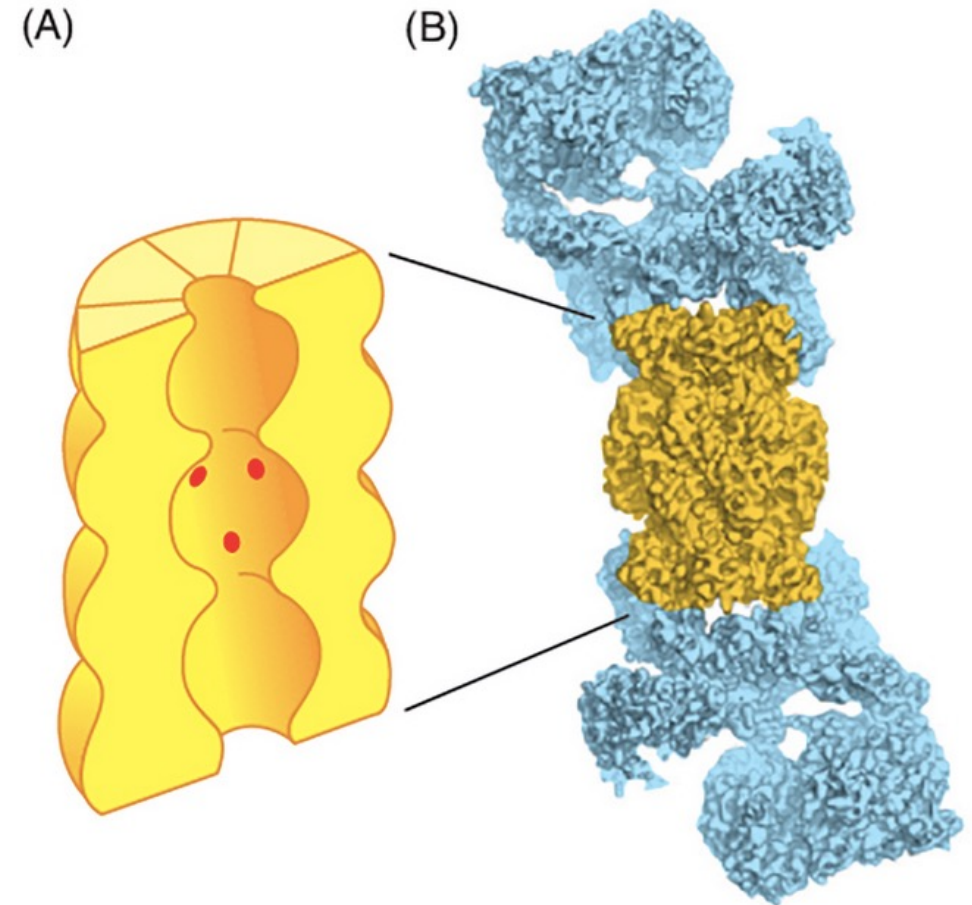
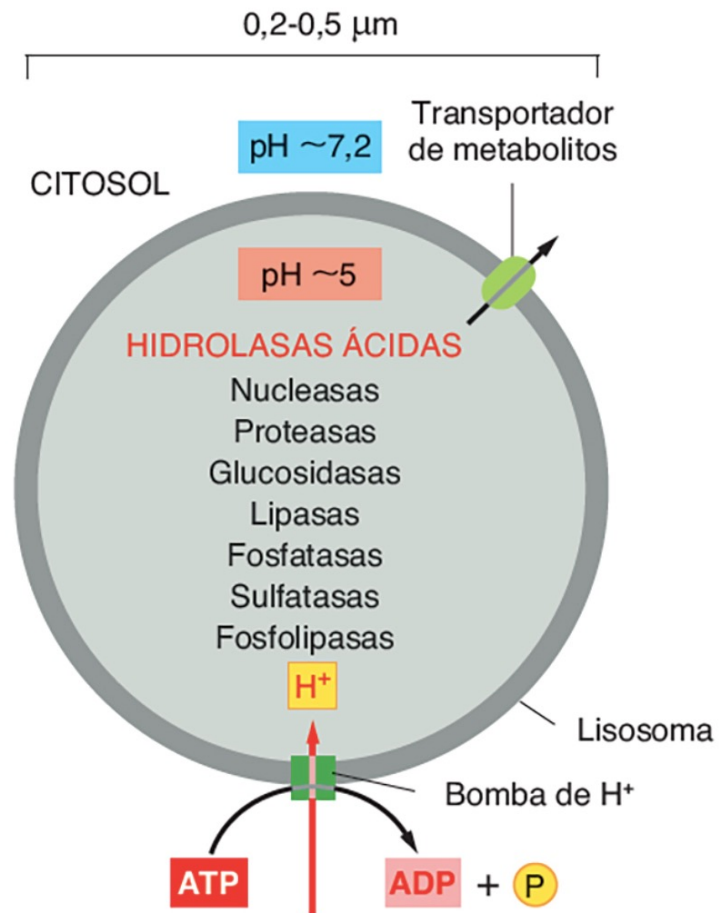


Destino de las proteínas sintetizadas



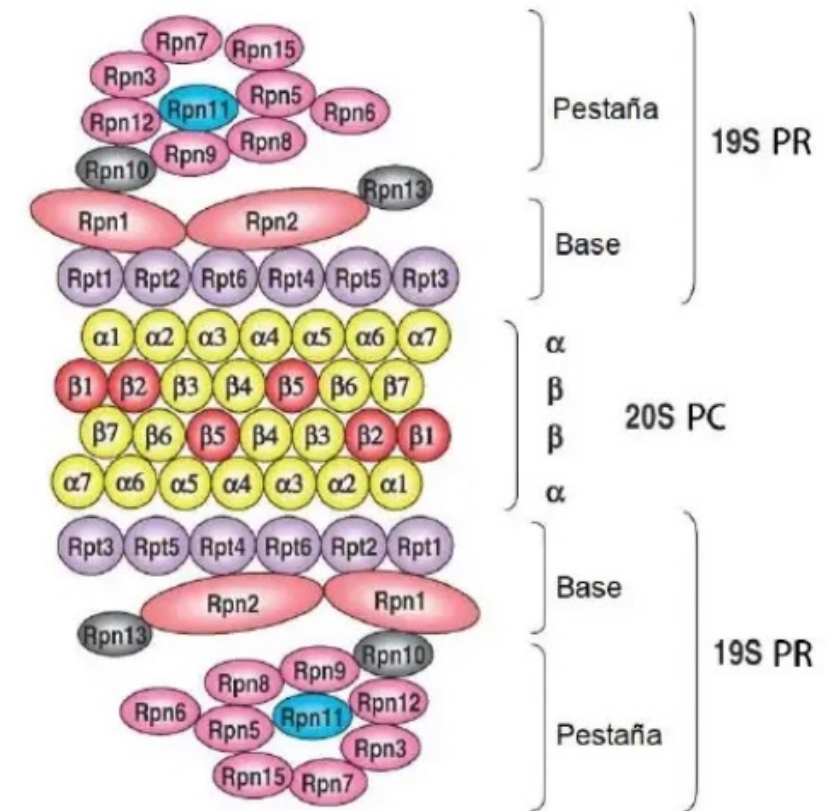
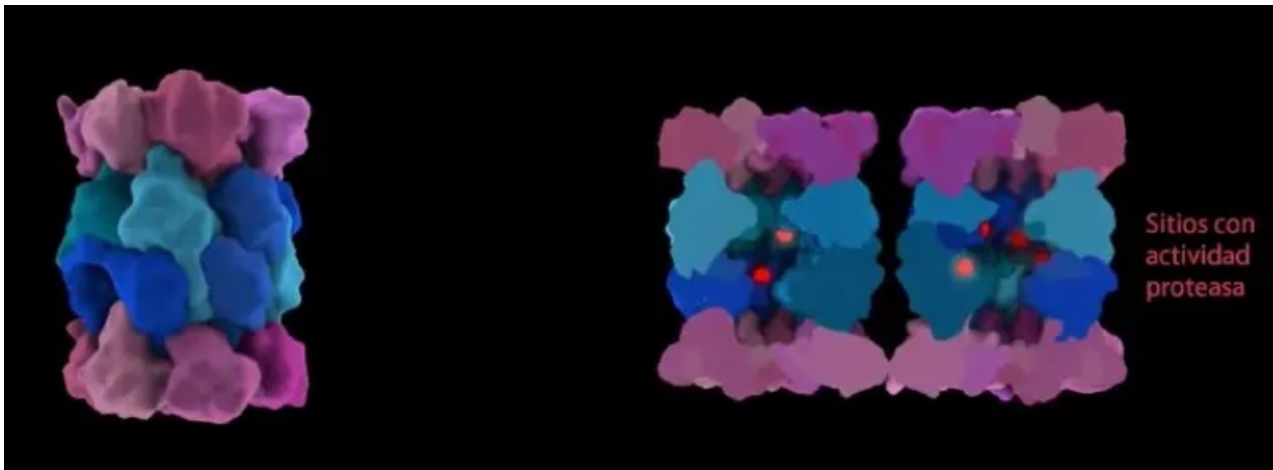
Degradación de las proteínas

La degradación proteica controlada ayuda a regular la cantidad de cada proteína en una célula



Degradación de las proteínas: proteasoma

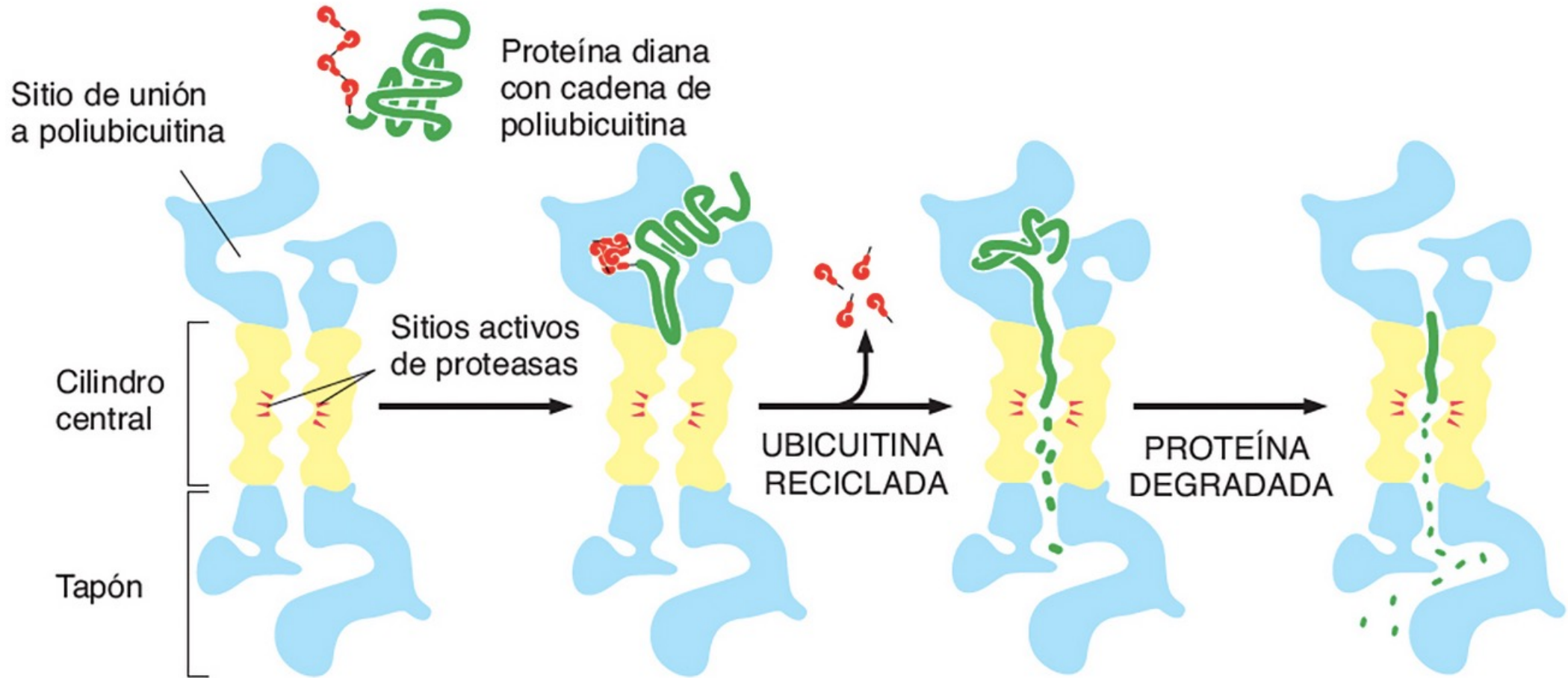
Las proteínas marcadas por una cadena de **poliubiquitina** son degradadas por el proteasoma



El proteasoma es un complejo proteico formado por **dos partículas reguladoras y dos partículas centrales**

Degradación de las proteínas: vía ubiquitina-proteasoma

Las proteínas marcadas por una cadena de poliubiquitina son degradadas por el proteasoma



El proteasoma es un complejo proteico formado por **dos partículas reguladoras y dos partículas centrales**



Universidad de Valladolid

Ribosomas. Síntesis y degradación de proteínas

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Compartimentos intracelulares

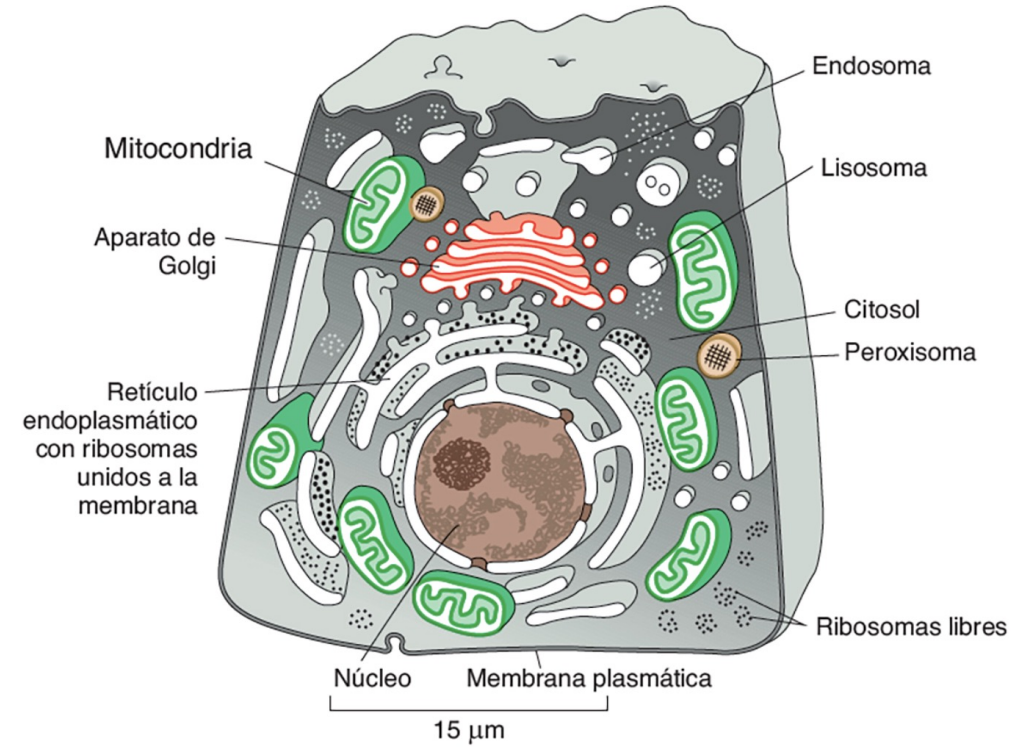
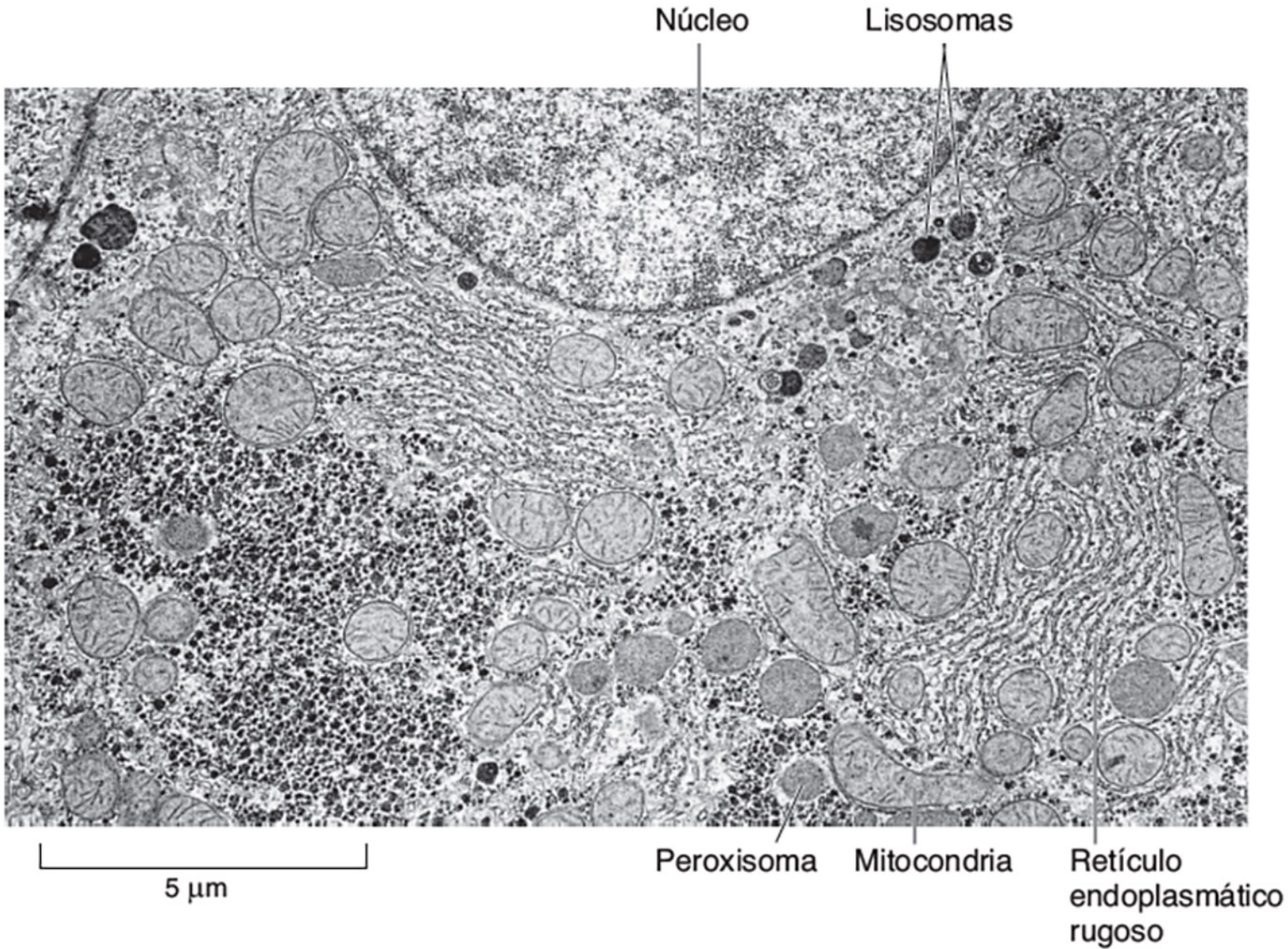
Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

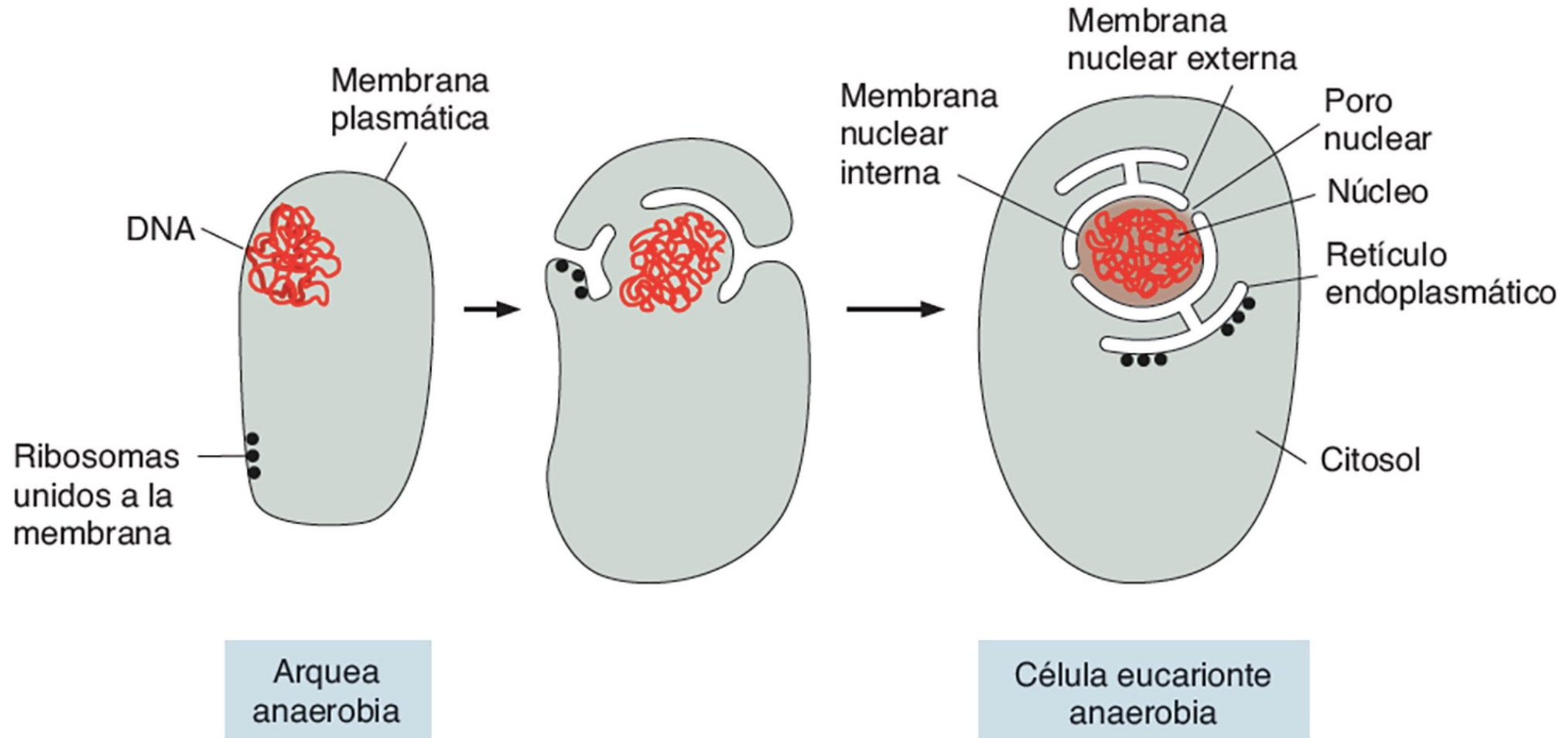
Orgánulos limitados por membrana

En las células eucariontes, las membranas internas crean compartimentos que están cerrados



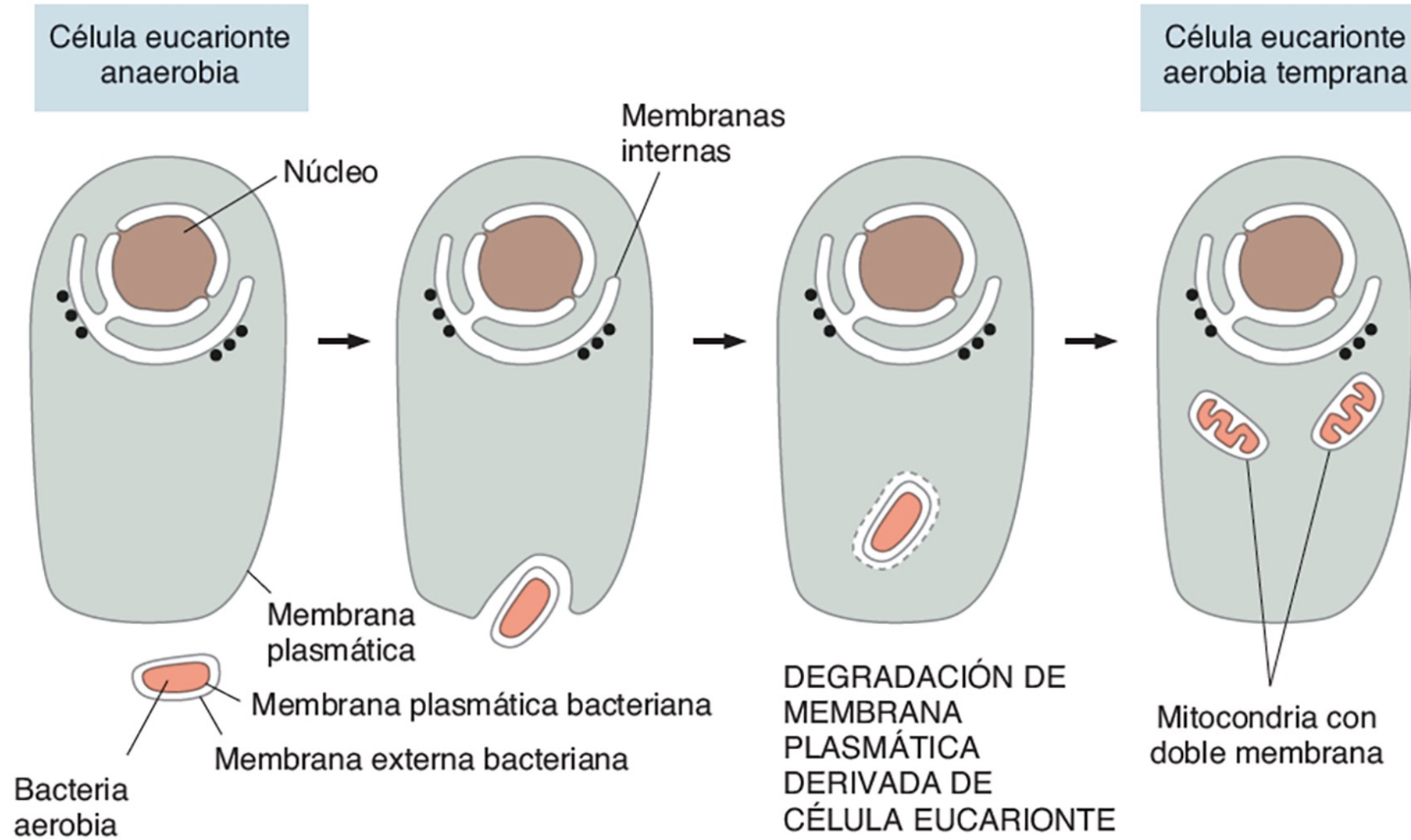
Orgánulos limitados por membrana

Los orgánulos limitados por membrana evolucionaron de diferentes maneras



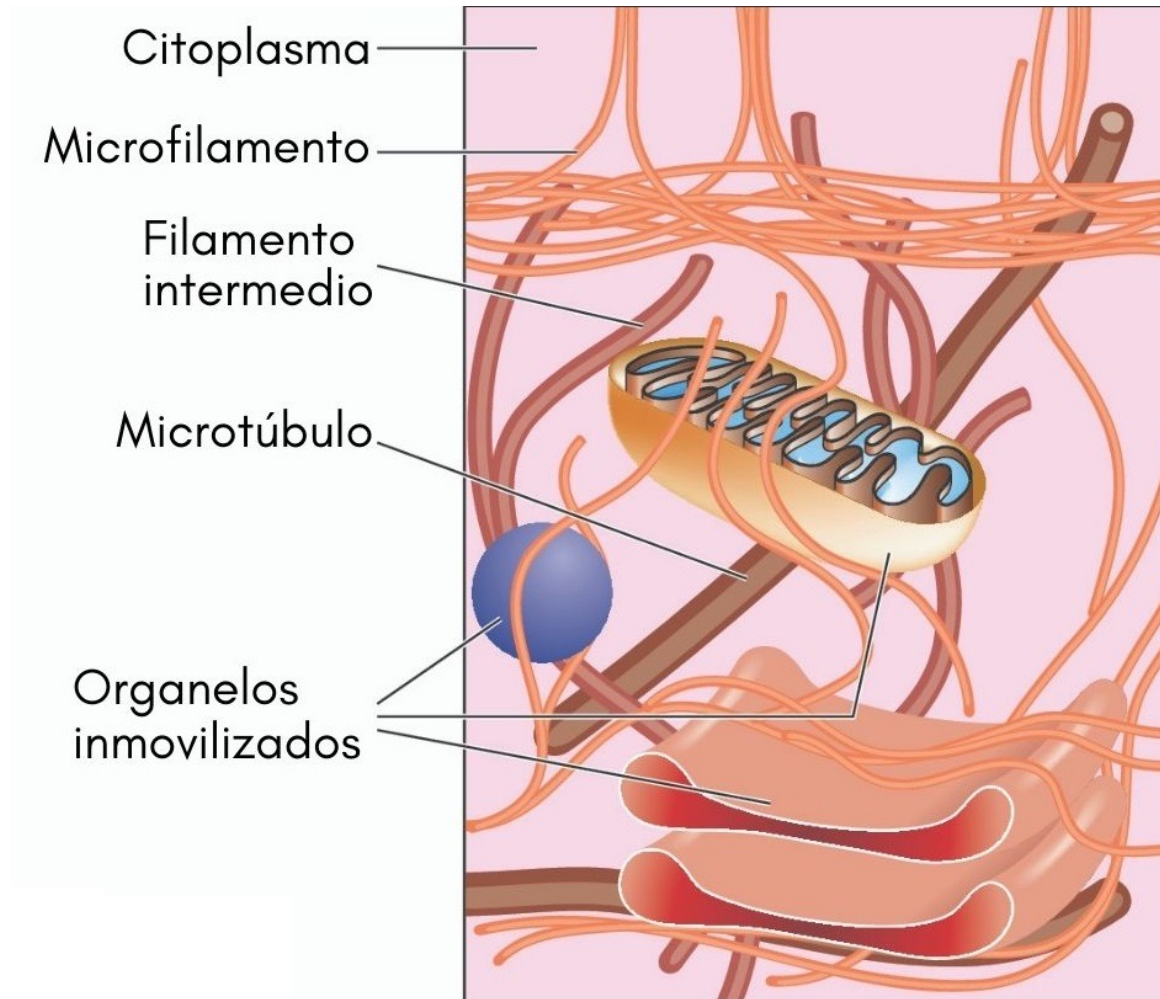
Orgánulos limitados por membrana

Los orgánulos limitados por membrana evolucionaron de diferentes maneras



Orgánulos limitados por membrana

Los orgánulos se ubican en la célula gracias a su fijación por el citoesqueleto.



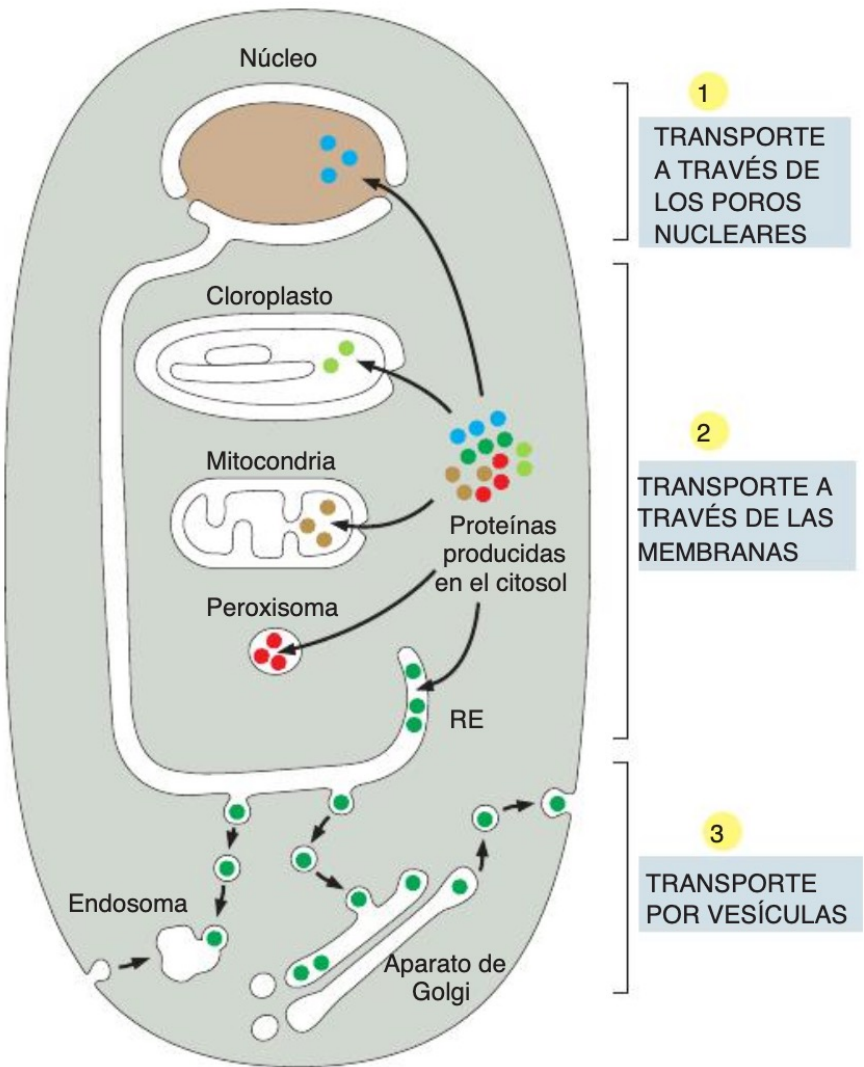
Orgánulos limitados por membrana

CUADRO 15-2 VOLÚMENES RELATIVOS Y CANTIDADES DE LOS PRINCIPALES ORGÁNULOS DELIMITADOS POR MEMBRANA DE UNA CÉLULA HEPÁTICA (HEPATOCITO)

Compartimento intracelular	Porcentaje del volumen celular total	Cantidad aproximada por célula
Citosol	54	1
Mitocondrias	22	1700
Retículo endoplasmático	12	1
Núcleo	6	1
Aparato de Golgi	3	1
Peroxisomas	1	400
Lisosomas	1	300
Endosomas	1	200

Distribución de las proteínas

Las proteínas son transportadas al interior de los orgánulos mediante tres mecanismos



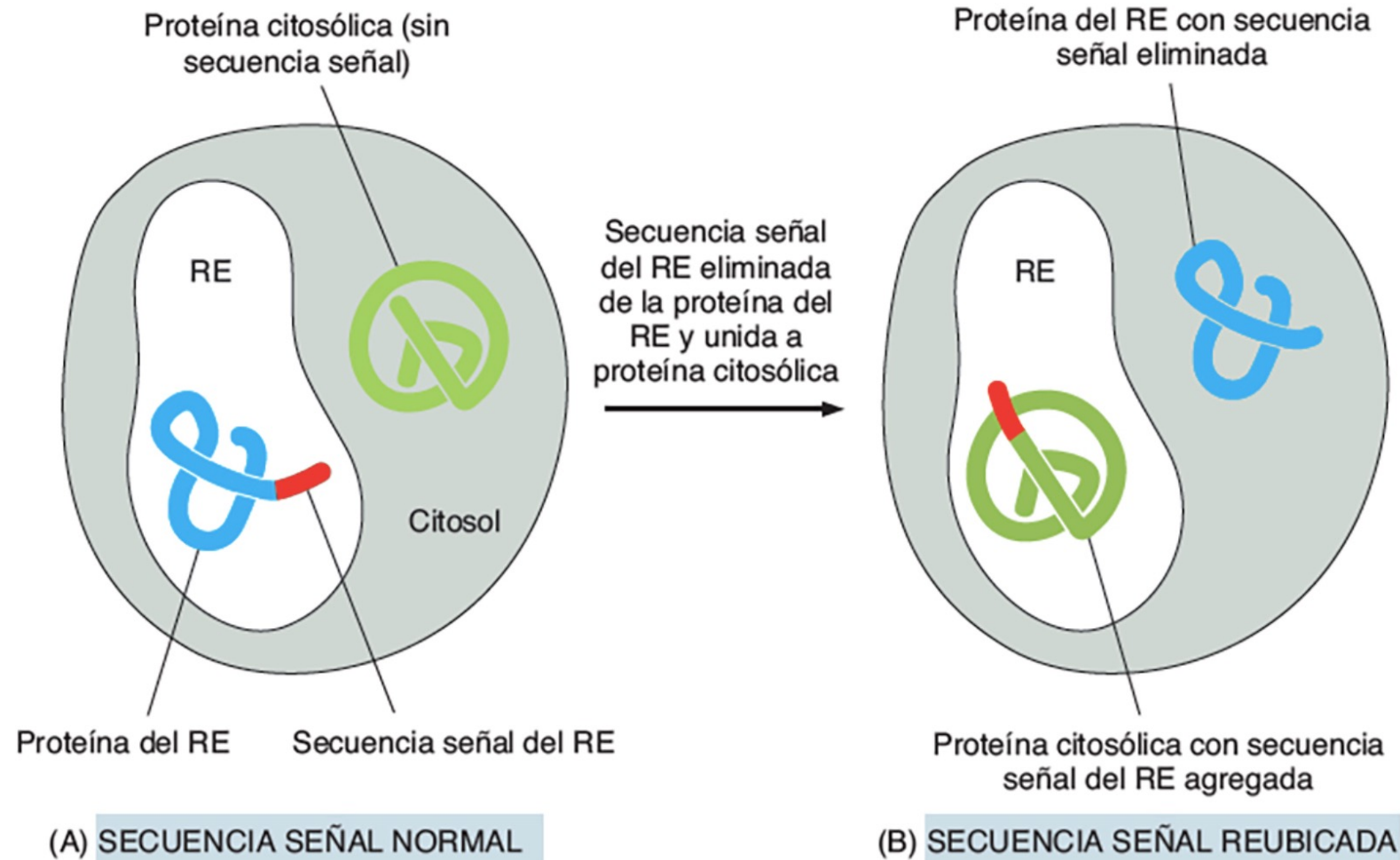
CUADRO 15-3 ALGUNAS SECUENCIAS SEÑAL TÍPICAS

Función de la señal	Ejemplo de secuencia señal
Importación al RE	^+H_3N -Met-Met-Ser-Phe-Val-Ser-Leu-Leu-Leu-Val-Gly-Ile-Leu-Phe-Trp-Ala-Thr-Glu-Ala-Glu-Gln-Leu-Thr-Lys-Cys-Glu-Val-Phe-Gln-
Retención en la luz del RE	-Lys-Asp-Glu-Leu-COO $^-$
Importación a mitocondrias	^+H_3N -Met-Leu-Ser-Leu-Arg-Gln-Ser-Ile-Arg-Phe-Phe-Lys-Pro-Ala-Thr-Arg-Thr-Leu-Cys-Ser-Ser-Arg-Tyr-Leu-Leu-
Importación al núcleo	-Pro-Pro-Lys-Lys-Lys-Arg-Lys-Val-
Exportación desde el núcleo	-Met-Glu-Glu-Leu-Ser-Gln-Ala-Leu-Ala-Ser-Ser-Phe-
Importación a peroxisomas	-Ser-Lys-Leu-

Los aminoácidos con carga positiva se muestran en rojo, y los aminoácidos con carga negativa en azul. Los aminoácidos hidrófobos importantes se muestran en verde. ^+H_3N indica el extremo N-terminal de una proteína; COO^- indica el extremo C-terminal.

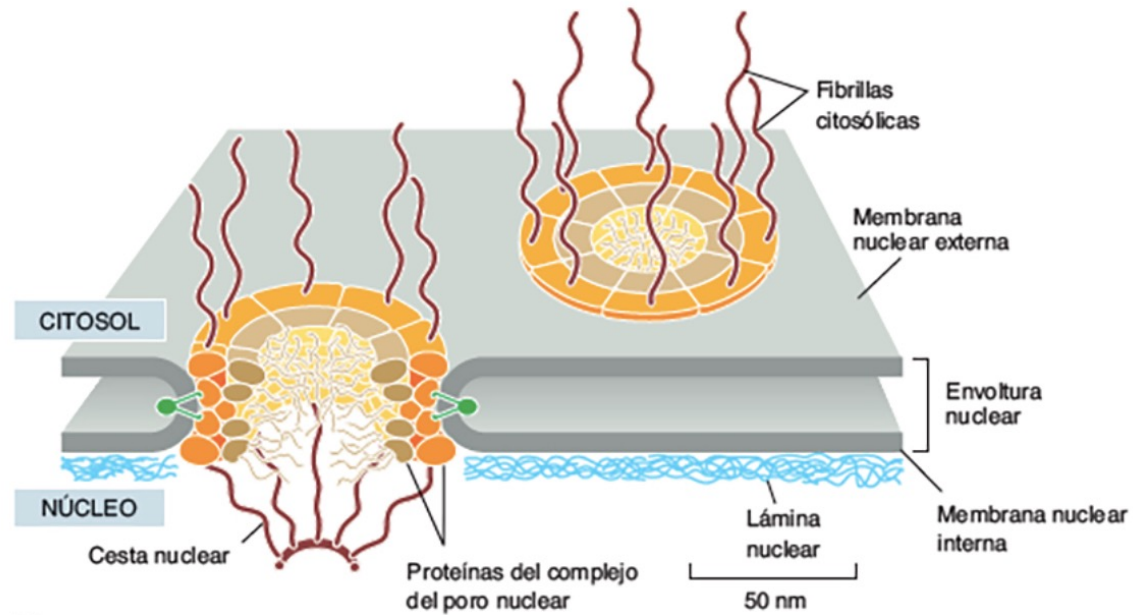
Distribución de las proteínas

Las secuencias señal dirigen las proteínas al compartimento correcto: **15 a 60 aminoácidos**

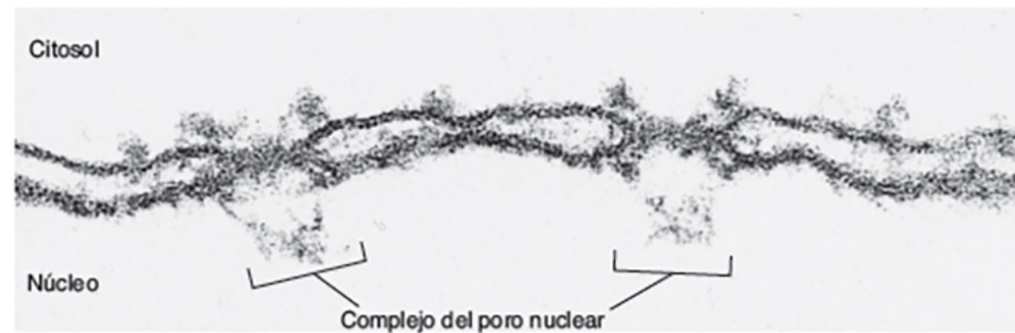


Distribución de las proteínas

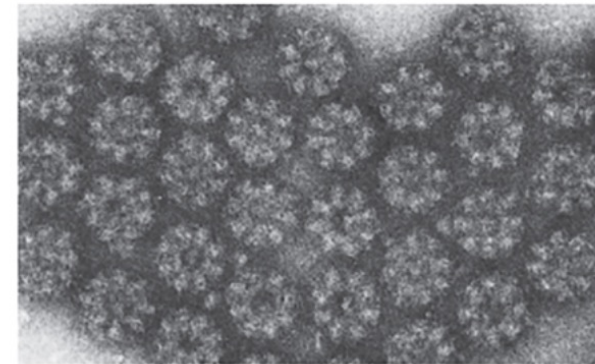
Las proteínas ingresan en el núcleo a través de los poros nucleares



(A)



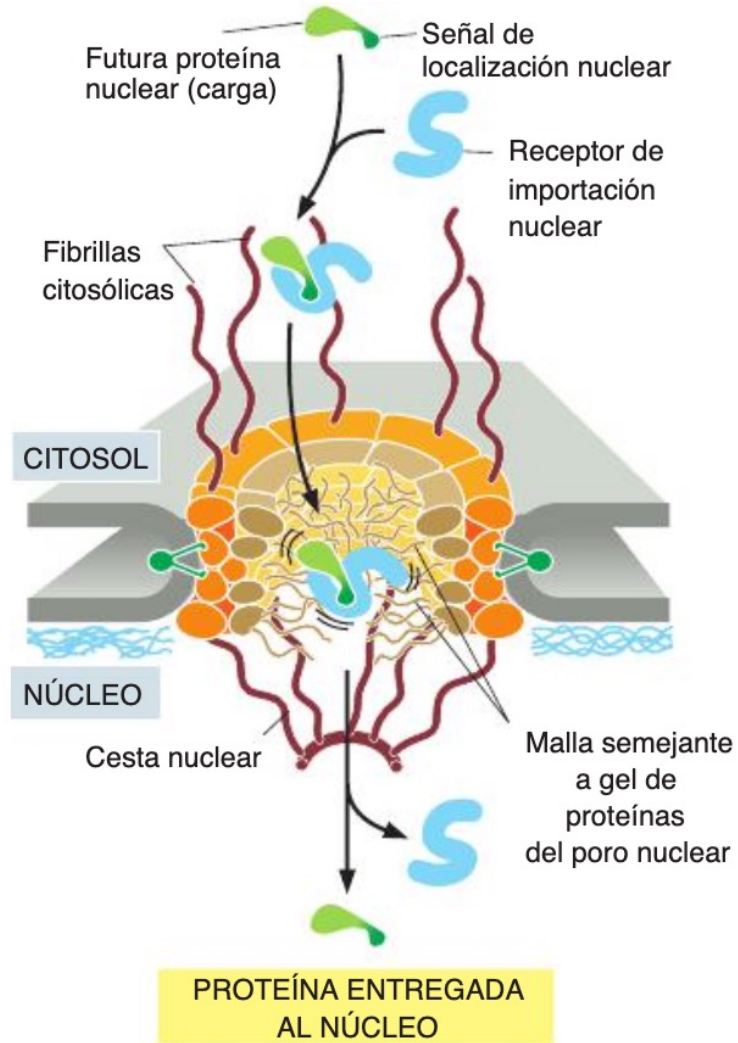
(B)



(C)

Distribución de las proteínas

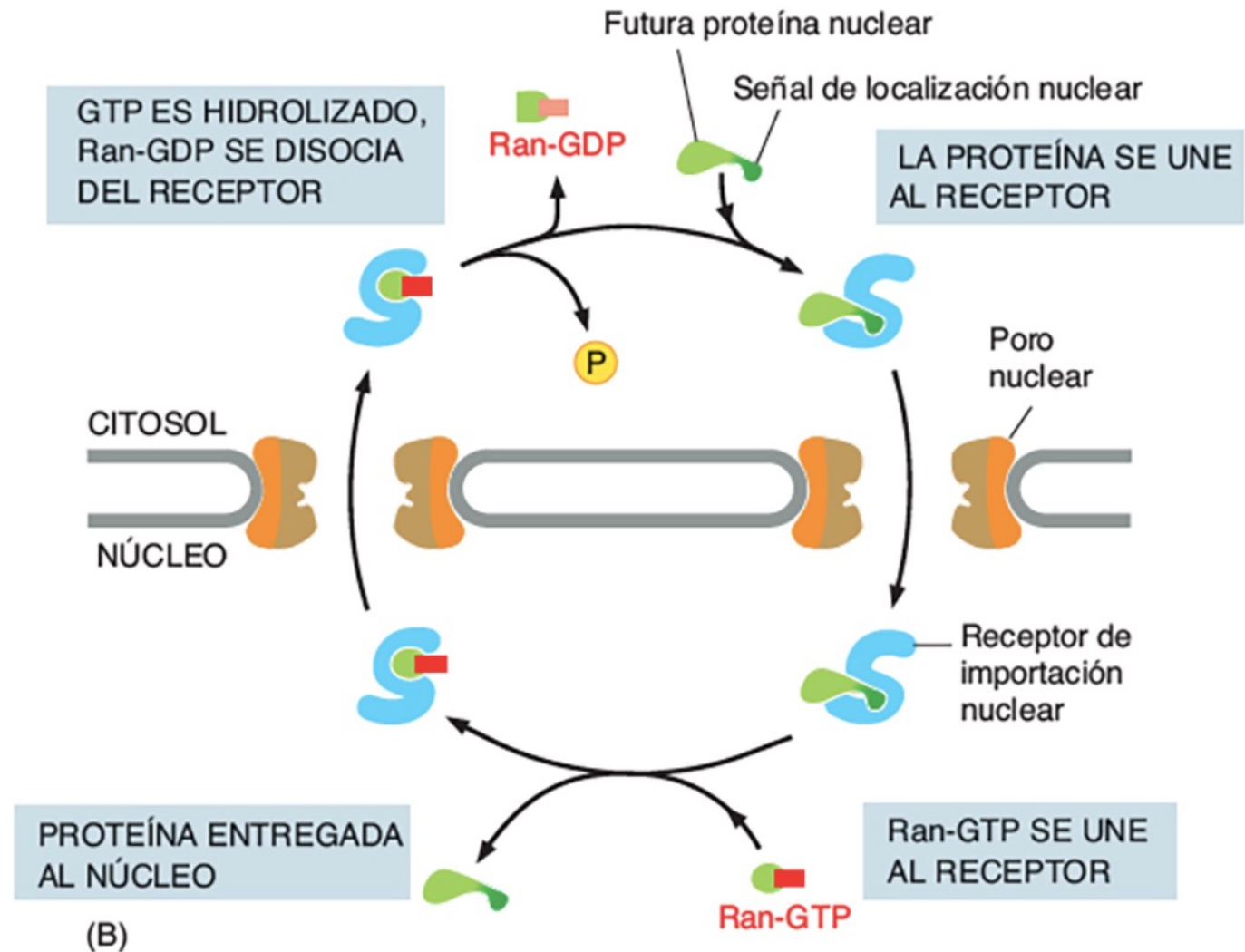
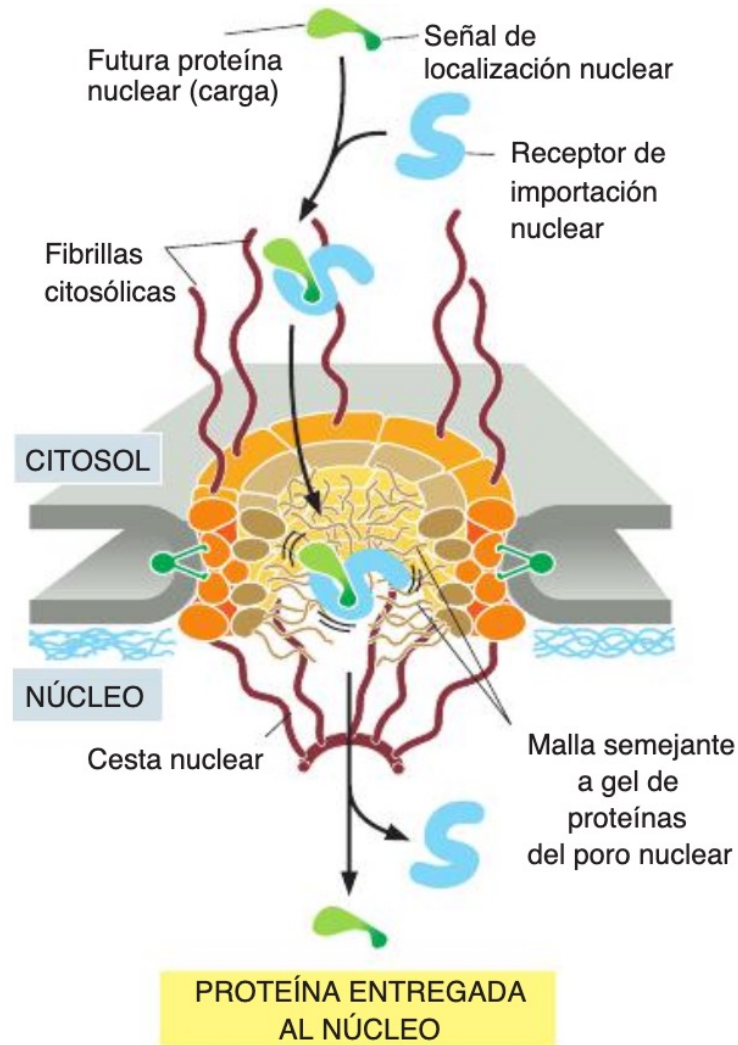
Las proteínas ingresan en el núcleo a través de los poros nucleares



- Señal de localización nuclear: una o dos secuencias cortas con varias lisinas y argininas (carga +)
- Interacción receptores de importación con fibrillas citosólicas
- Es mediado por la hidrólisis de GTP

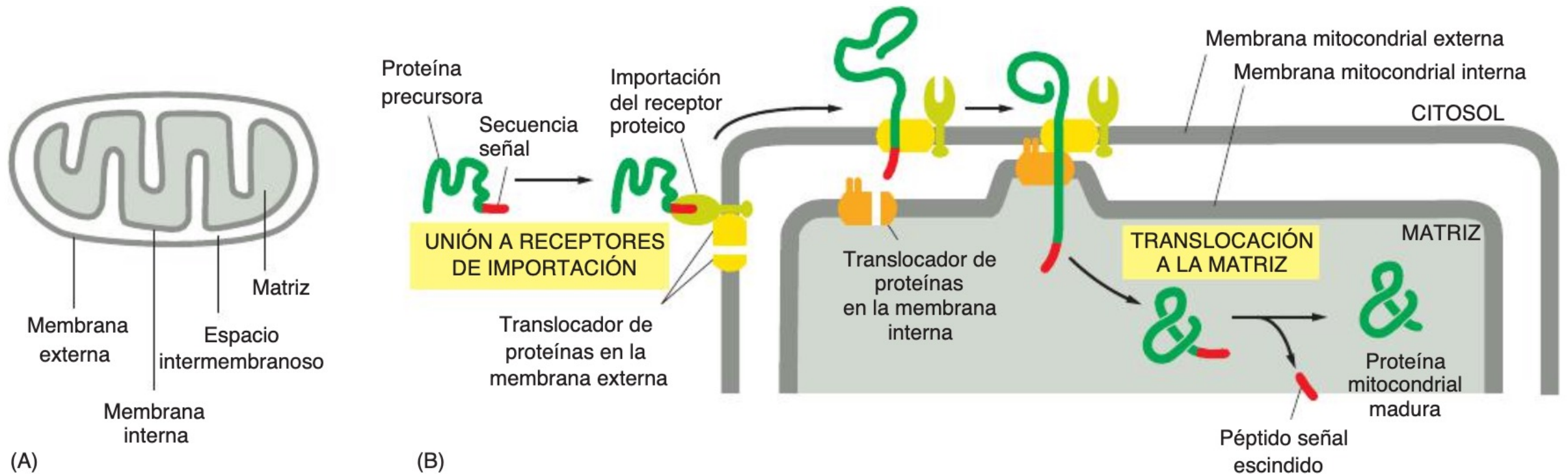
Distribución de las proteínas

Las proteínas ingresan en el núcleo a través de los poros nucleares: **proteínas RAN**



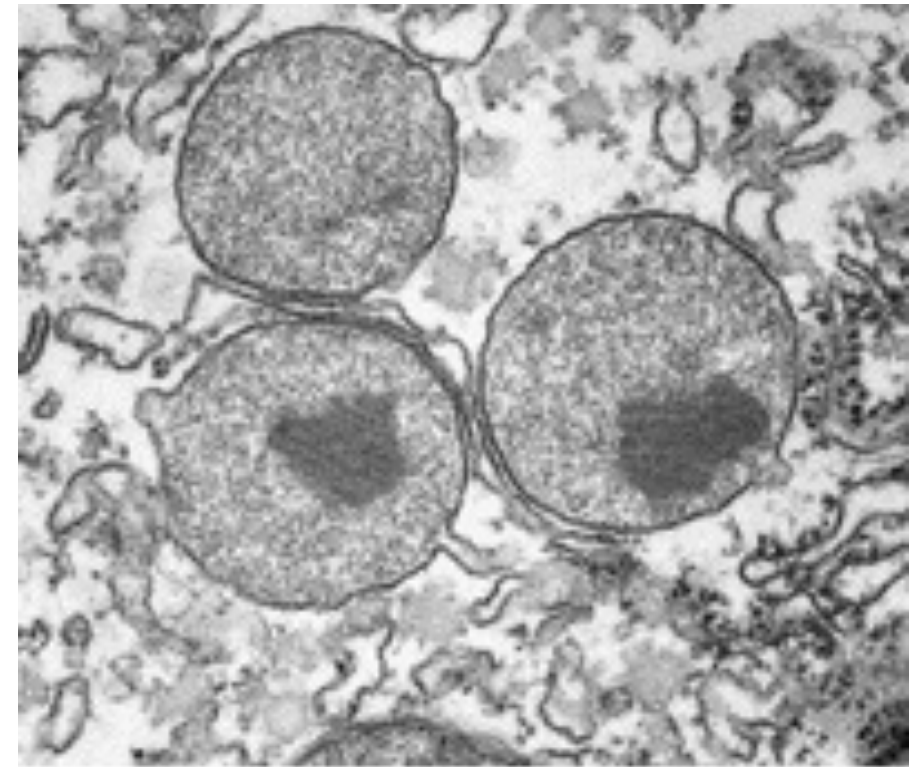
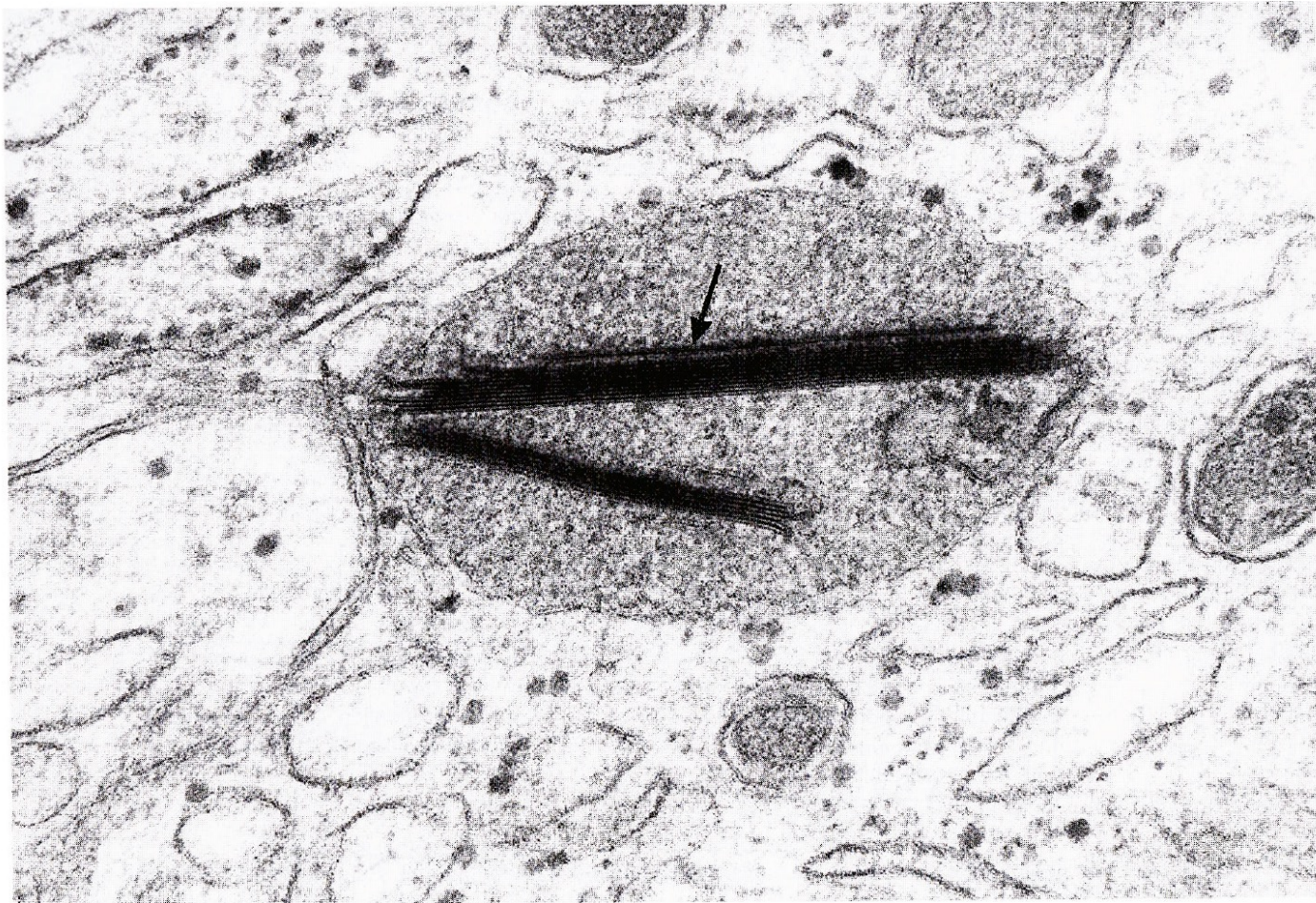
Distribución de las proteínas

Las proteínas **se desenrollan** para ingresar en las mitocondrias



Distribución de las proteínas

Las proteínas ingresan tanto **desde el citosol como desde el el retículo endoplásmico**



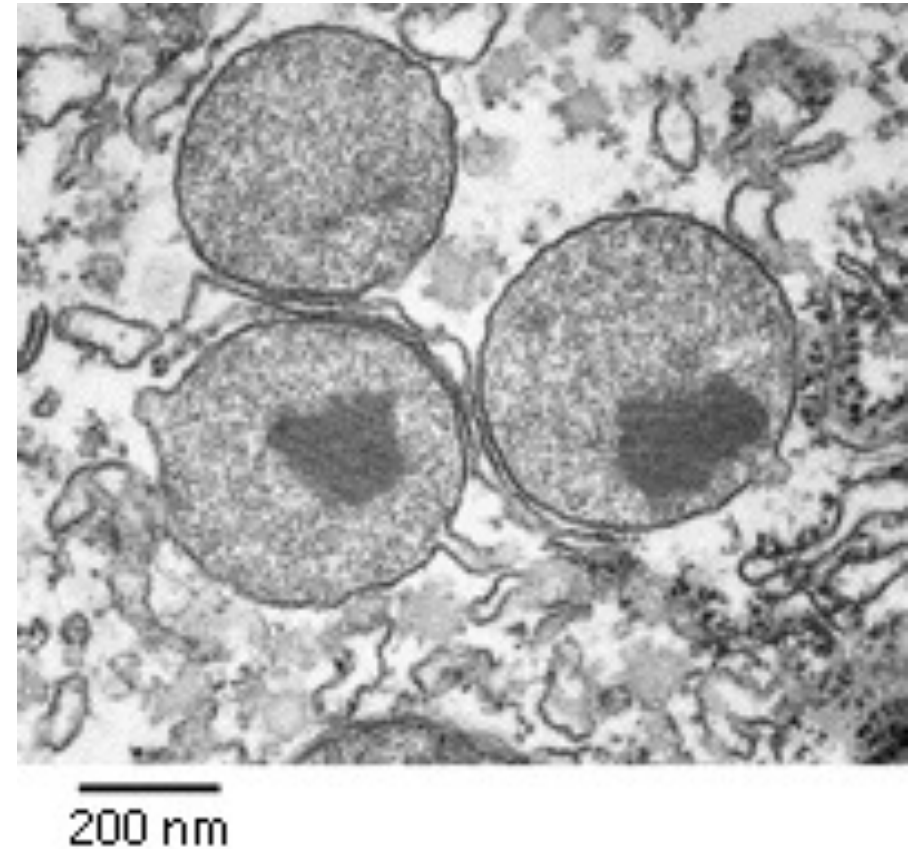
200 nm

Distribución de las proteínas: peroxisomas

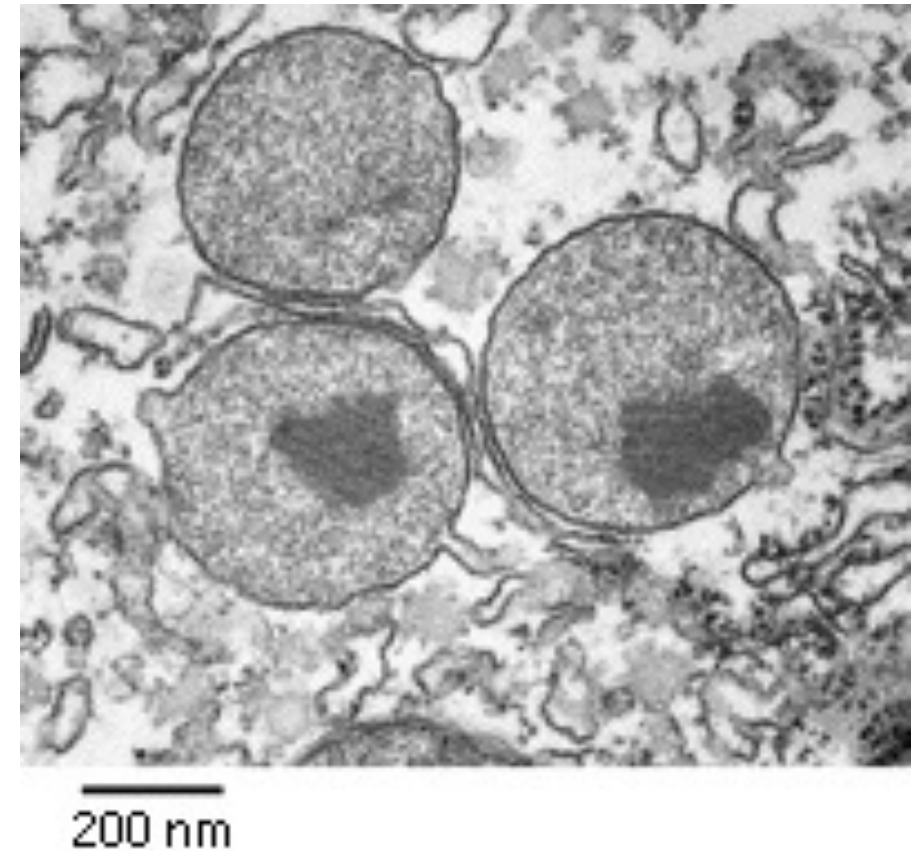
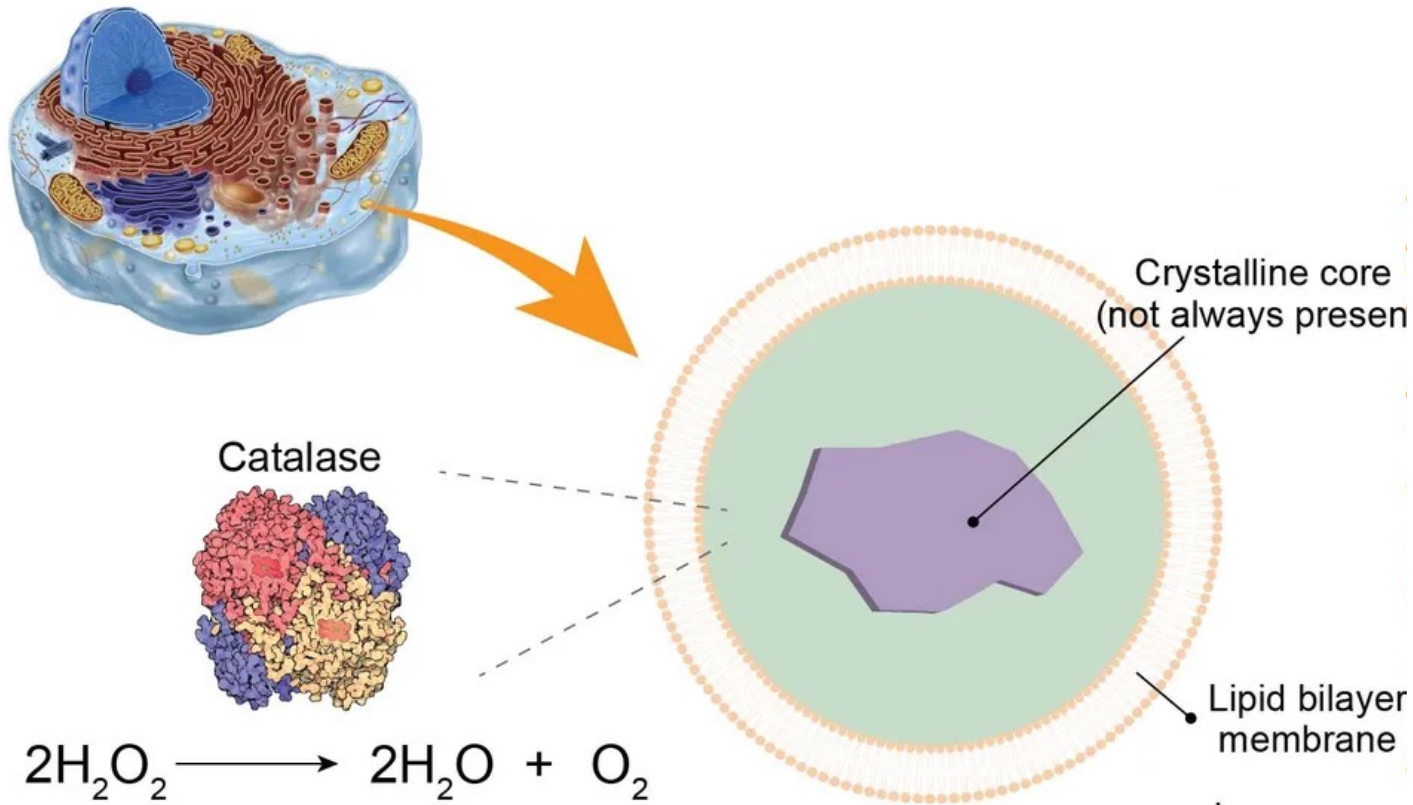
Las proteínas ingresan en los peroxisomas tanto **desde el citosol como desde el el retículo endoplásmico**

Orgánulos esféricos de pequeño tamaño (0,2-1µm) **rodeados de membrana** y con numerosos **enzimas oxidativos**

- **Detoxificación** de compuestos cuya acumulación es lesiva
- *B*-oxidación de ácidos grasos y derivados lipídicos que **no pueden ser procesados en la mitocondria**
- Eliminación del H_2O_2

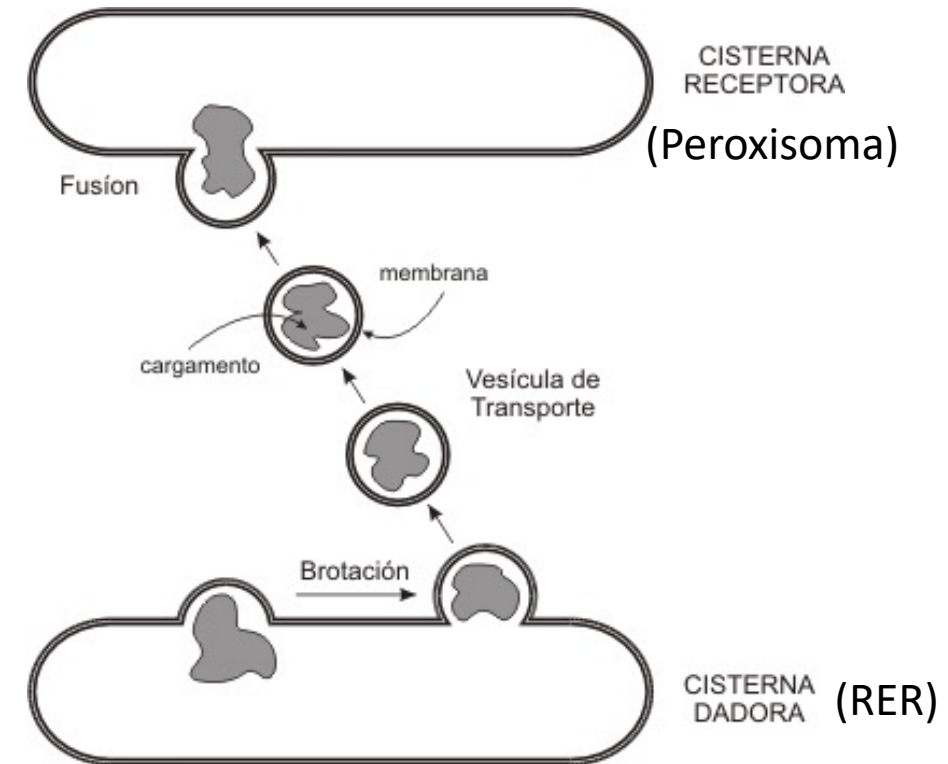
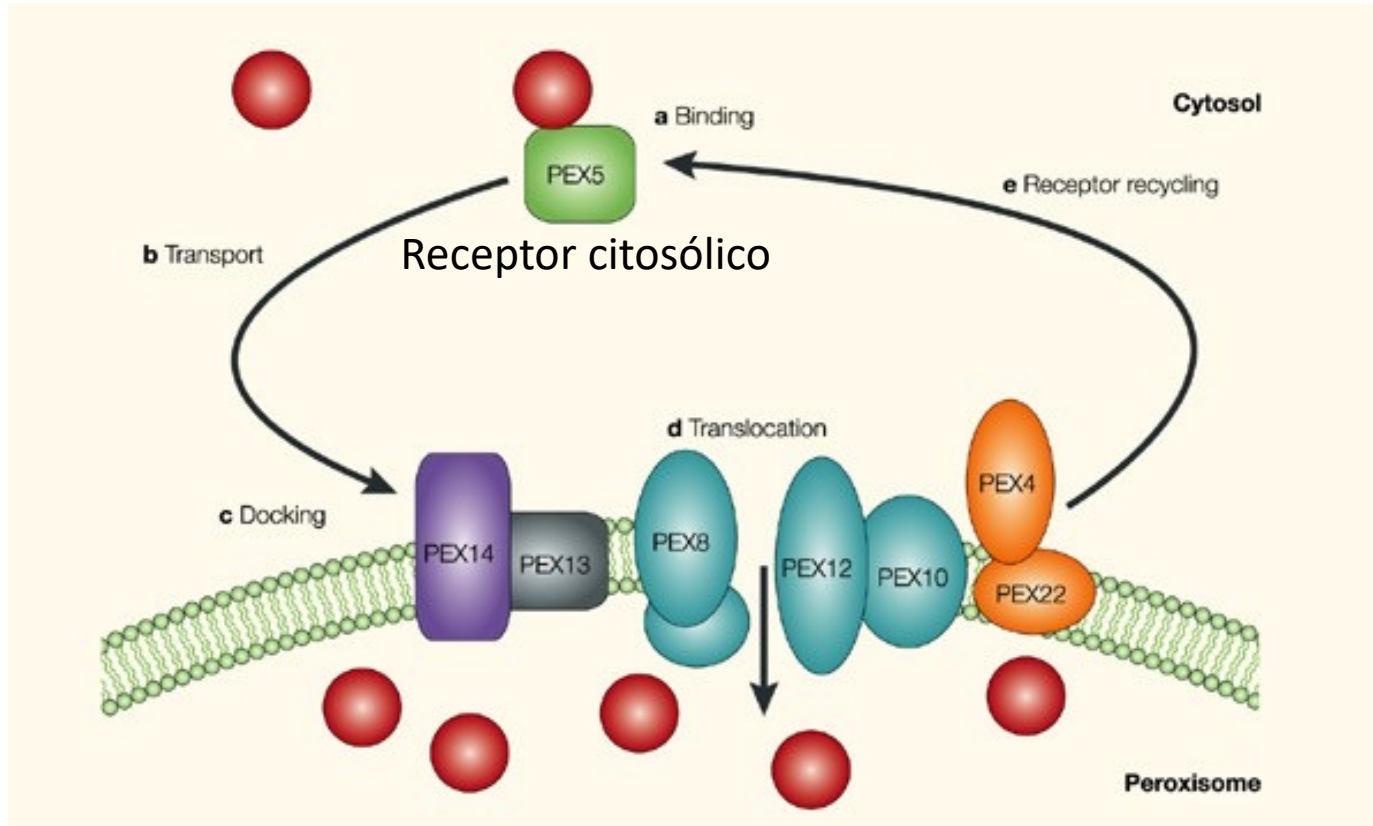


Distribución de las proteínas: peroxisomas



Distribución de las proteínas

Las proteínas ingresan en los peroxisomas tanto **desde el citosol** como **desde el el retículo endoplásmico**

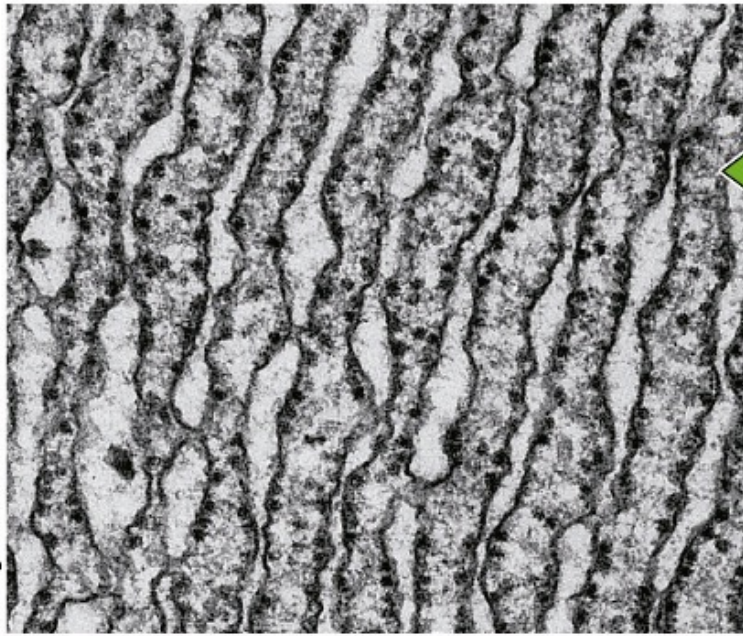


Receptores proteicos del citosol reconocen la secuencia de reconocimiento
Participación de translocadores (**la proteína no se despliega**)

Retículo endoplasmático

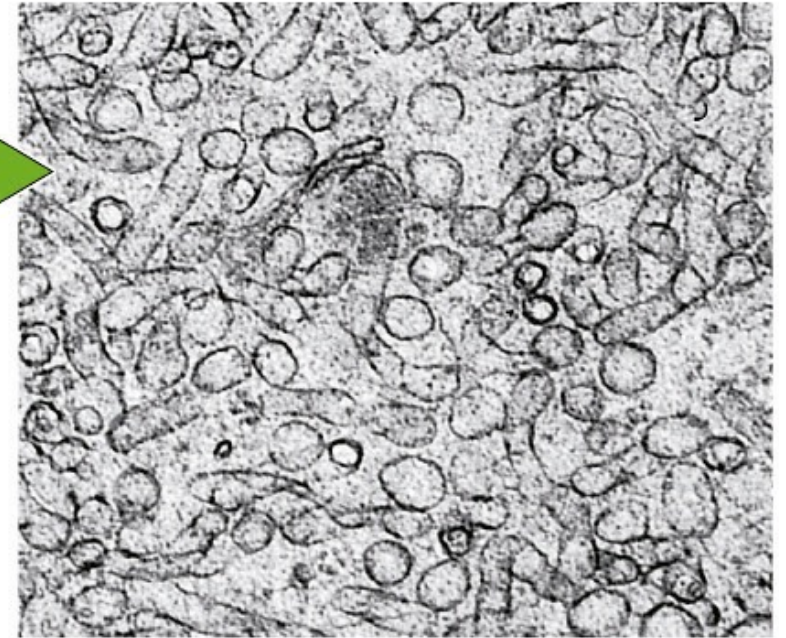
Red de túbulos y sacos aplanados (cisternas) limitados por membrana e interconectados entre sí que limitan un espacio interno (luz o lumen).

(A) Rough endoplasmic reticulum

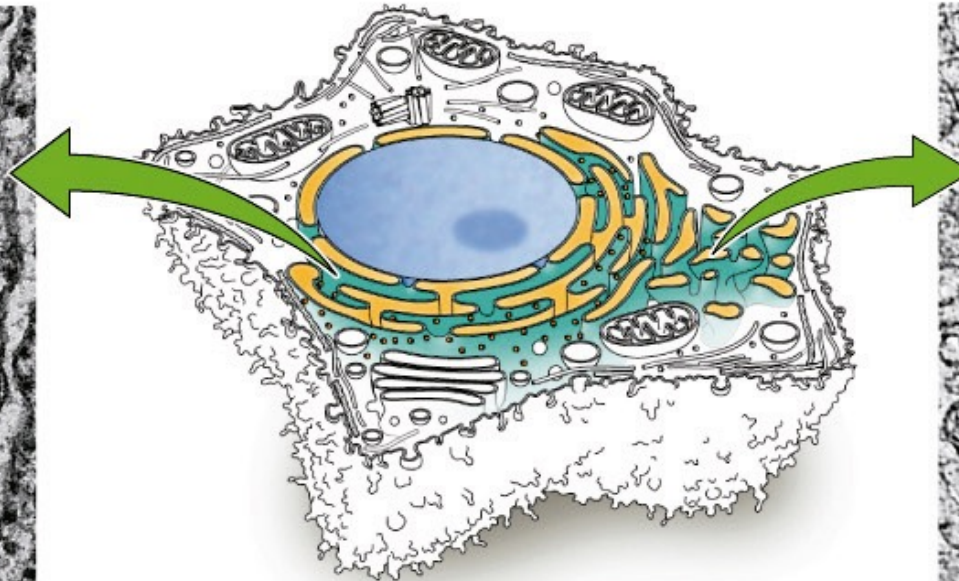


Red de sacos aplanados-cisternas

(B) Smooth endoplasmic reticulum

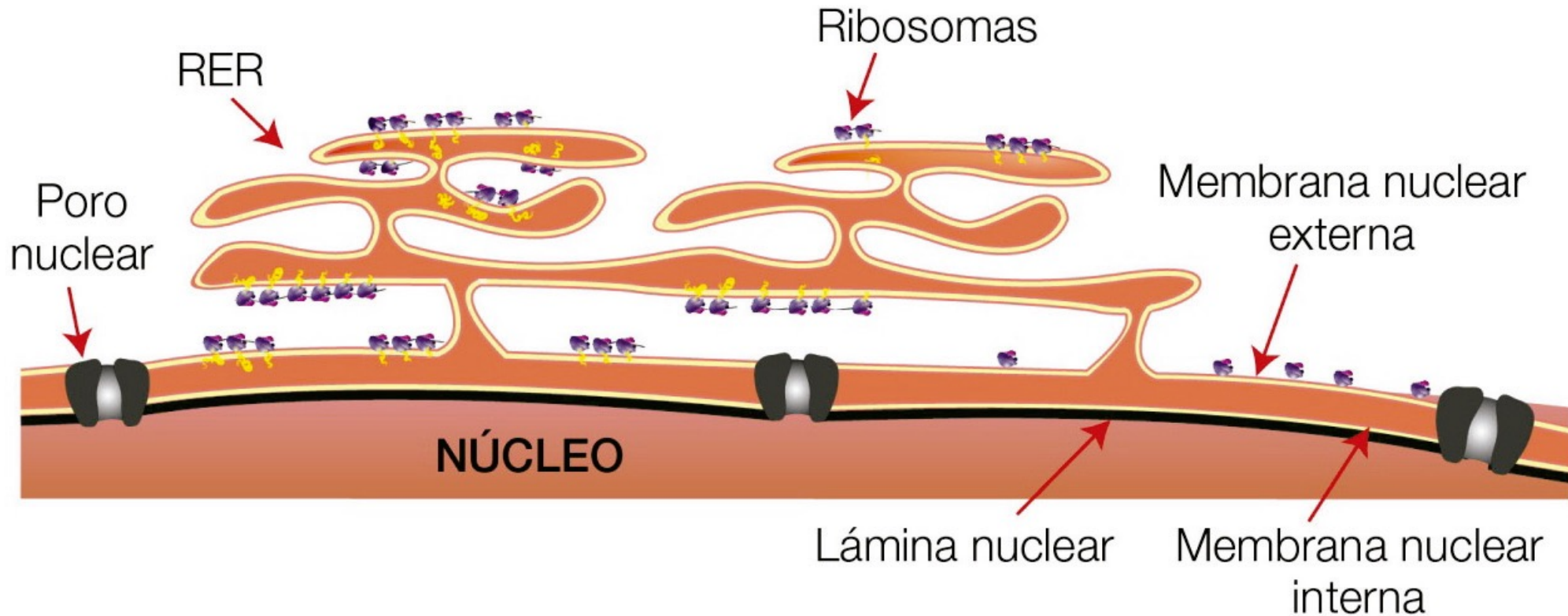


Red de túbulos

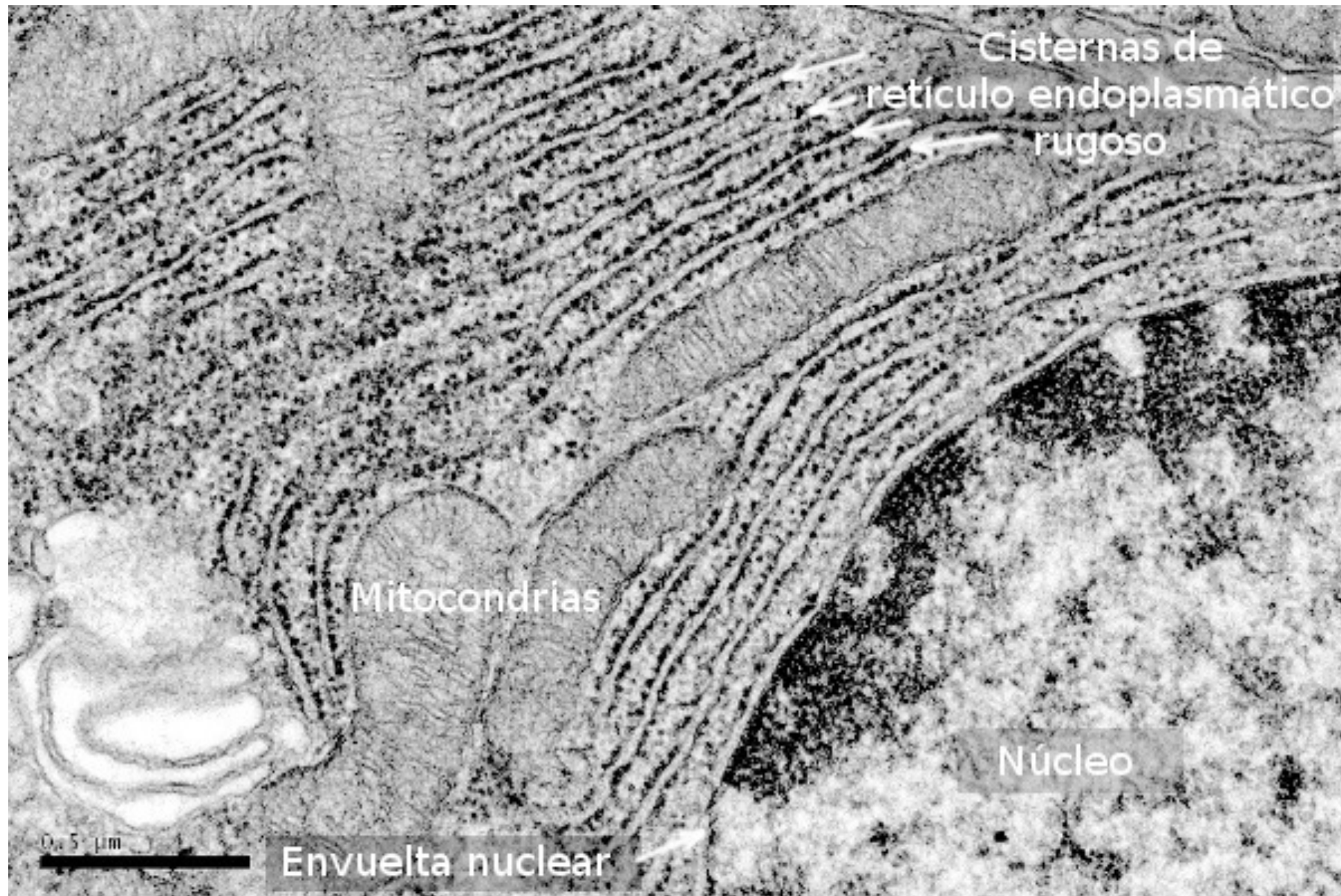


Retículo endoplasmático rugoso

- Red interconectada de **sáculos aplanados**
- Ribosomas en membrana citosólica
- Continuación de membrana externa de la envoltura nuclear y con el REL

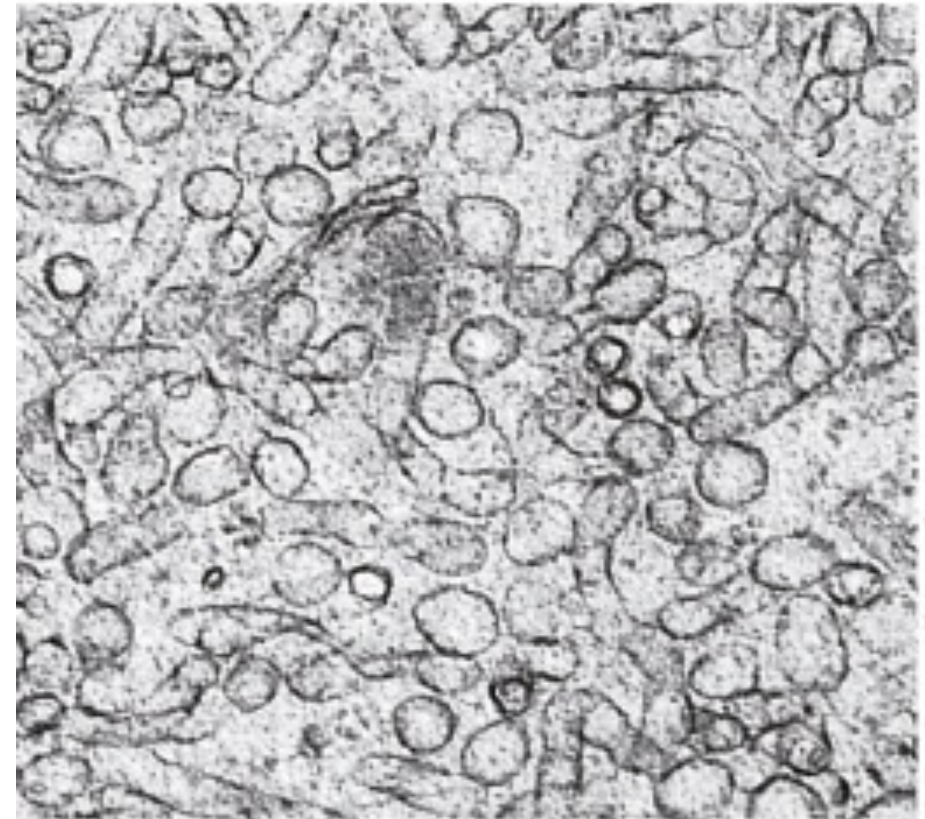
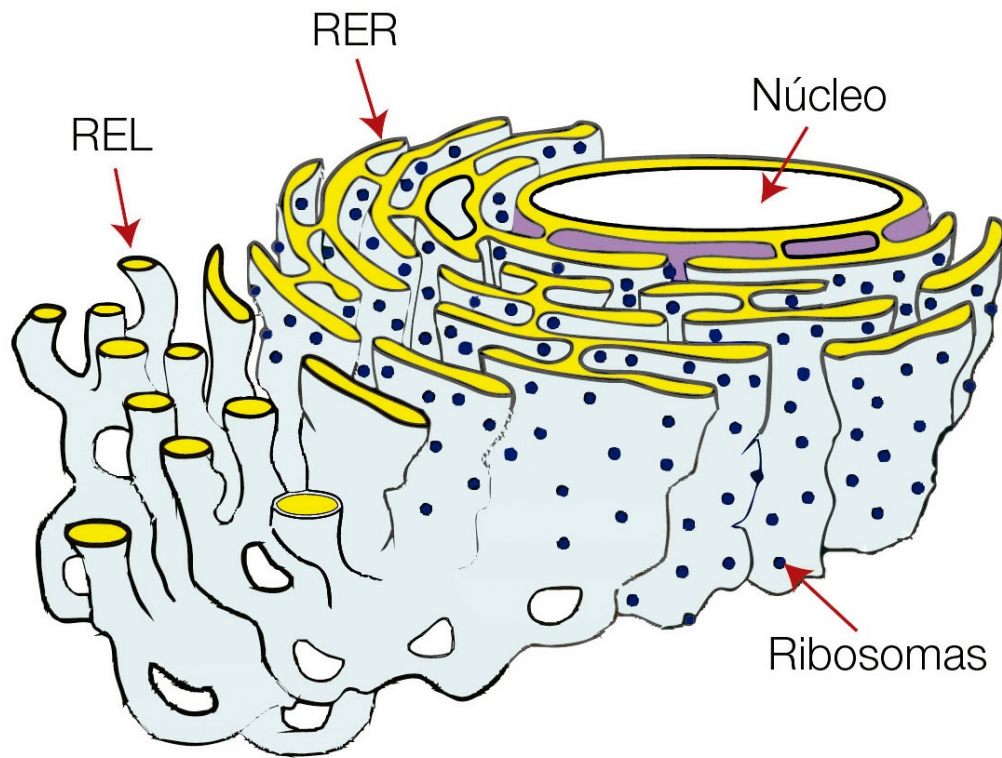


Retículo endoplasmático rugoso

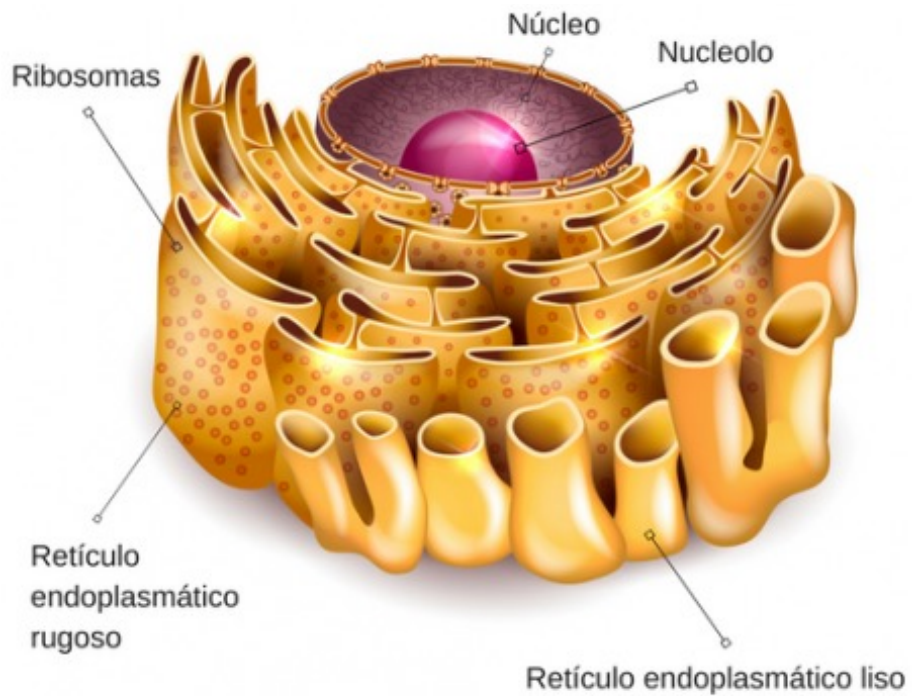


Retículo endoplasmático liso

- Red interconectada de **túbulos**
- Sin ribosomas
- Interconectado con el RER
- Síntesis de lípidos, detoxificación de sustancias liposolubles, metabolismo del glucógeno, almacenamiento de calcio...



Retículo endoplasmático liso



1. Síntesis de lípidos:

- Fosfolípidos, colesterol y ceramidas.
- Se reparten por vía vesicular a los orgánulos del sistema de endomembranas

2. Detoxificación de sustancias liposolubles:

- Exógenas o derivadas del metabolismo celular.

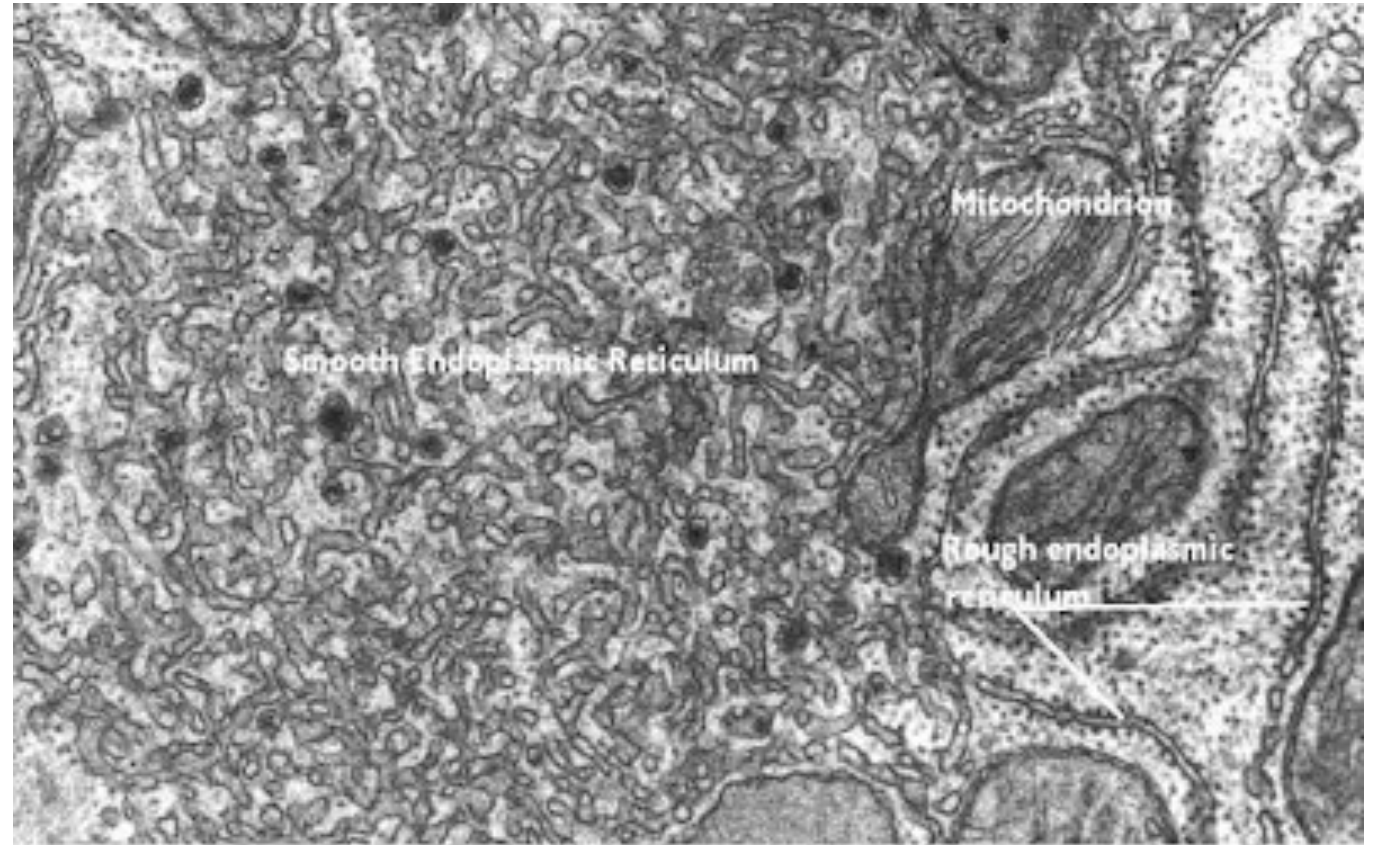
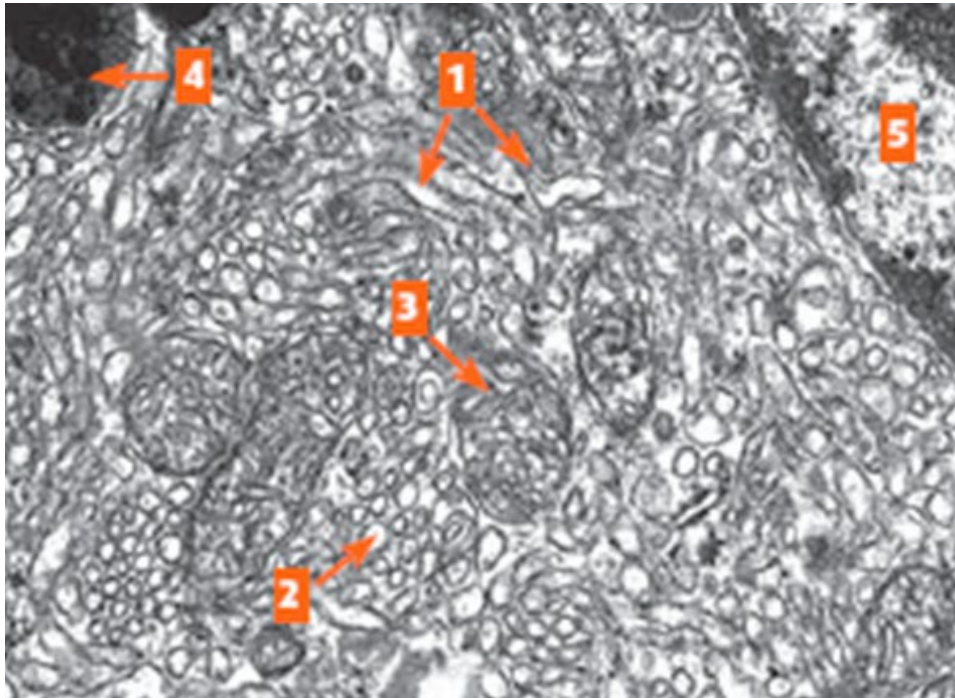
3. Metabolismo del glucógeno:

- Glucogenolisis

4. Almacenamiento de Calcio

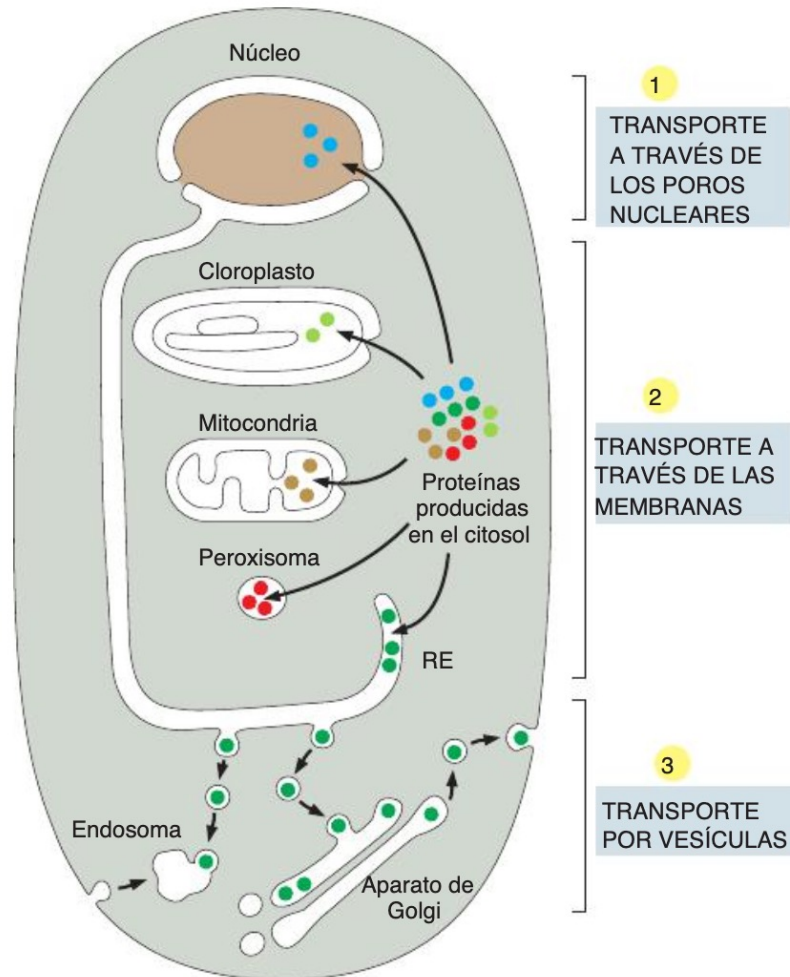
- Reservorio intracelular de Ca: Bombas de Ca- ATPasas
- Retículo sarcoplásmico en células de músculo estriado y cardiaco

Retículo endoplasmático liso



Distribución de las proteínas: las proteínas entran en el RE mientras son sintetizadas

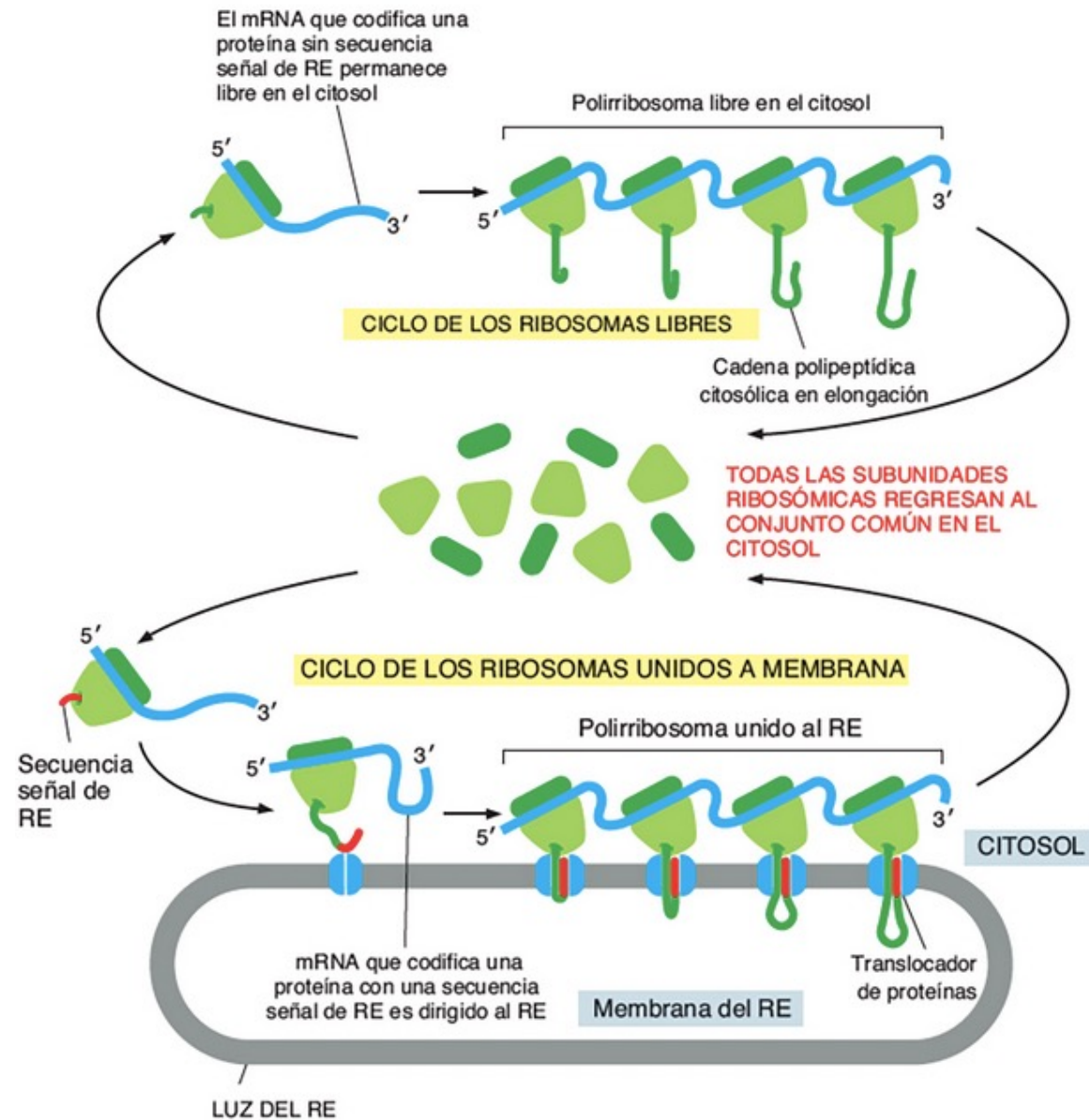
El RE sirve como punto de entrada para proteínas destinadas a otros orgánulos: **transportadas mediante vesículas**



1. Proteínas hidrosolubles

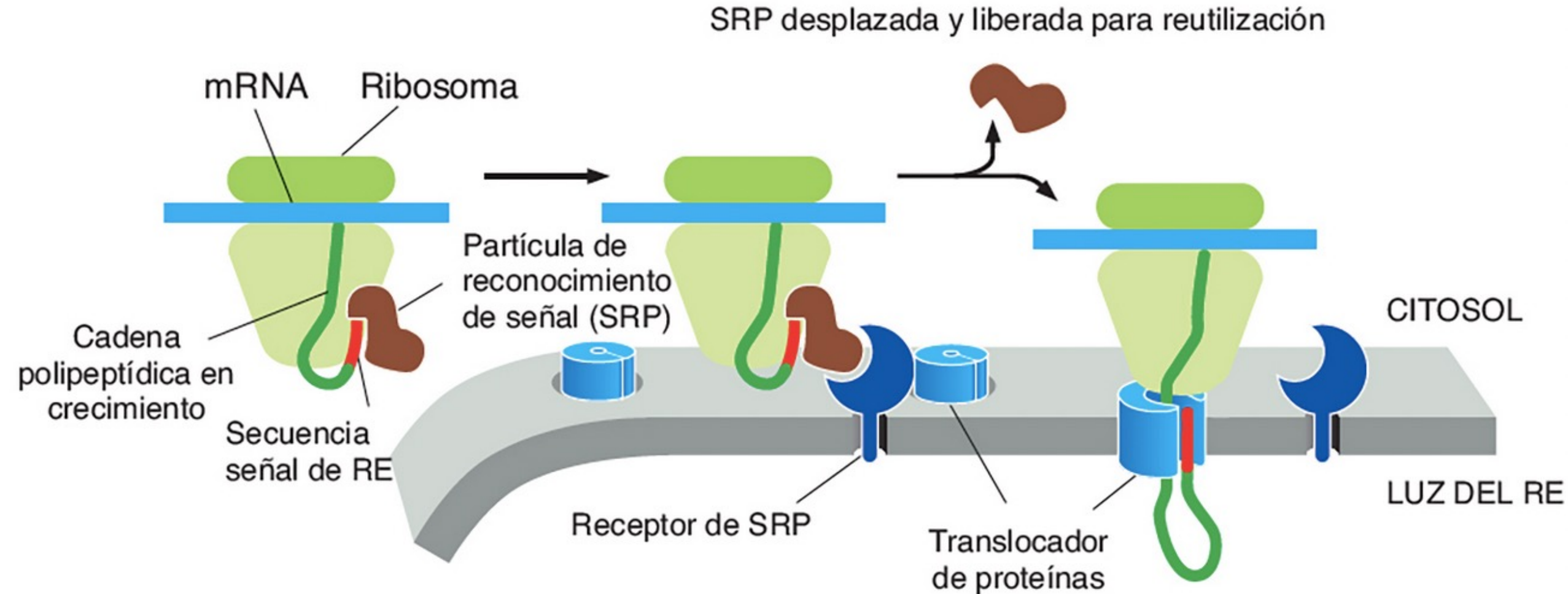
2. Futuras proteínas transmembrana

Distribución de las proteínas: las proteínas entran en el RE mientras son sintetizadas



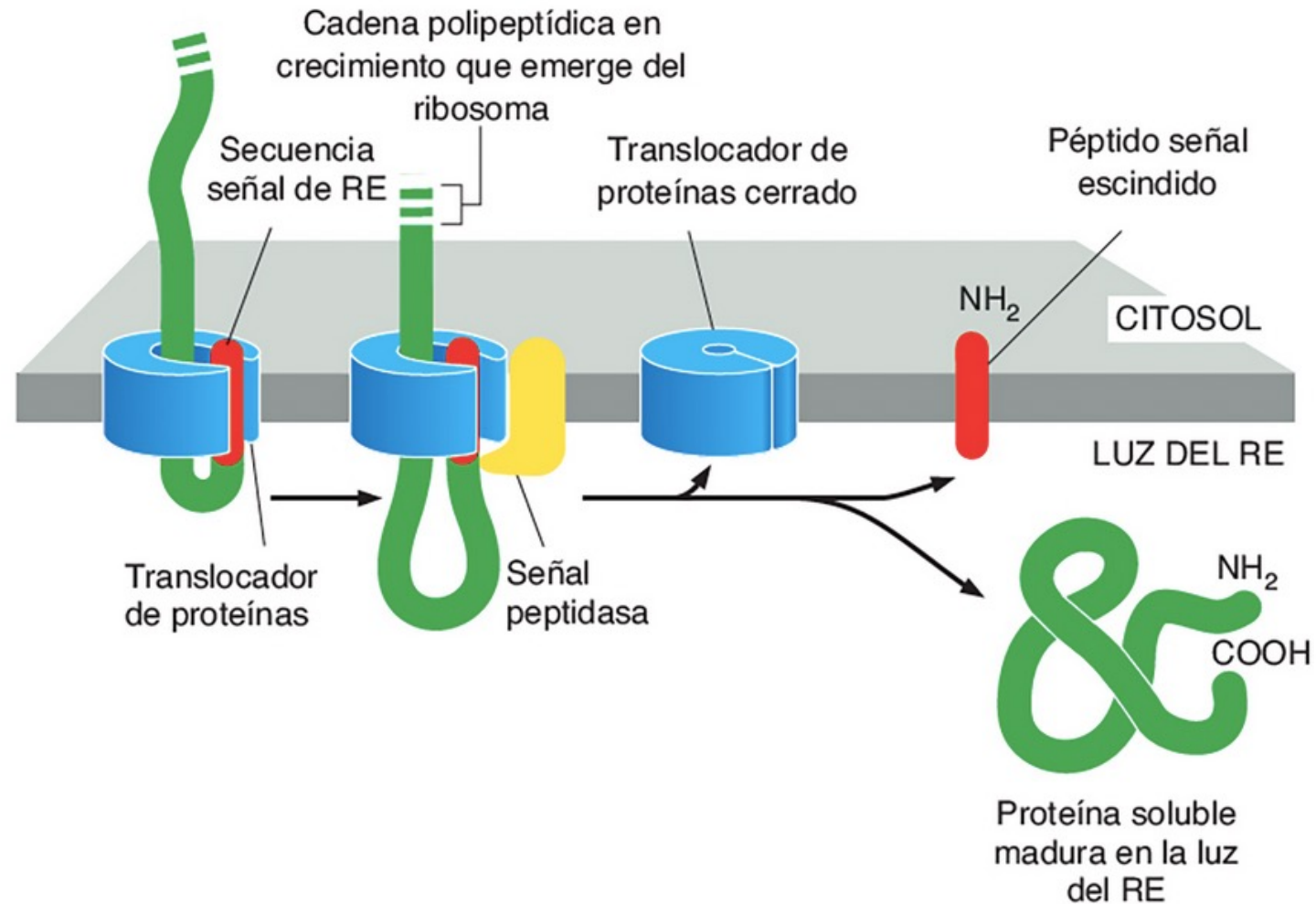
Distribución de las proteínas: las proteínas entran en el RE mientras son sintetizadas

Una secuencia señal de RE y una SRP dirigen a un ribosoma a la membrana del RE



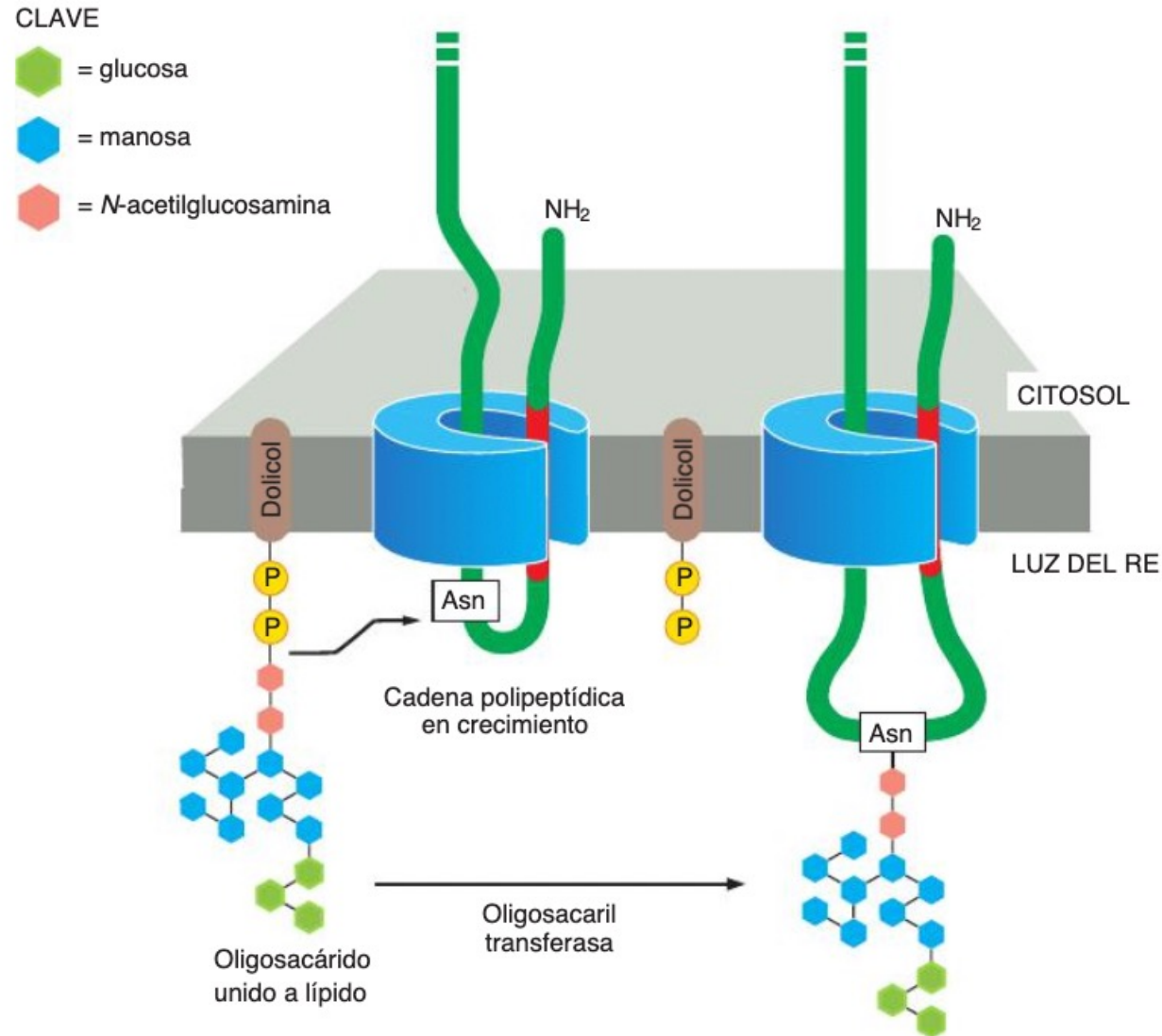
Distribución de las proteínas: las proteínas entran en el RE mientras son sintetizadas

Las proteínas solubles producidas en el RE son liberadas a su luz



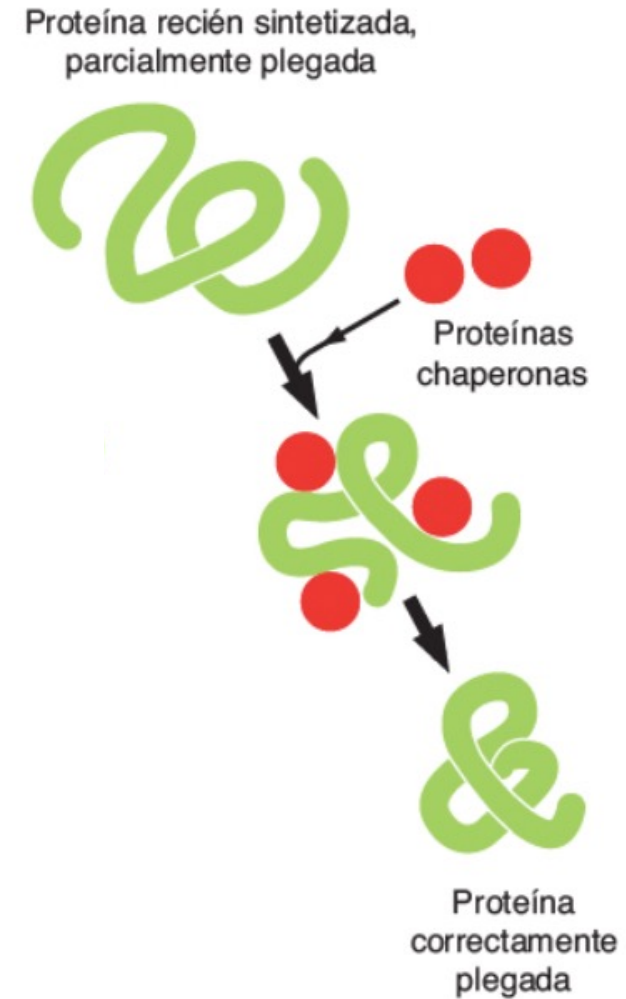
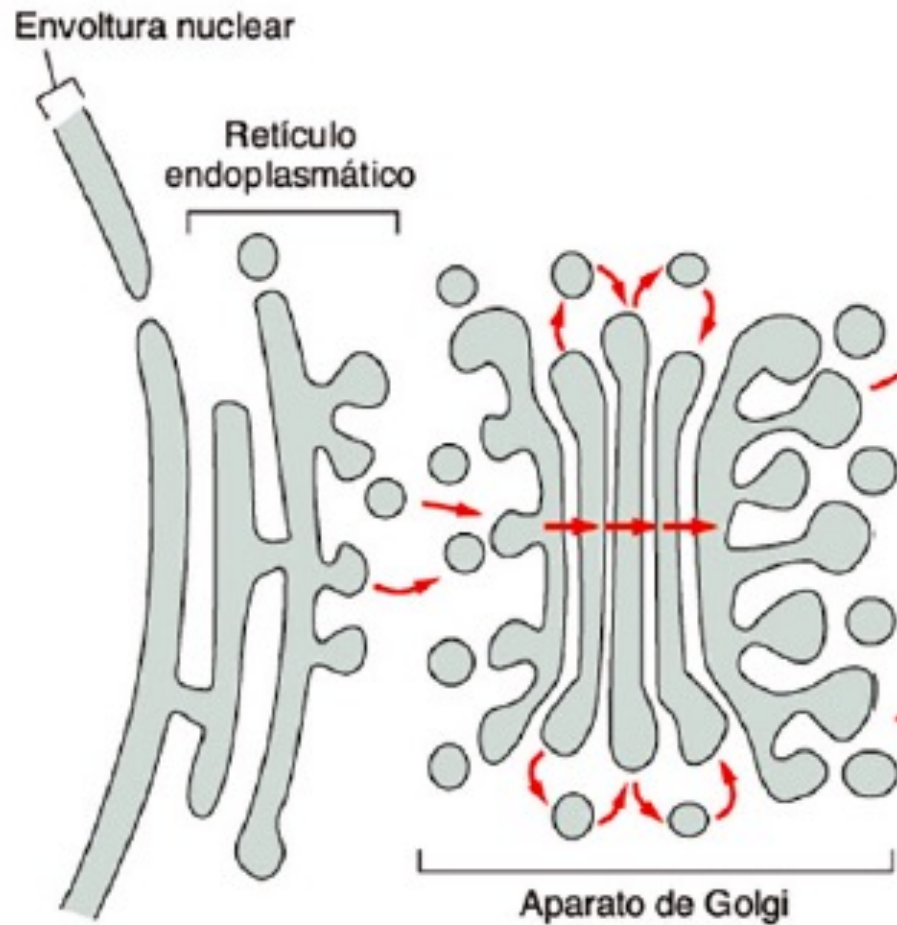
Muchas proteínas son sometidas a modificaciones covalentes en el RE

Muchas de las proteínas son convertidas en glucoproteínas



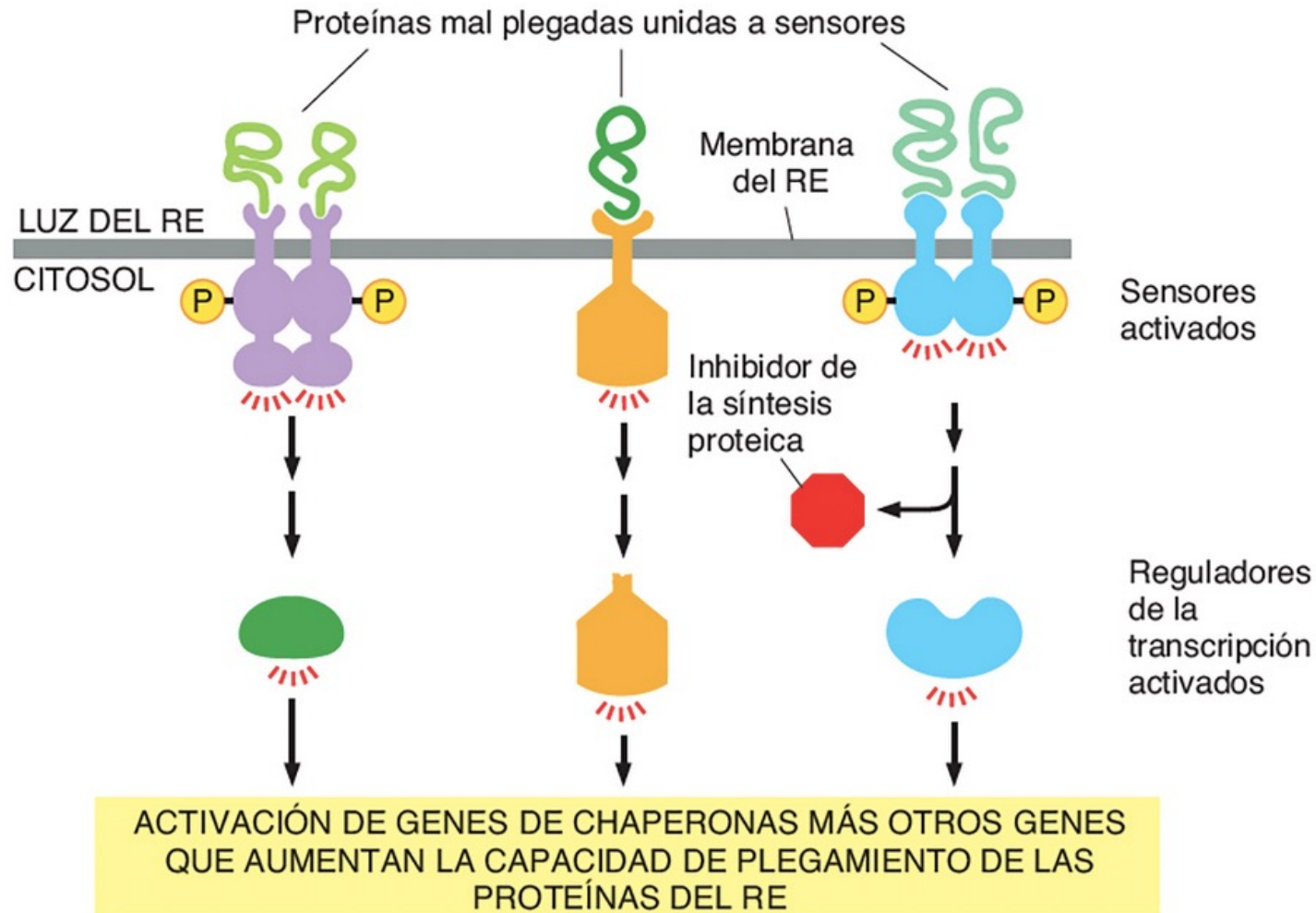
La salida del RE es altamente selectiva

Las proteínas mal plegadas no salen del RE



La salida del RE es altamente selectiva

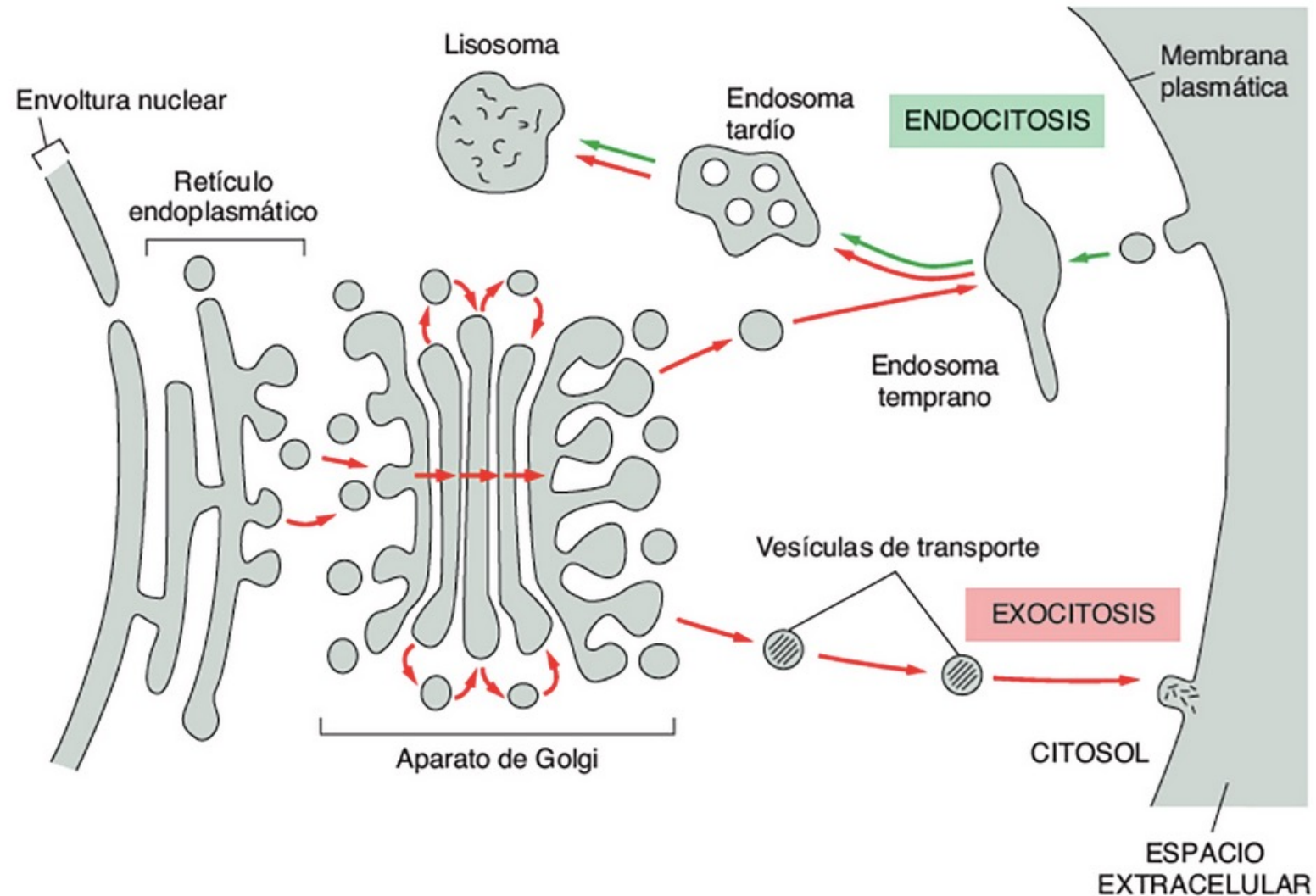
La acumulación de proteínas mal plegadas en la luz del RE activa la **RESPUESTA A PROTEÍNAS NO PLEGADAS (UPR)**



Abandonan el RE para ser degradadas en el proteasoma

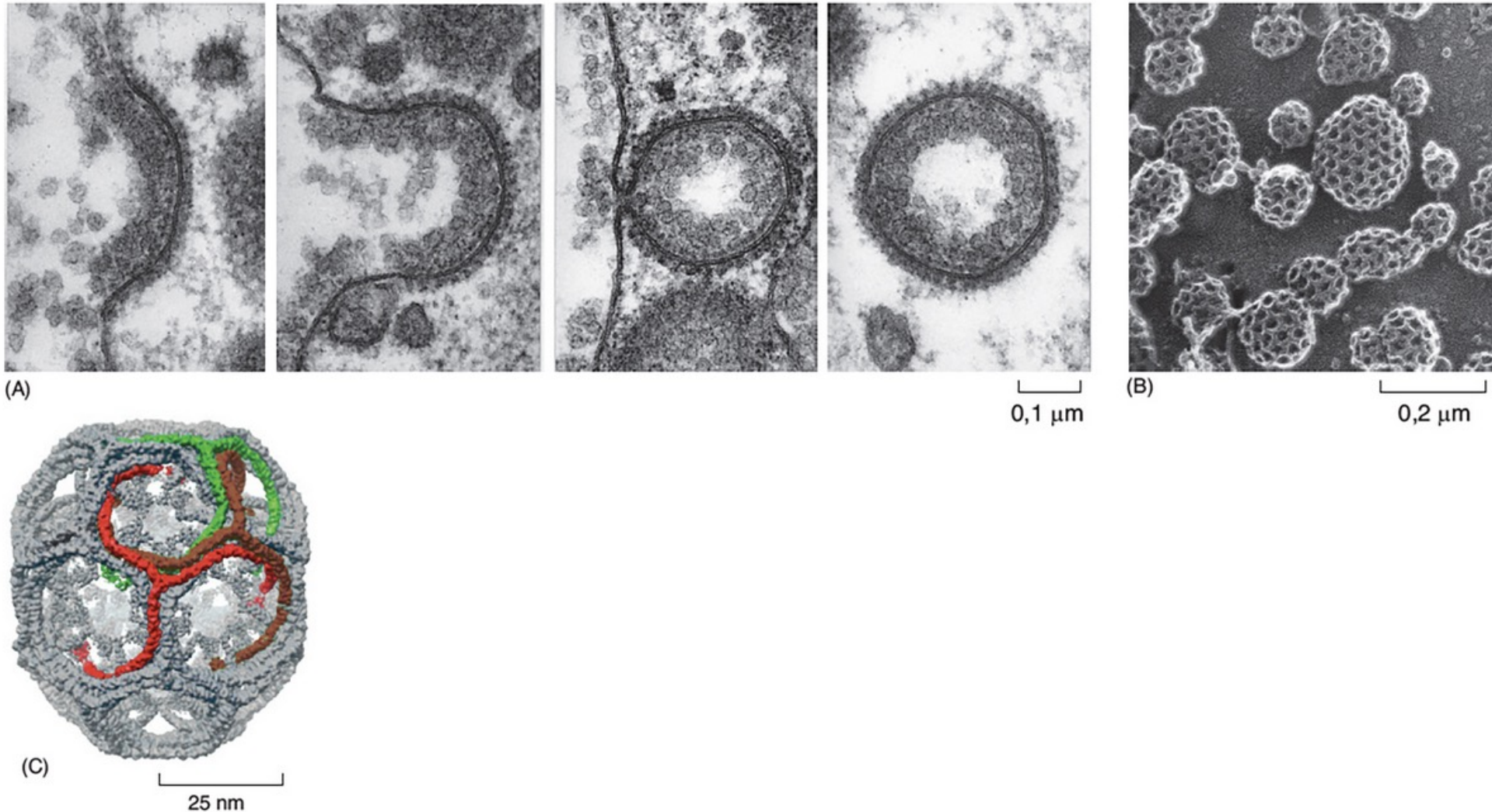
Transporte vesicular

Las vesículas de transporte llevan proteínas solubles y fragmentos de membrana entre los compartimentos



Transporte vesicular: el desprendimiento de las vesículas es impulsado por el ensamblado de una cubierta proteica

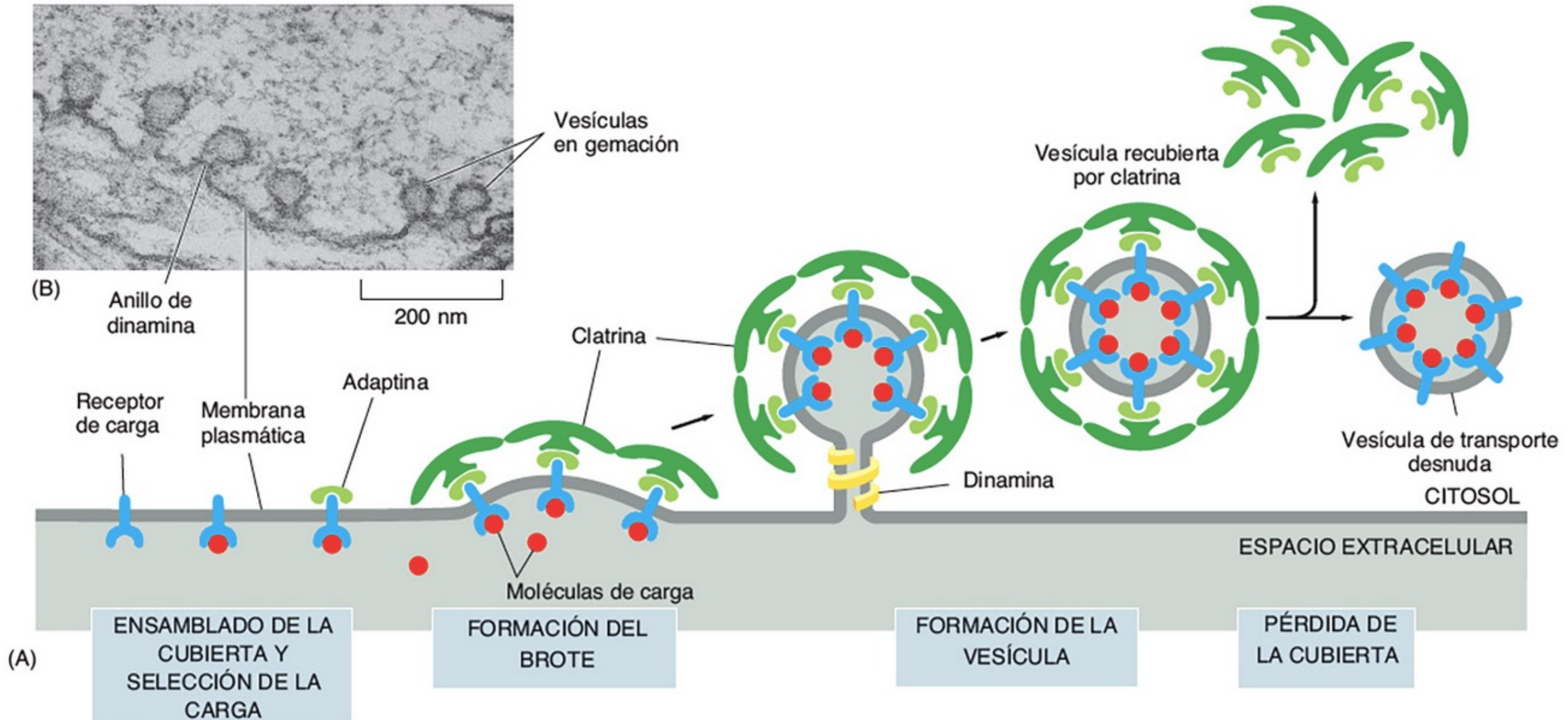
Ayudar a modelar la membrana para formar la vesícula secretora y captura moléculas para el transporte: CLATRINA



Transporte vesicular: el desprendimiento de las vesículas es impulsado por el ensamblado de una cubierta proteica

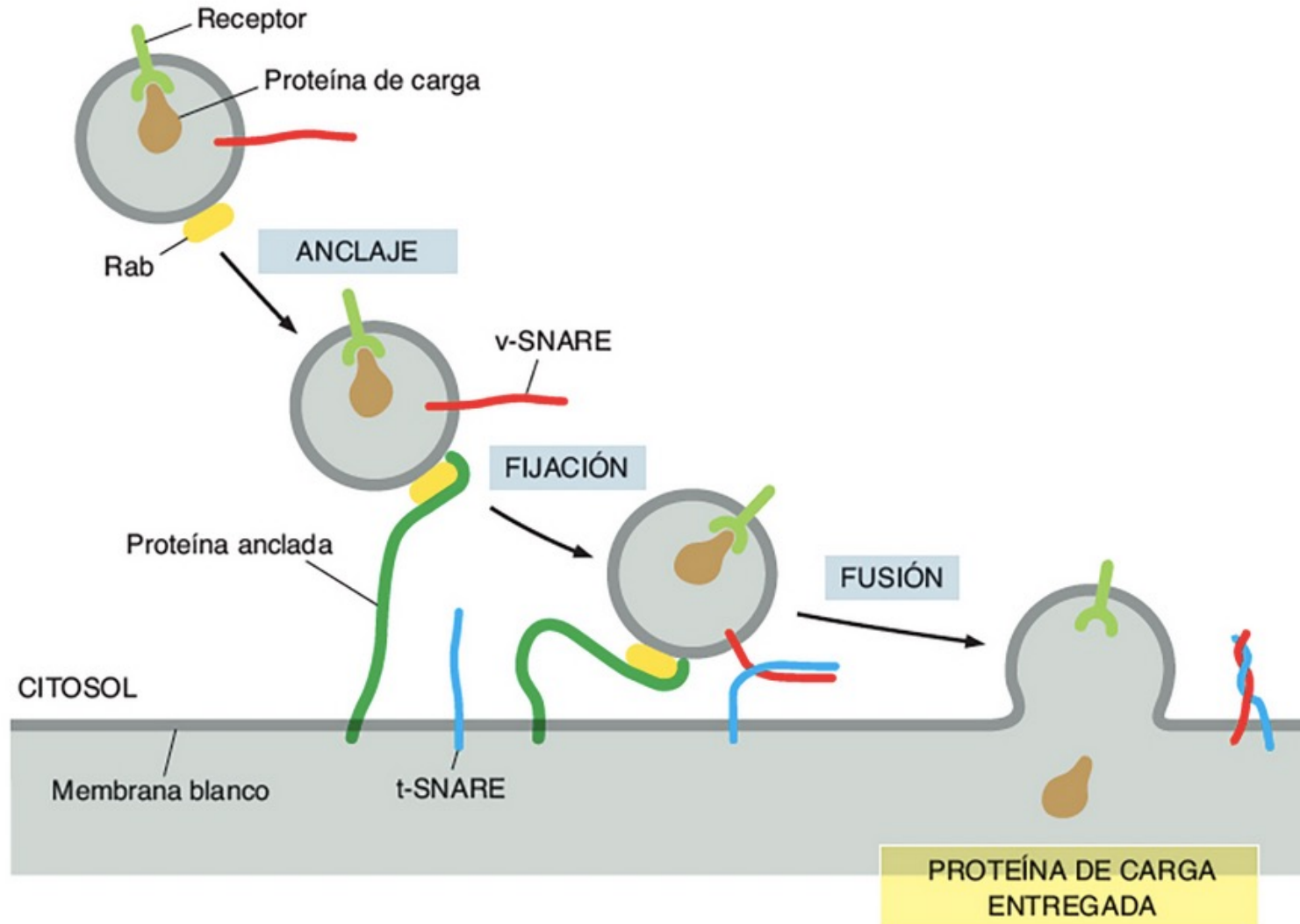
CUADRO 15-4 ALGUNOS TIPOS DE VESÍCULAS RECUBIERTAS			
Tipo de vesícula recubierta	Proteínas de la cubierta	Origen	Destino
Recubierta por clatrina	Clatrina + adaptina 1	Aparato de Golgi	Lisosoma (a través de los endosomas)
Recubierta por clatrina	Clatrina + adaptina 2	Membrana plasmática	Endosomas
Recubierta por COPII	Proteínas COPII	RE	Cisterna de Golgi
Recubierta por COPI	Proteínas COPI	Cisterna de Golgi	RE

Transporte vesicular: el desprendimiento de las vesículas es impulsado por el ensamblado de una cubierta proteica



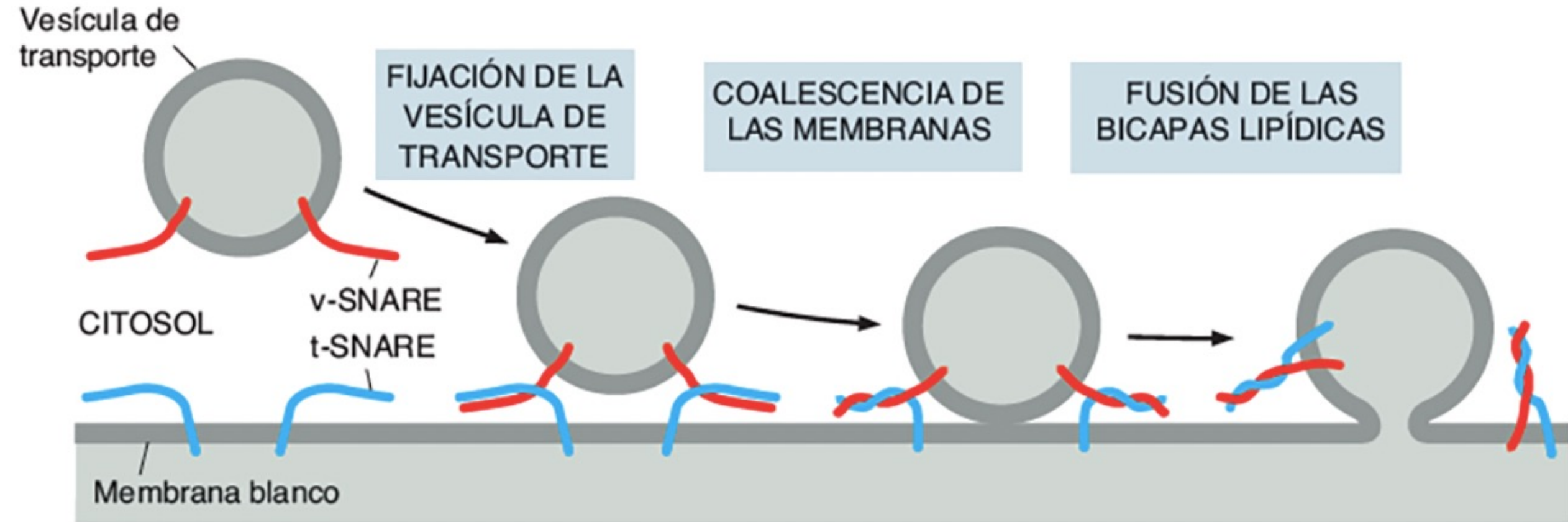
Transporte vesicular: la fijación de vesículas depende de ataduras y SNAREs

Las proteínas **Rab** (GTPasa monomérica) y **SNARE** ayudan a dirigir las vesículas de transporte a sus membranas diana



Transporte vesicular: la fijación de vesículas depende de ataduras y SNAREs

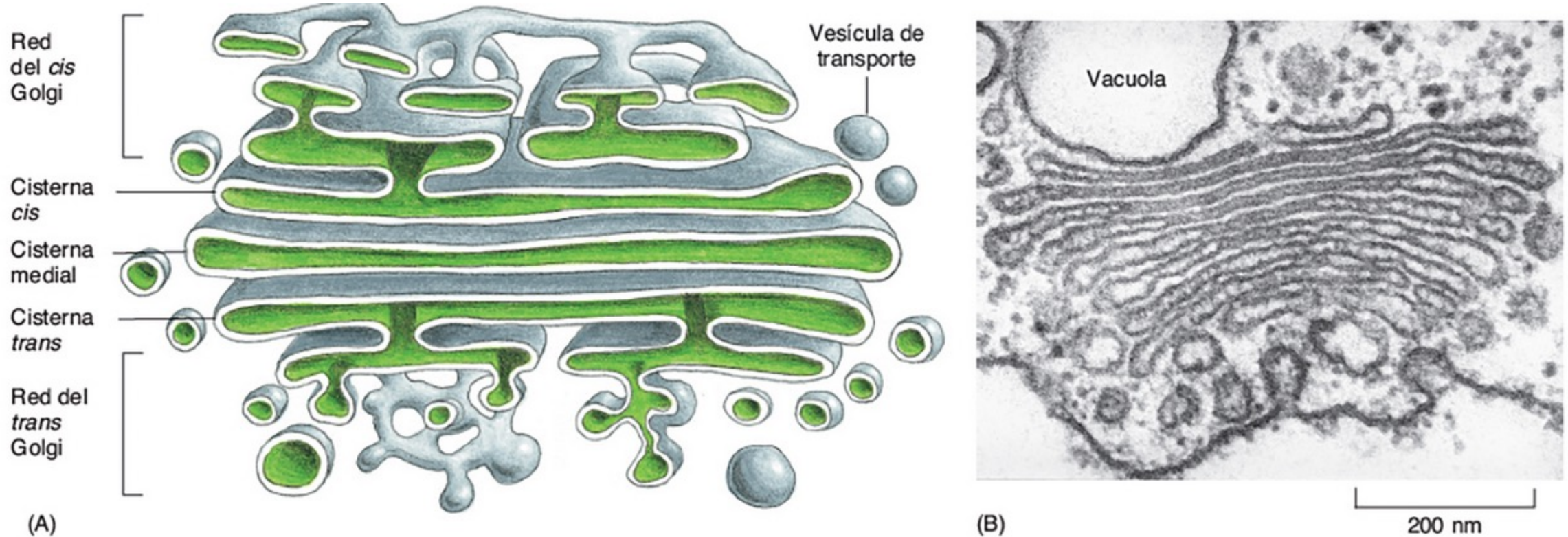
Las proteínas **Rab** (GTPasa monomérica) y **SNARE** ayudan a dirigir las vesículas de transporte a sus membranas diana



Los lípidos fluyen juntos para formar una bicapa continua

Vías secretoras

Las proteínas son modificadas y especializada de forma adicional en el aparato de Golgi

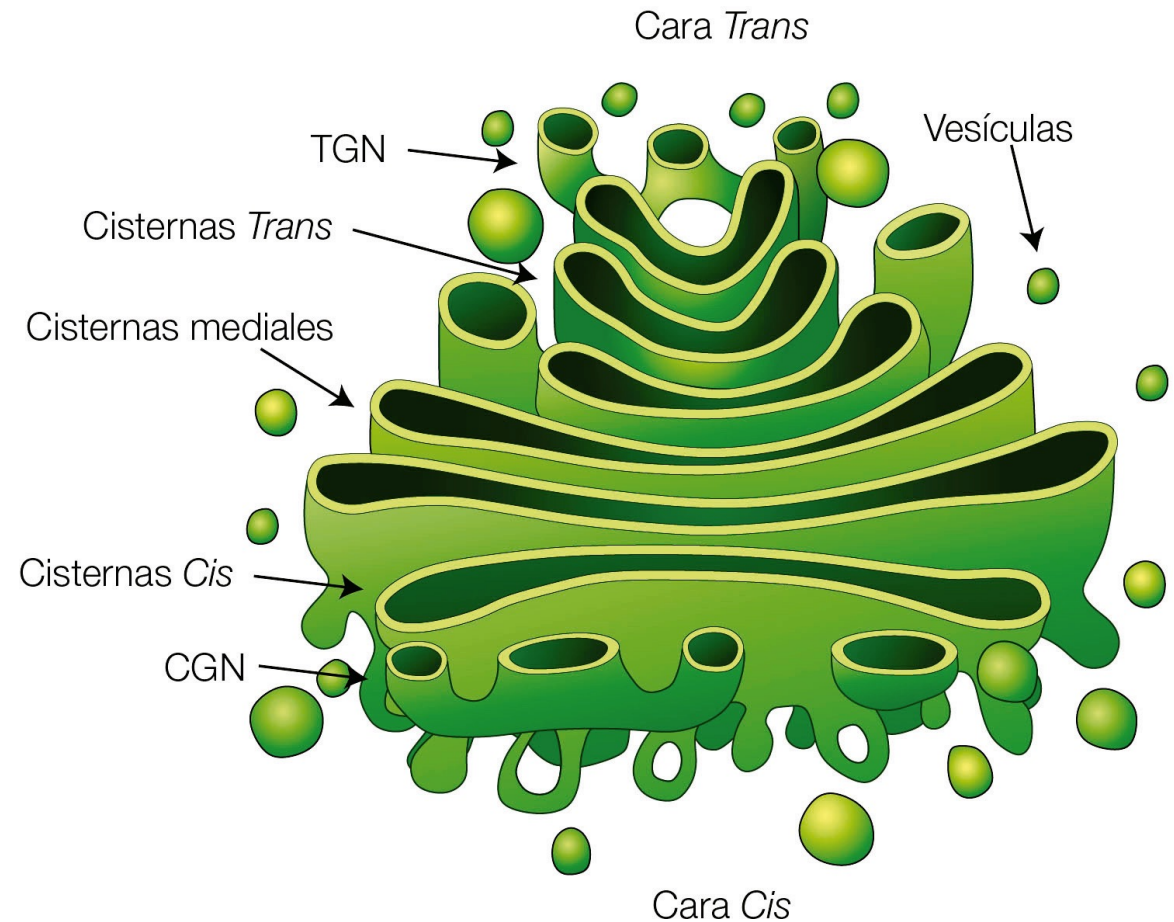
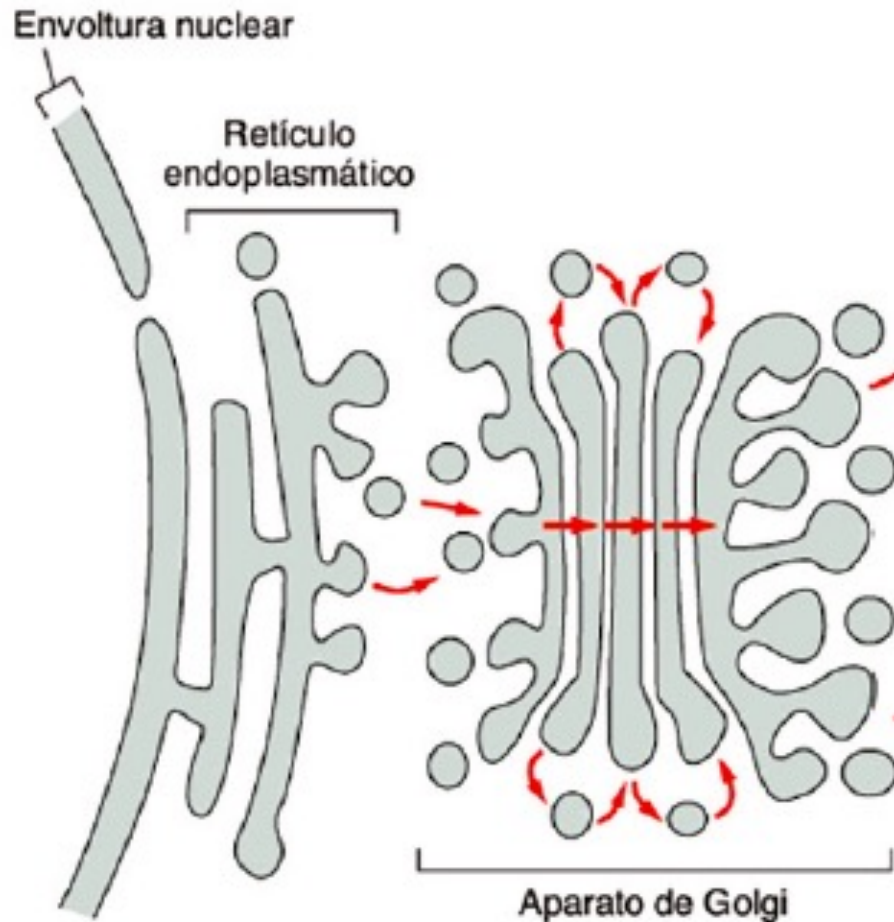


Conjunto de sáculos membranosos aplanados (cisternas) apilados en disposición paralela con vesículas junto a los extremos y elementos tubulares membranosos. **Dictiosoma**

Presente en todas las células **salvo en los eritrocitos**

Aparato de Golgi

Las proteínas viajan en secuencia a través de las cisternas de dos maneras: **vesículas vs. maduración de las cisternas**

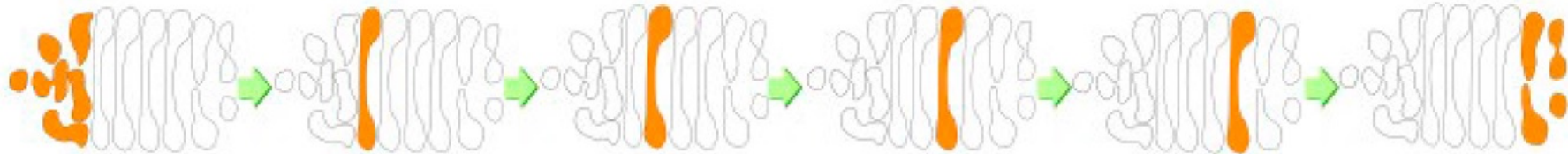


Vesículas transicionales o de transición

Aparato de Golgi

Las proteínas viajan en secuencia a través de las cisternas de dos maneras: **vesículas vs. maduración de las cisternas**

MODELO DE MADURACIÓN DE CISTERNAS

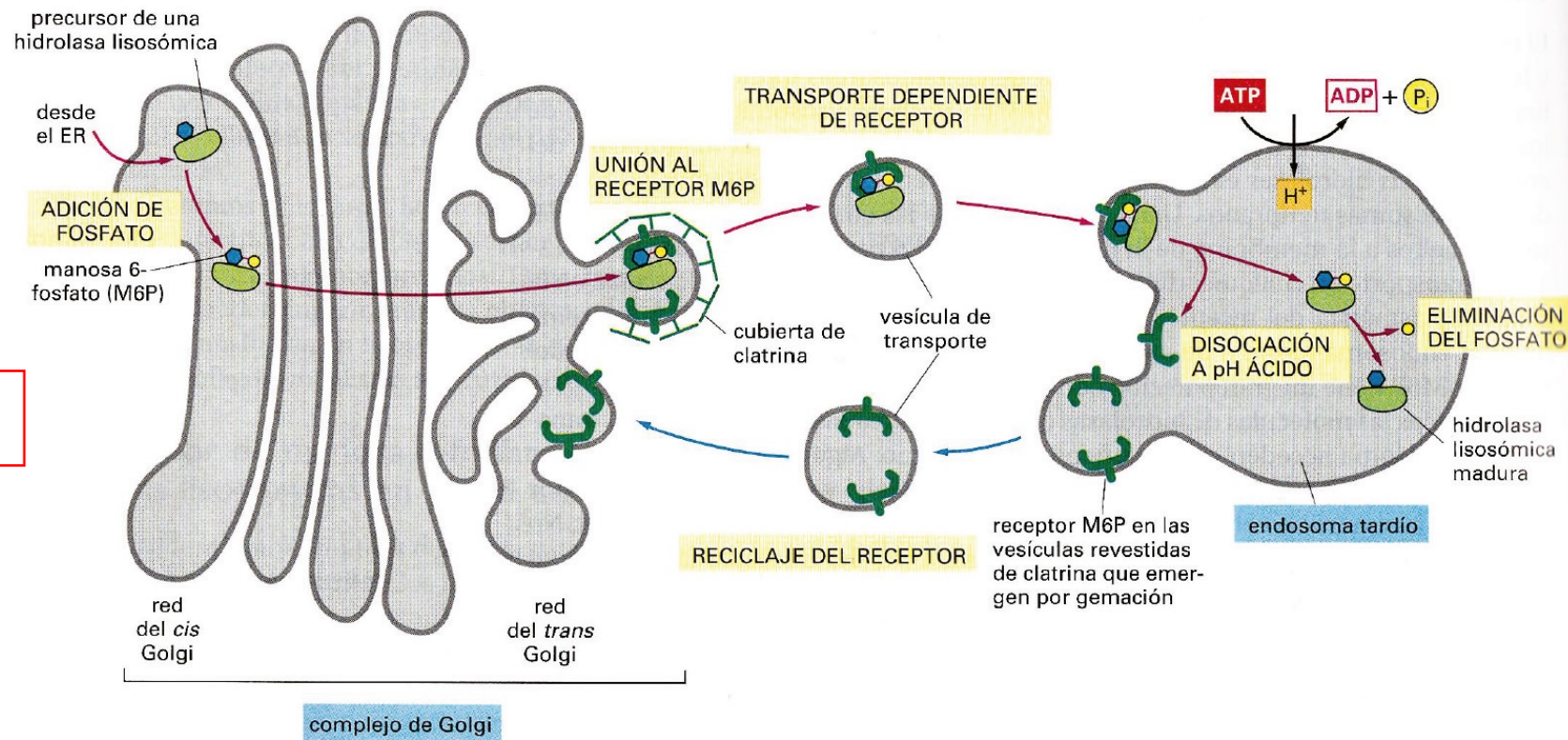


Vesículas transicionales o de transición

Aparato de Golgi: funciones

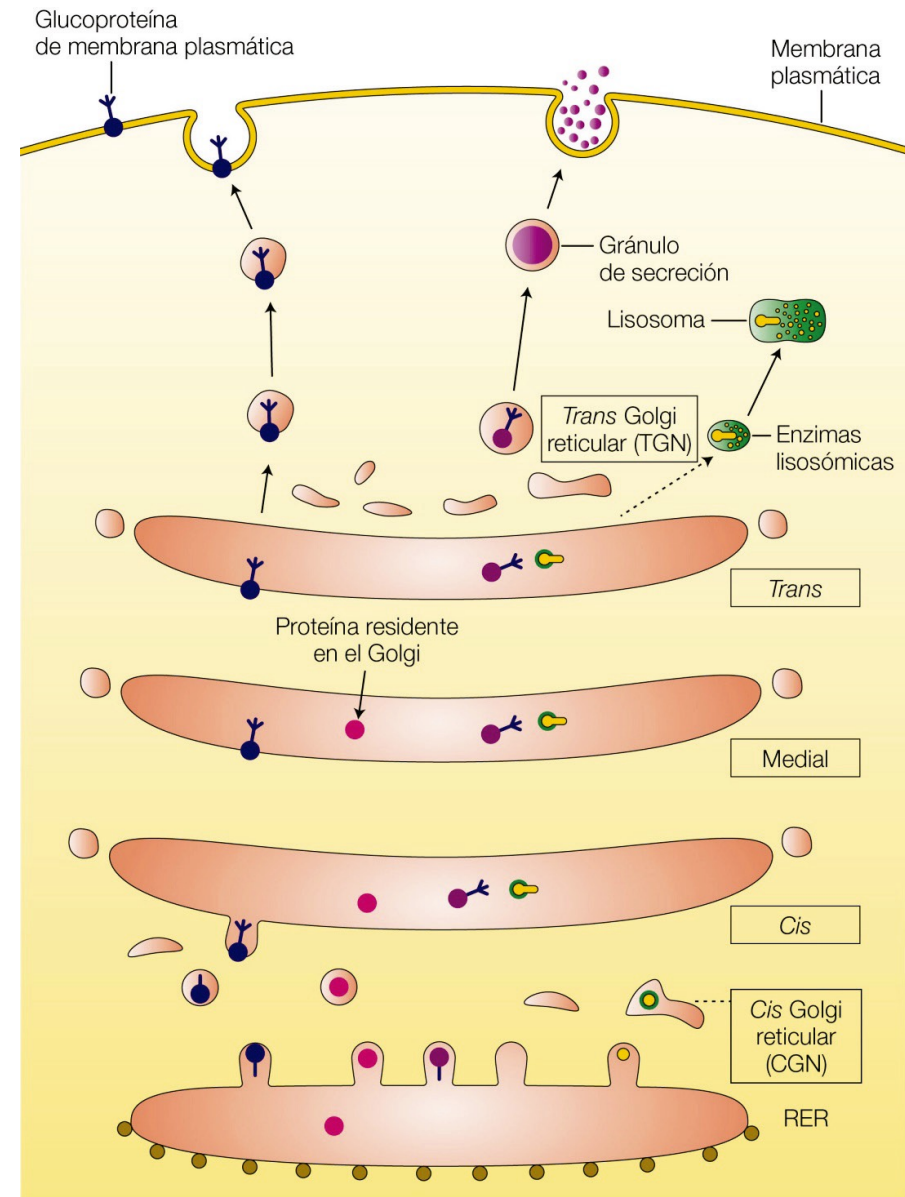
- Se continua con la maduración de las proteínas y los lípidos procedentes del RE
- Empaquetamiento en vesículas hacia su destino final

1. GLUCOSIDADACIÓN DE PROTEÍNAS
2. SULFATACIÓN DE PROTEÍNAS
3. FRAGMENTACIÓN DE PROTEÍNAS
4. MARCAJE DE PROTEINAS-ENZIMAS
5. DISTRIBUCIÓN DE MACROMOLÉCULAS
6. RECICLAJE DE MEMBRANAS

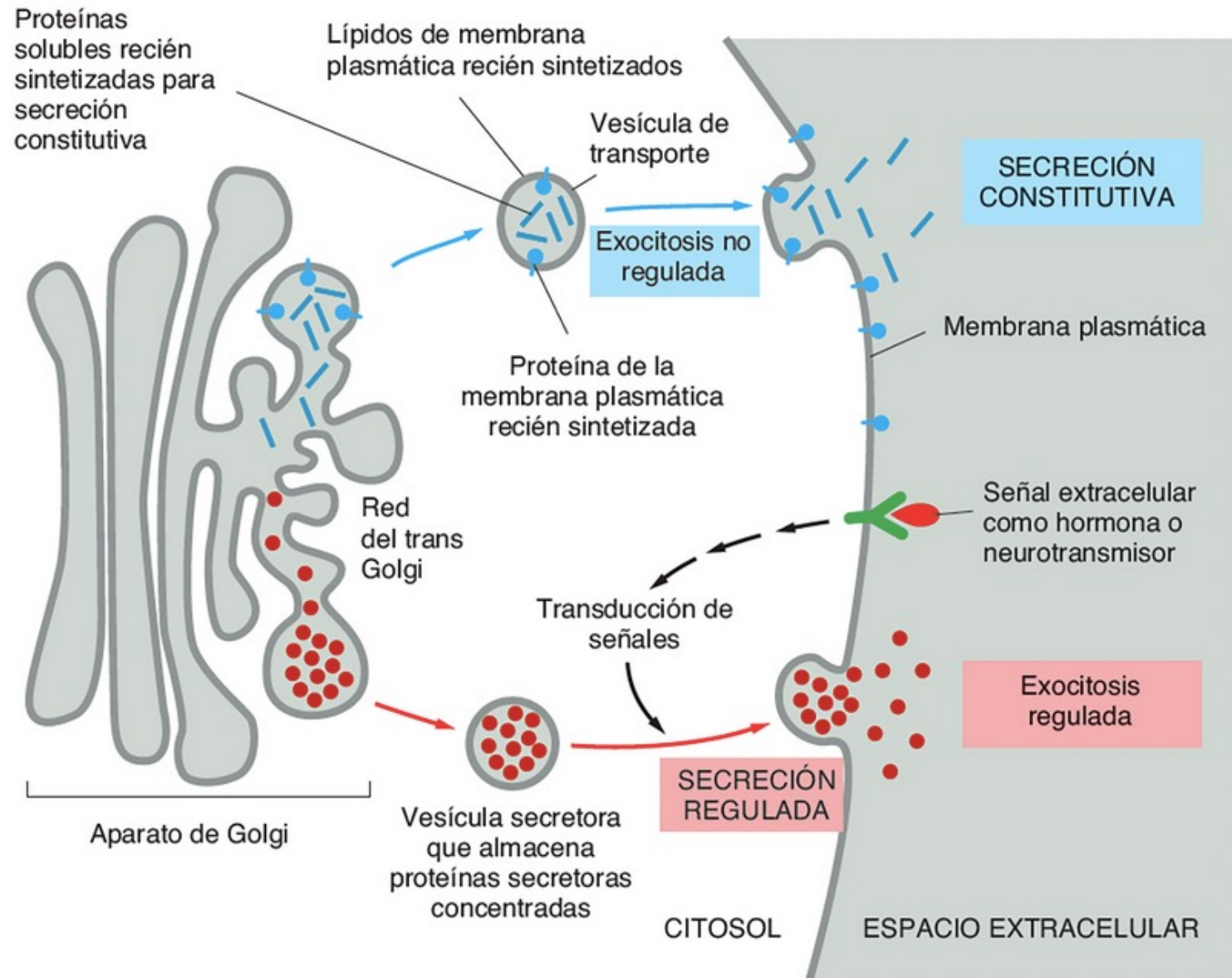


Aparato de Golgi: funciones

1. EXTERIOR CELULAR: EXOCITOSIS
2. PROTEÍNAS TRANSMEMBRANA
3. PERMANECER EN EL APARATO DE GOLGI
4. PROTEÍNAS LISOSÓMICAS

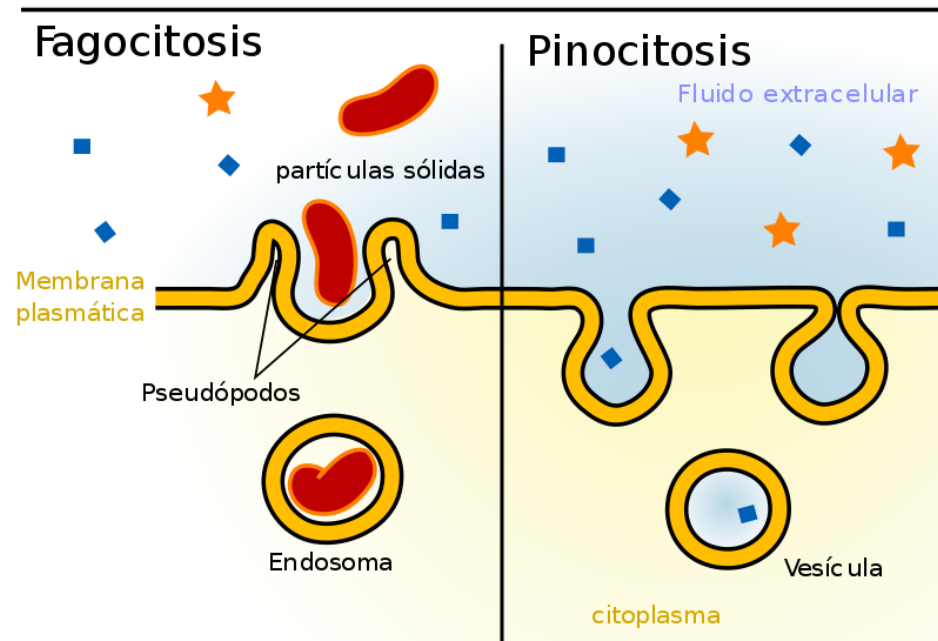


Vías secretoras: las proteínas son liberadas de la célula por exocitosis



Vías endocíticas

- Las células eucariontes captan continuamente líquido, junto con moléculas grandes y pequeñas
- Otras células también pueden internalizar partículas grandes e, incluso, otras células
- Se forman **vesículas endocíticas intracelulares** para ser incluidos en los **endosomas**
- **PINOCITOSIS** (“bebida celular”) vs. **FAGOCITOSIS** (“comida celular”)

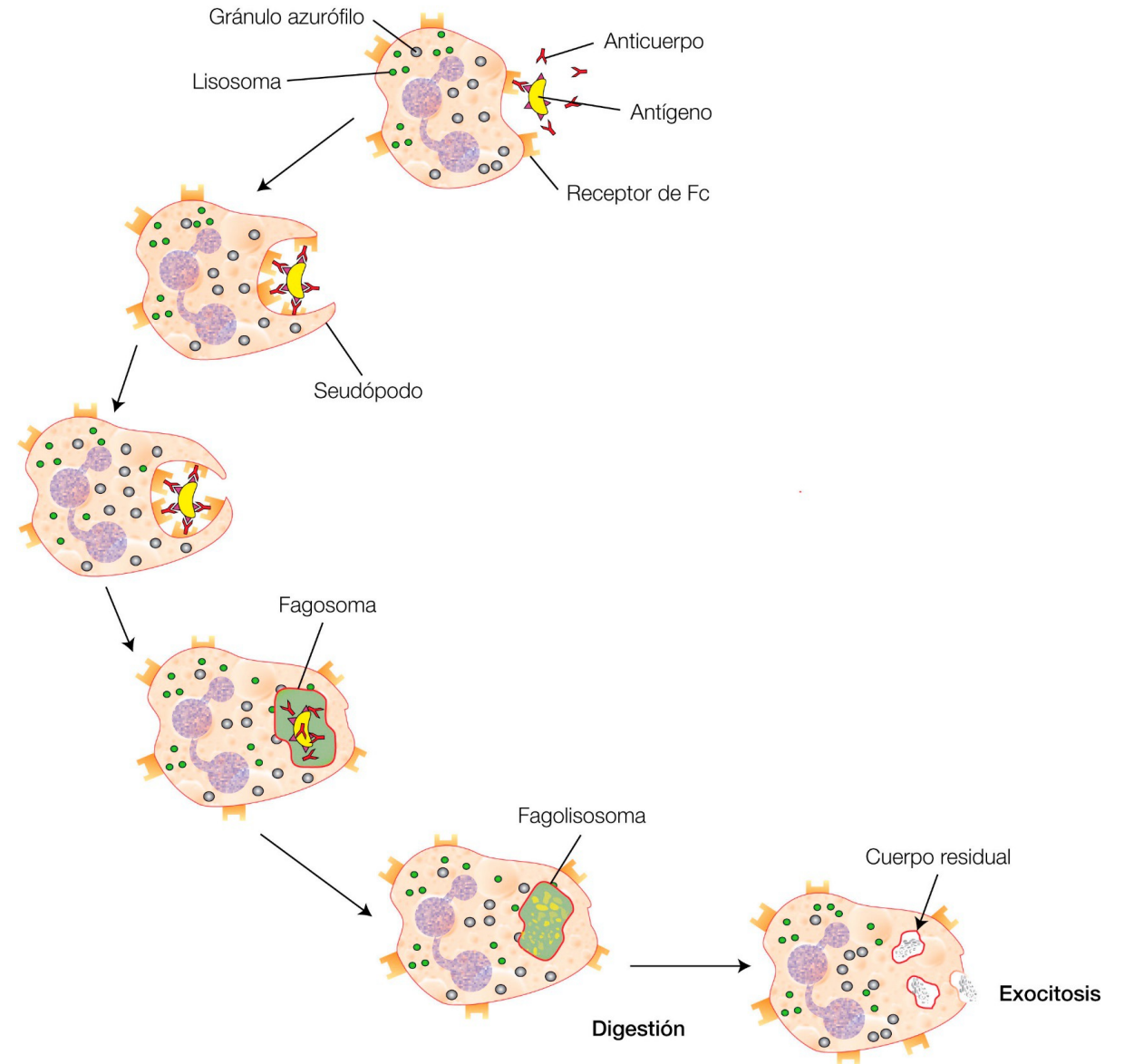


> 250nm diámetro
Fagosomas

< 250nm diámetro

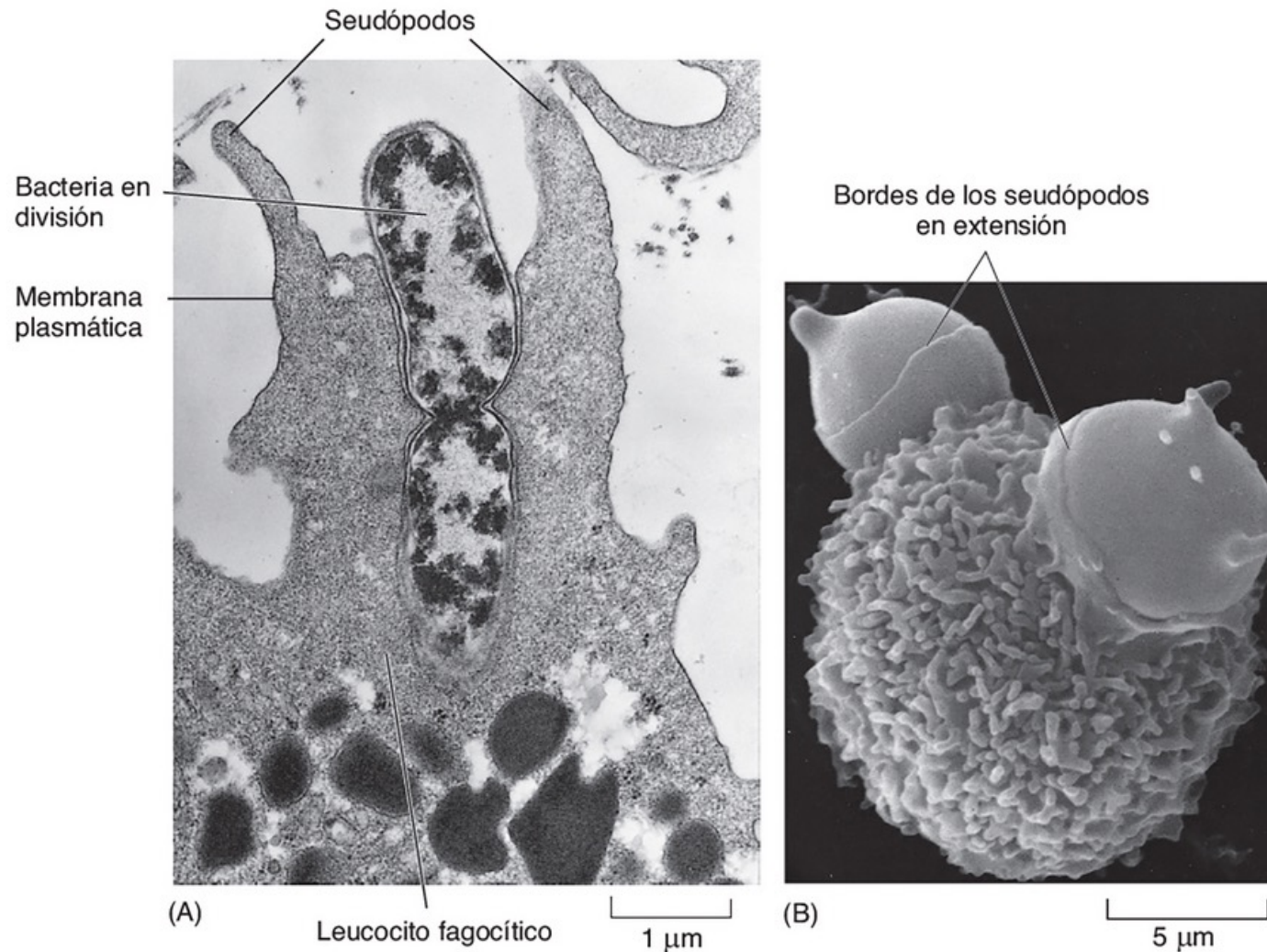
Vías endocíticas: células fagocíticas especializadas ingieren partículas grandes

- Células especializadas (macrófagos, neutrófilos...)
- Las partículas son reconocidas por receptores de membrana plasmática
- Las células emiten extensiones de la membrana plasmática o pseudópodos que engloban a la partícula en una gran vesícula o fagosoma
- El fagosoma se fusiona con lisosomas (fagolisosoma): digestión del contenido.



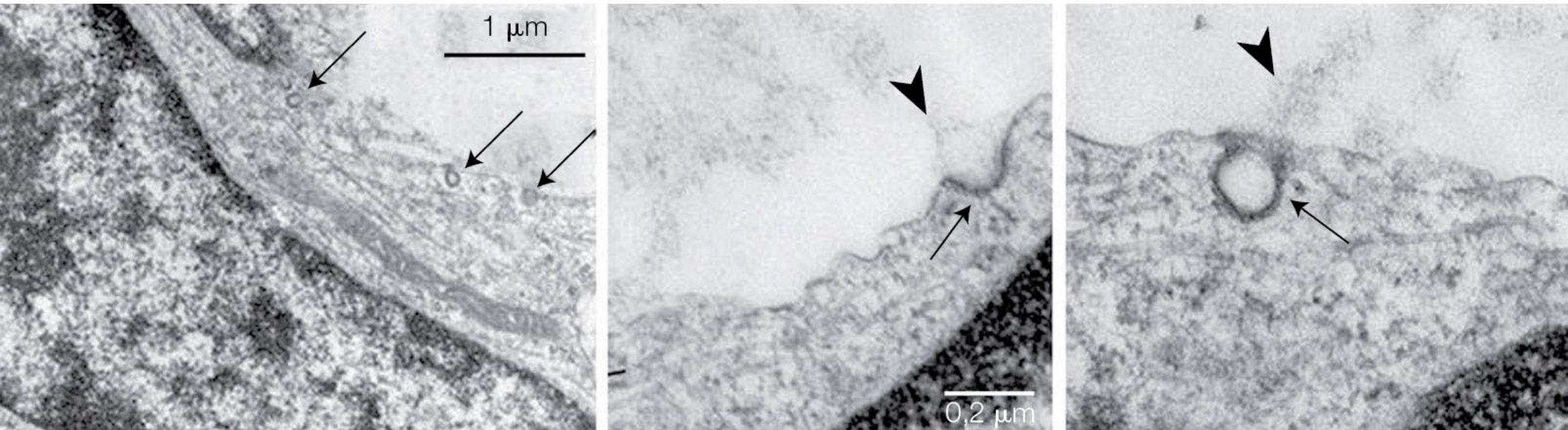
Vías endocíticas: células fagocíticas especializadas ingieren partículas grandes

Las células fagocíticas especializadas pueden ingerir otras células



Vías endocíticas: se captan líquido y macromoléculas mediante pinocitosis

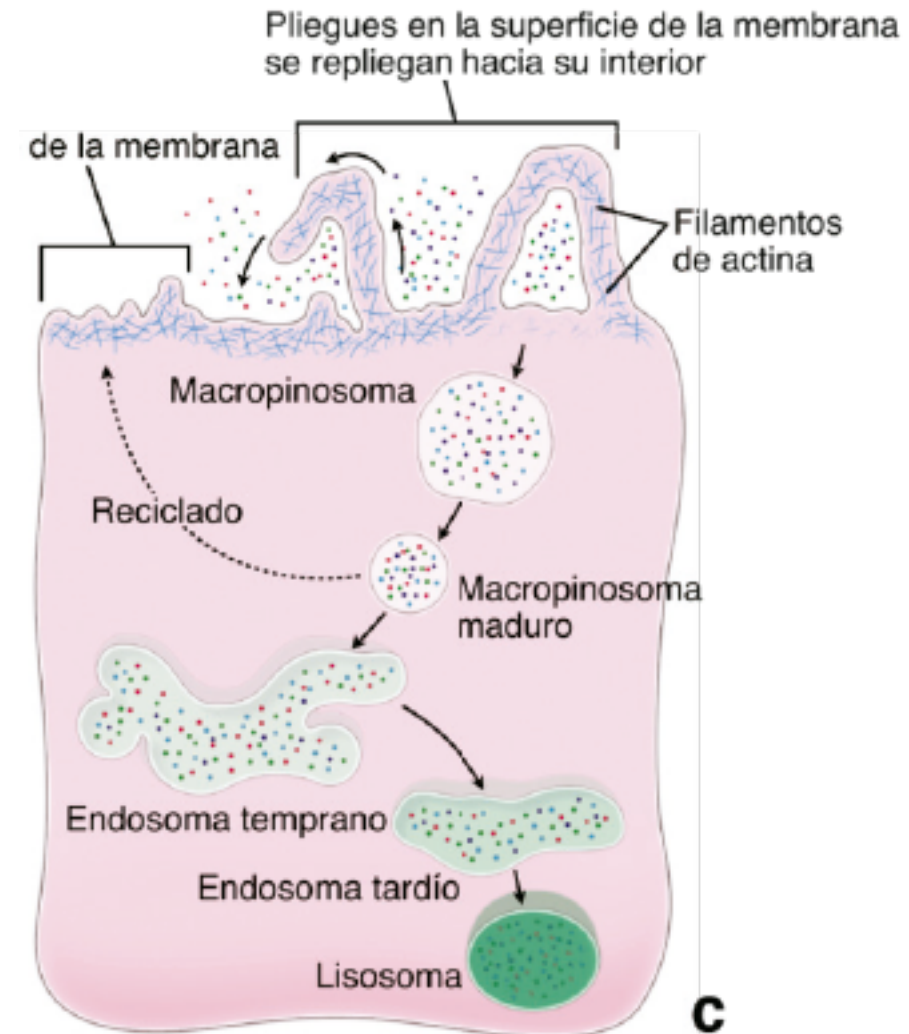
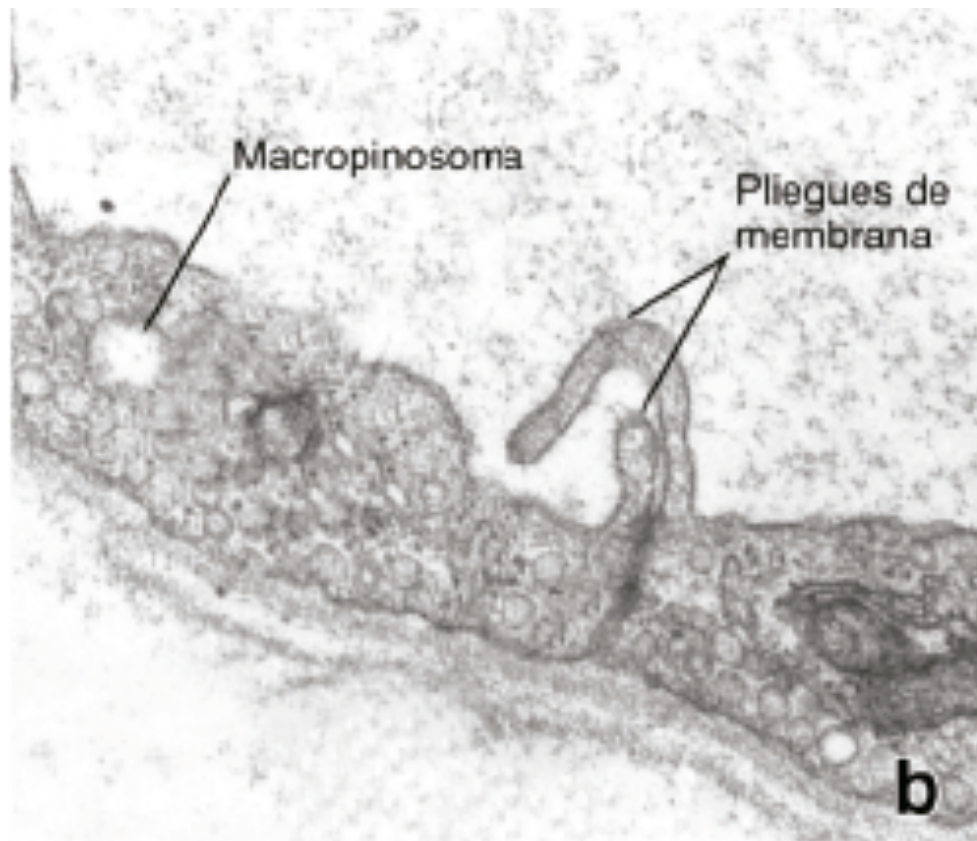
- Ingesta inespecífica de líquidos y proteínas pequeñas **a través de pequeñas vesículas (< 250 nm)**.
- En casi todas las células.



Mediada por clatrina vs. Macropinocitosis

Vías endocíticas: se captan líquido y macromoléculas mediante pinocitosis

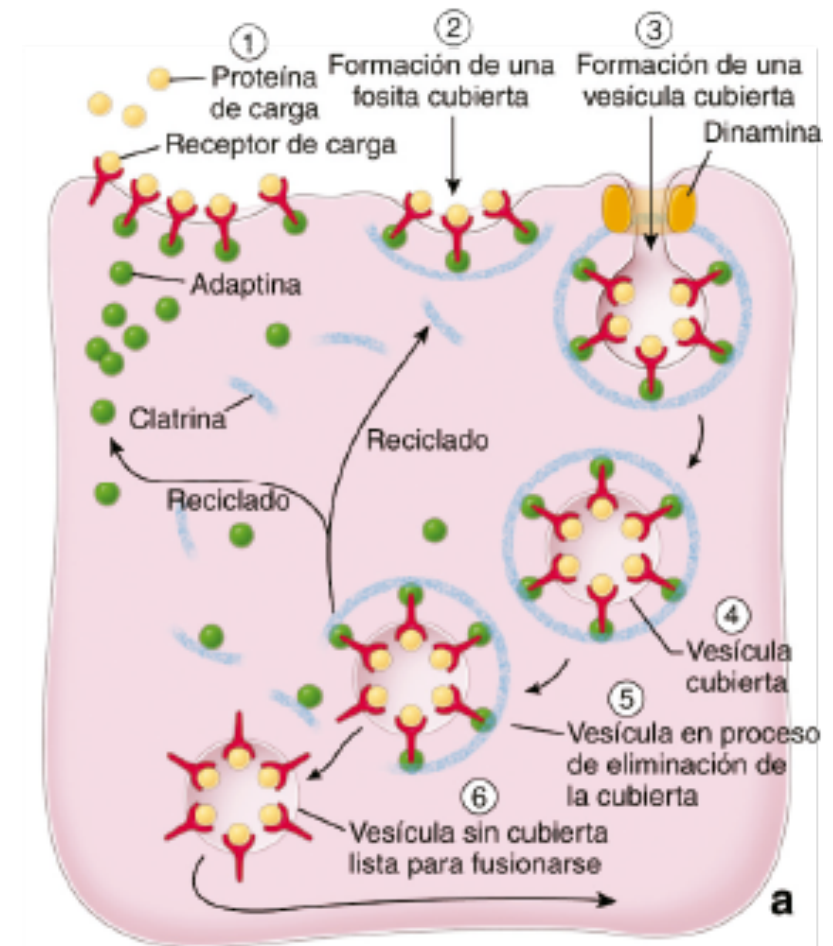
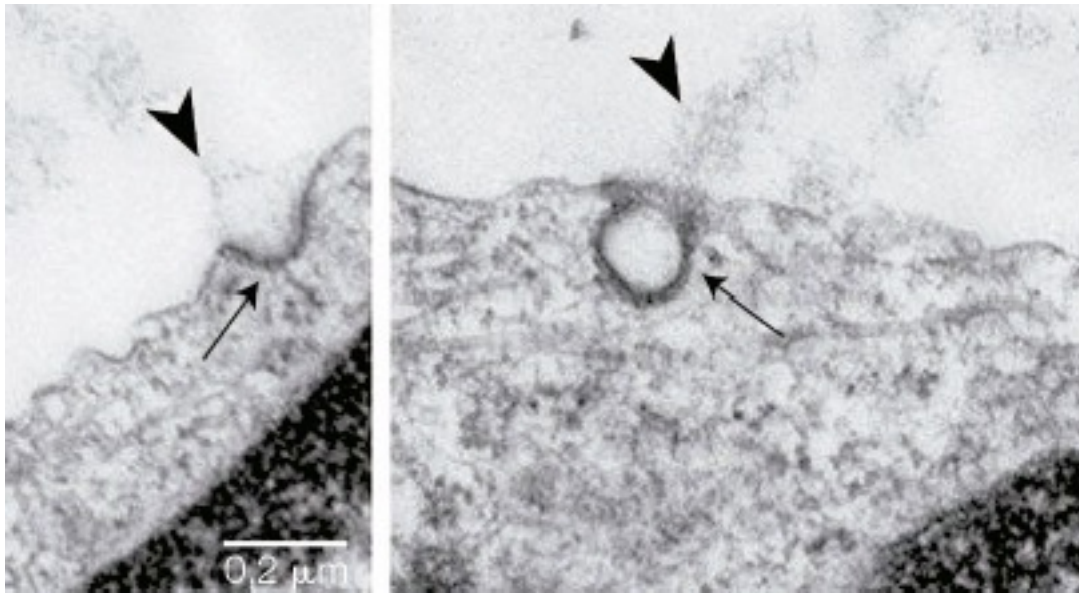
La ingesta masiva e inespecífica de fluido extracelular ocurre a través de los **macropinosomas** que se forman a partir de **pliegues de membrana plasmática**



Vías endocíticas: endocitosis mediada por receptores

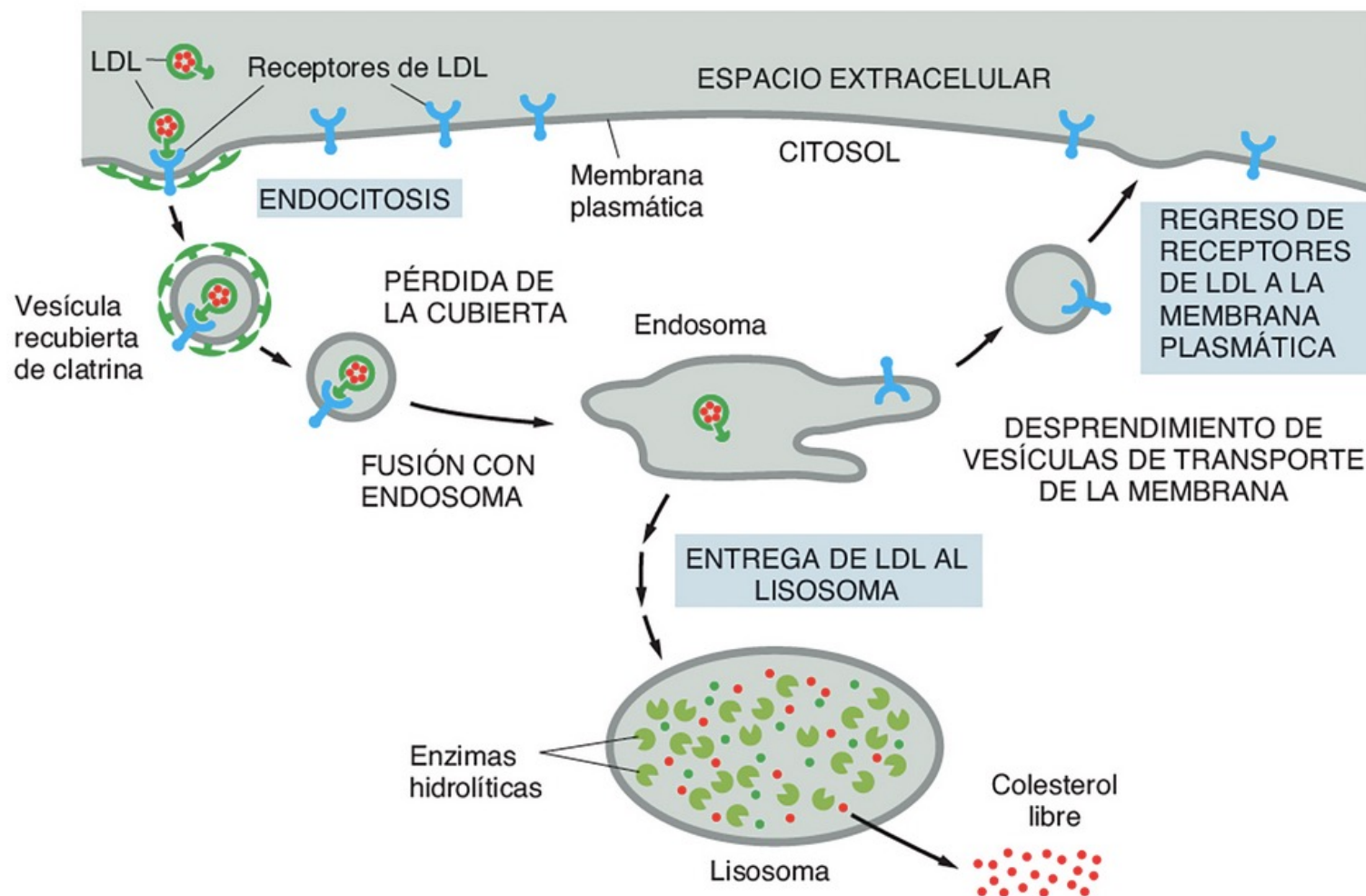
La endocitosis **mediada por receptores** proporciona una vía específica en las células animales

Incorporación de moléculas específicas (hormonas, factores de crecimiento, vitaminas, colesterol...) unidas a **receptores de membrana concentrados en depresiones** revestidas de **clatrina**.

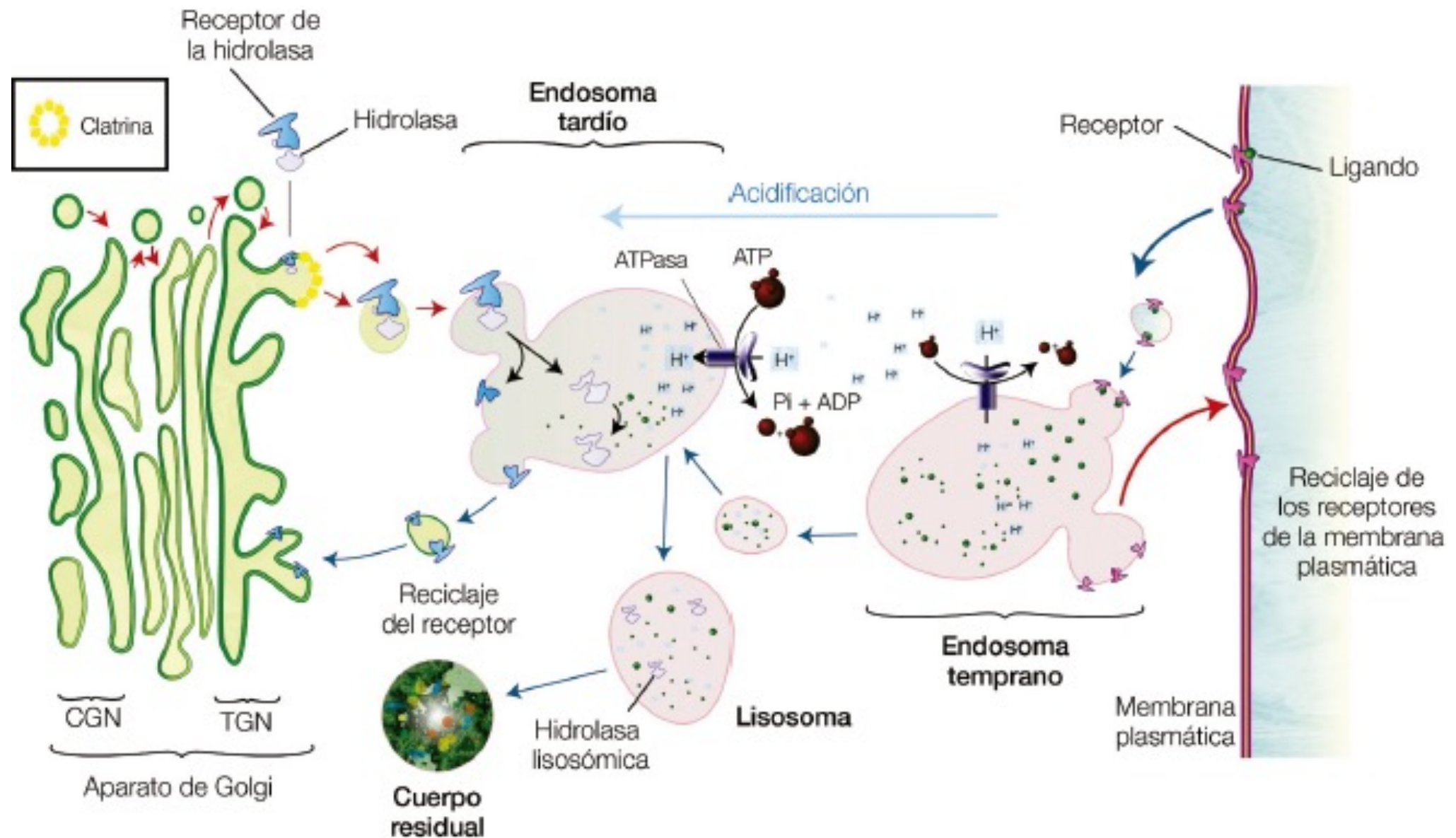


Vías endocíticas: endocitosis mediada por receptores

La LDL ingresa en las células a través de endocitosis mediada por receptores

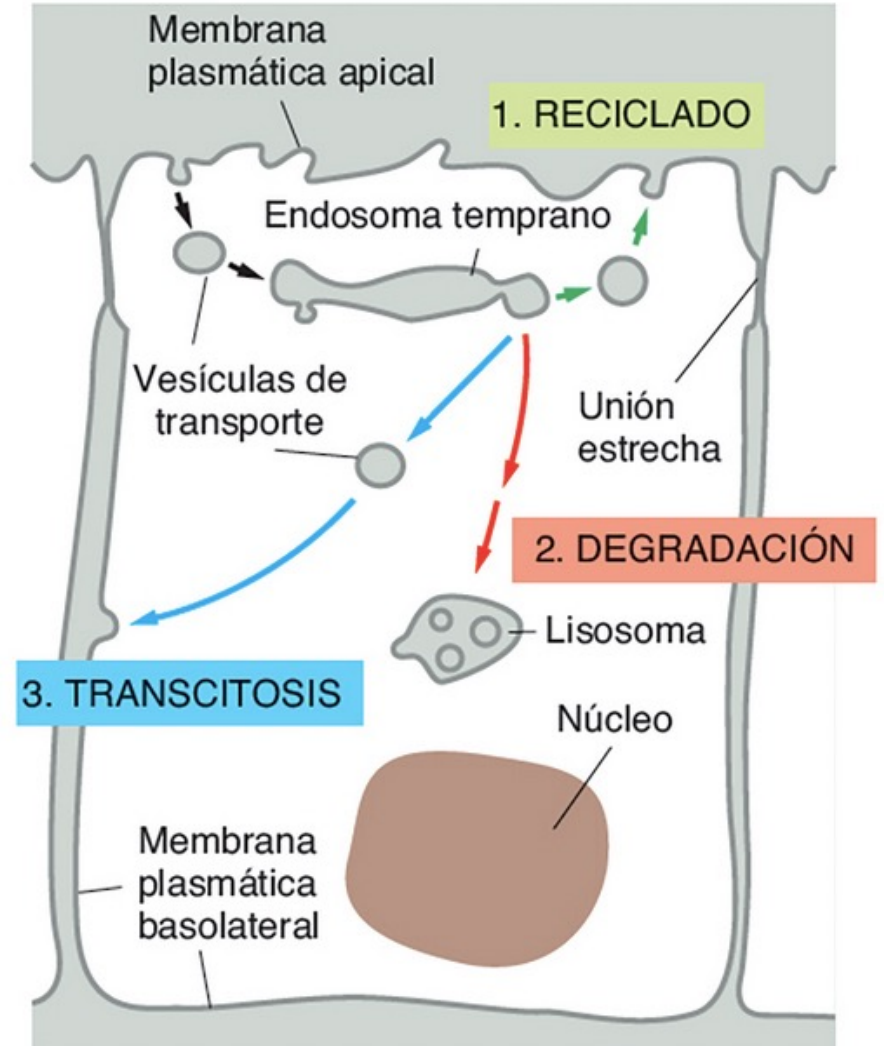
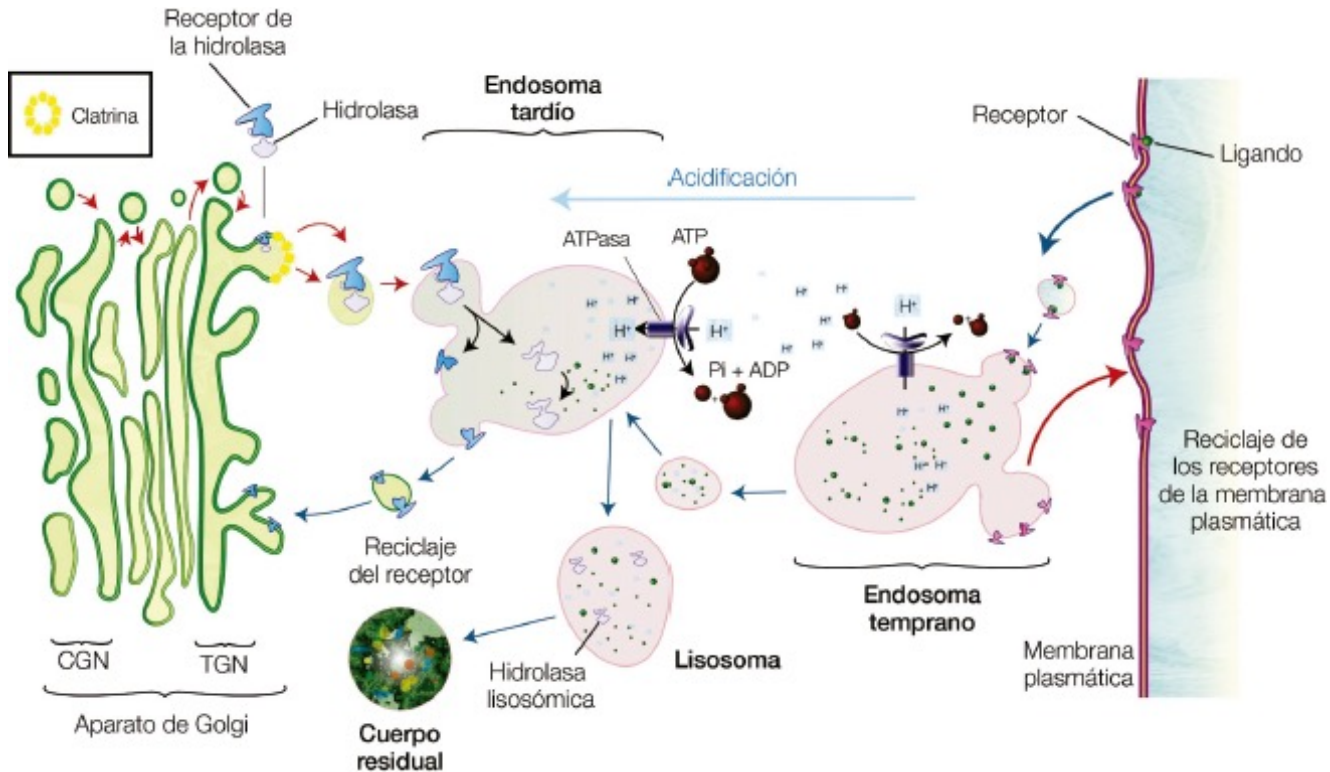


Vías endocíticas: las moléculas endocitadas son clasificadas para su distribución en los endosomas



Vías endocíticas: las moléculas endocitadas son clasificadas para su distribución en los endosomas

El material endocitado por endocitosis es entregado a los endosomas

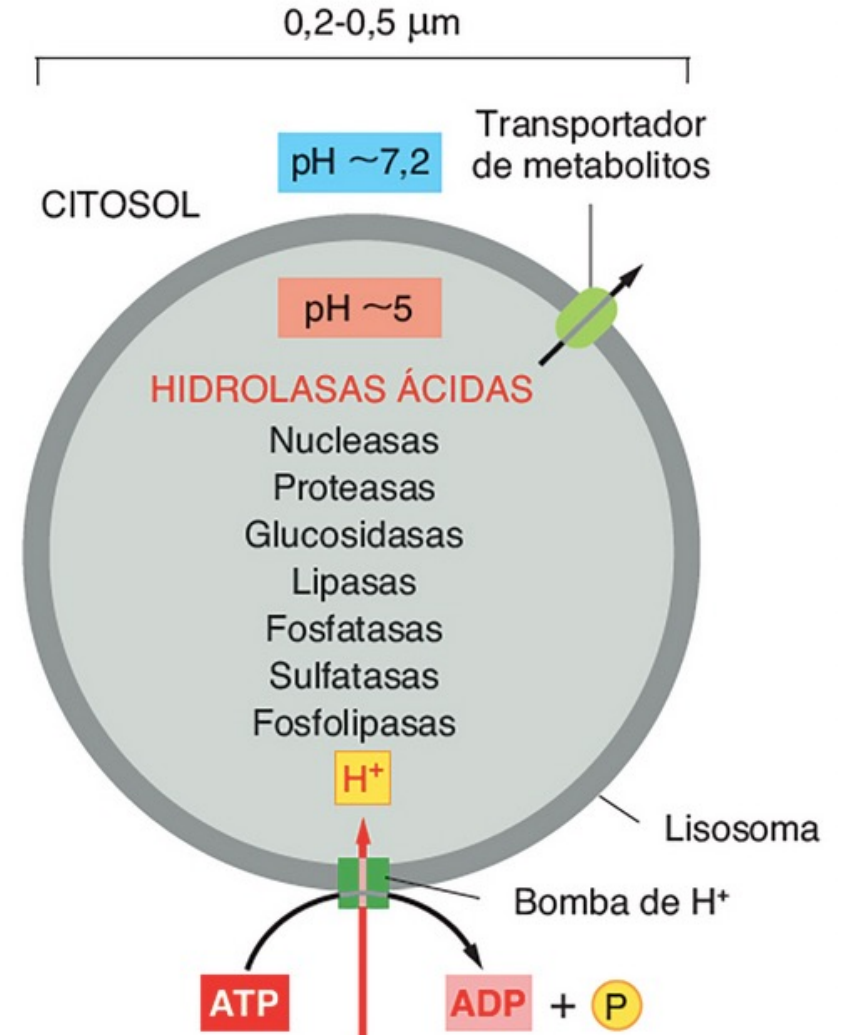


El destino de los receptores proteicos después de su endocitosis depende del tipo de receptor

Vías endocíticas: los lisosomas son los principales sitios de digestión intracelular

Un lisosoma contiene gran variedad de enzimas hidrolíticas

- Presentes en la mayoría de células nucleadas
- Muy abundantes en células con actividad fagocítica
- Cara interna de la membrana muy glucosidada: protección
- **Porinas:** transportadores de membrana específicos para permitir la salida de productos de la degradación al citosol



Vías endocíticas: los lisosomas son los principales sitios de digestión intracelular

Un lisosoma contiene gran variedad de enzimas hidrolíticas

LISOSOMAS PRIMARIOS:

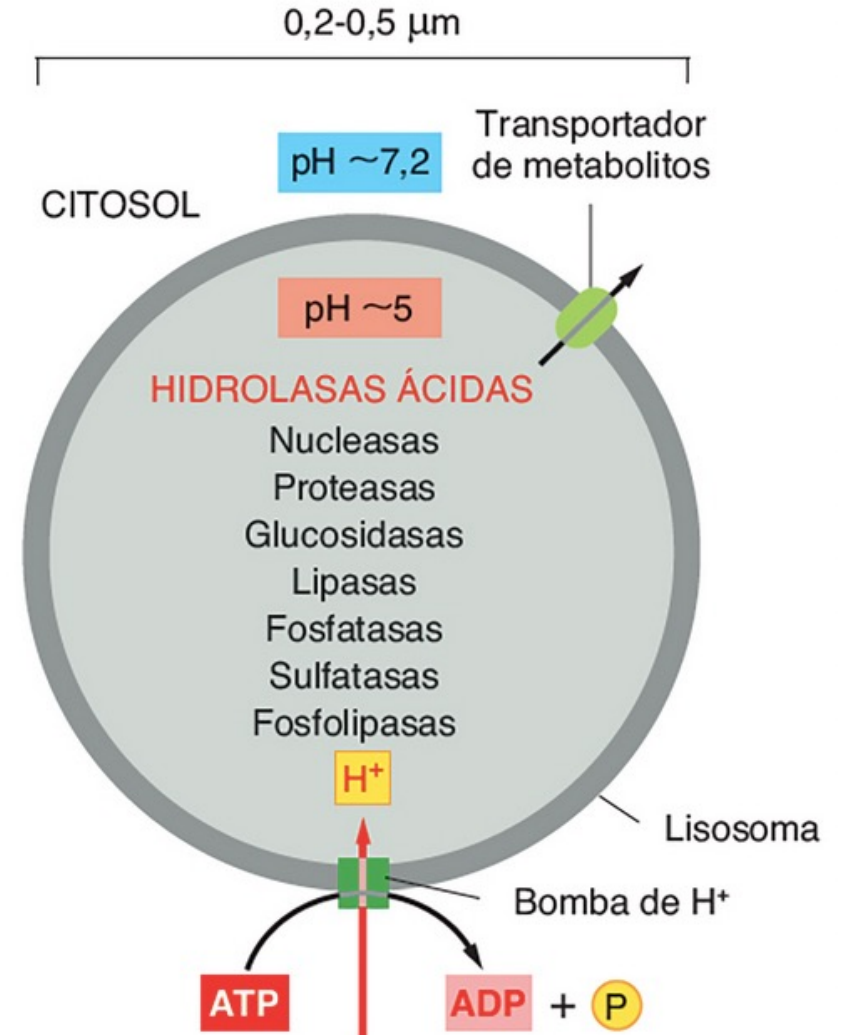
- No han participado en procesos digestivos
- Son los más pequeños
- Esféricos, con **contenido homogéneo**

LISOSOMAS SECUNDARIOS:

- Resultado de la fusión lisosoma- vesícula
- Han degradado o están degradando
- Más grandes
- **Irregulares y de contenido heterogéneo**

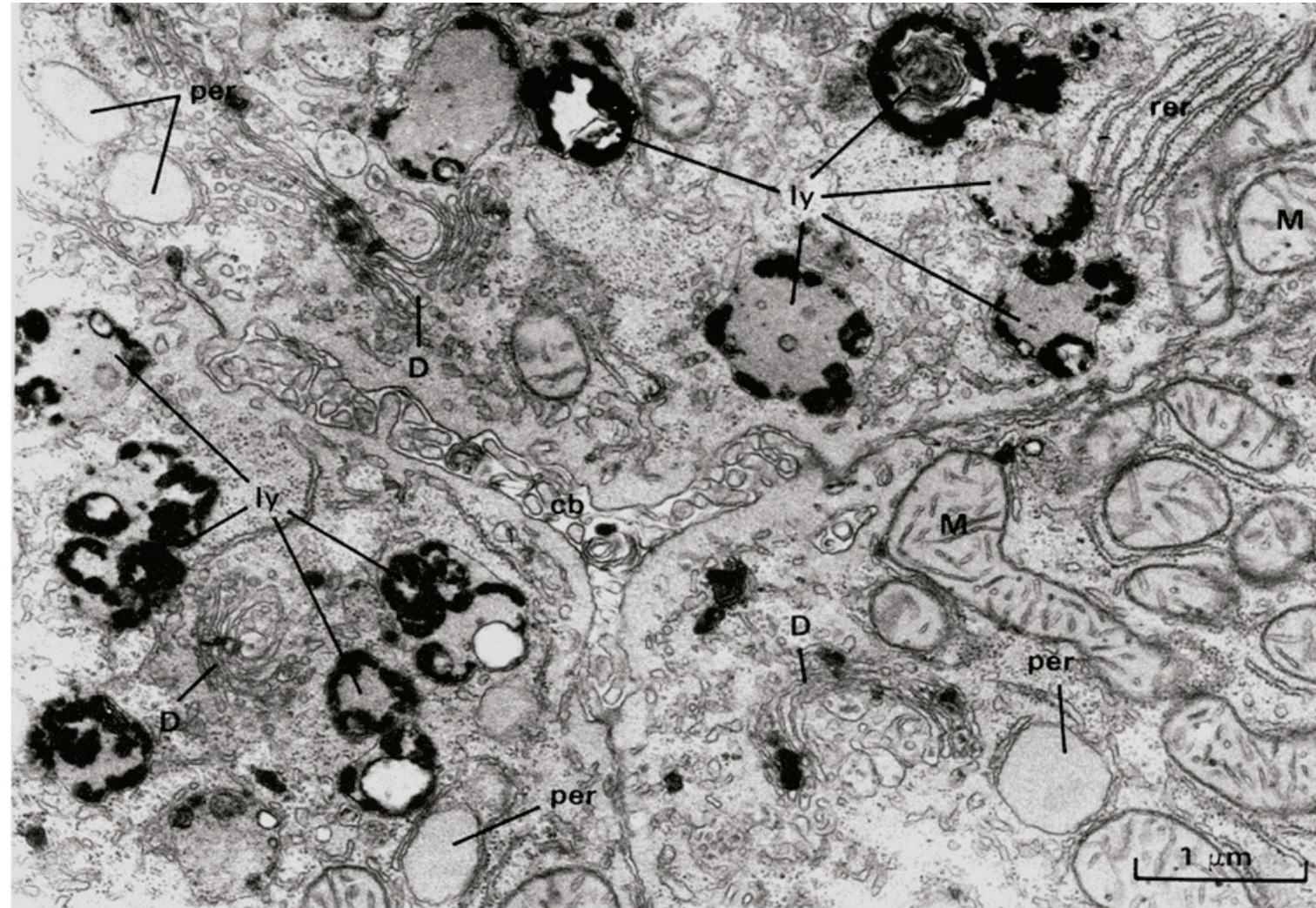
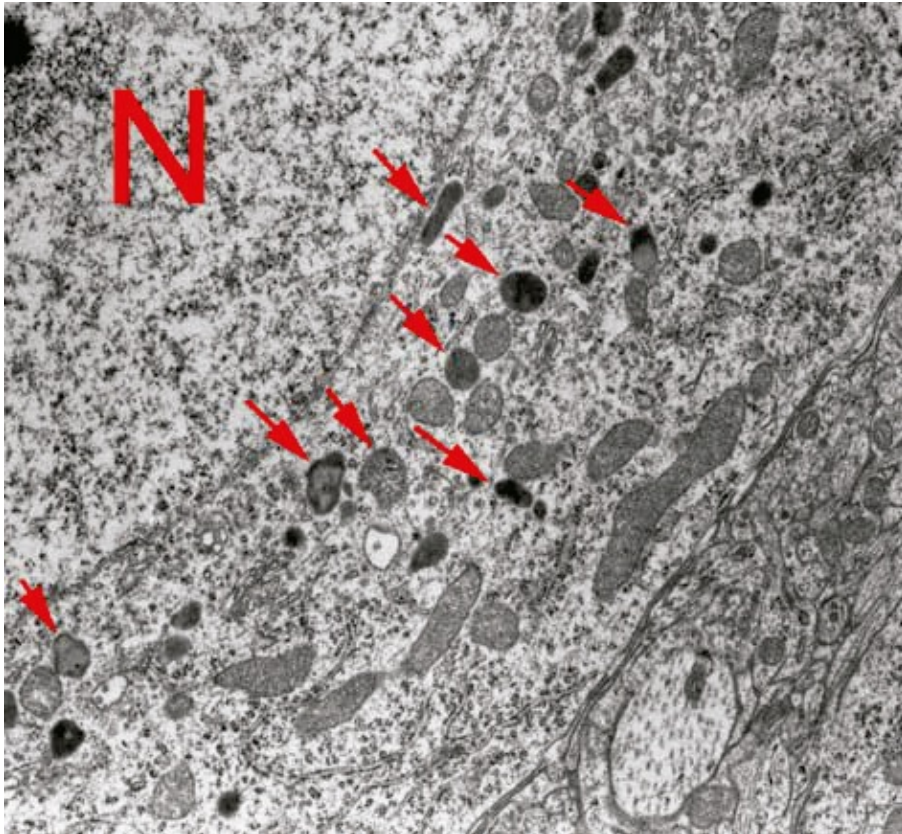
CUERPOS RESIDUALES:

- Contienen productos que no se pueden degradar



Vías endocíticas: los lisosomas son los principales sitios de digestión intracelular

Un lisosoma contiene gran variedad de enzimas hidrolíticas





Universidad de Valladolid

Compartimentos intracelulares

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Generación de energía en las mitocondrias e inclusiones citoplasmáticas

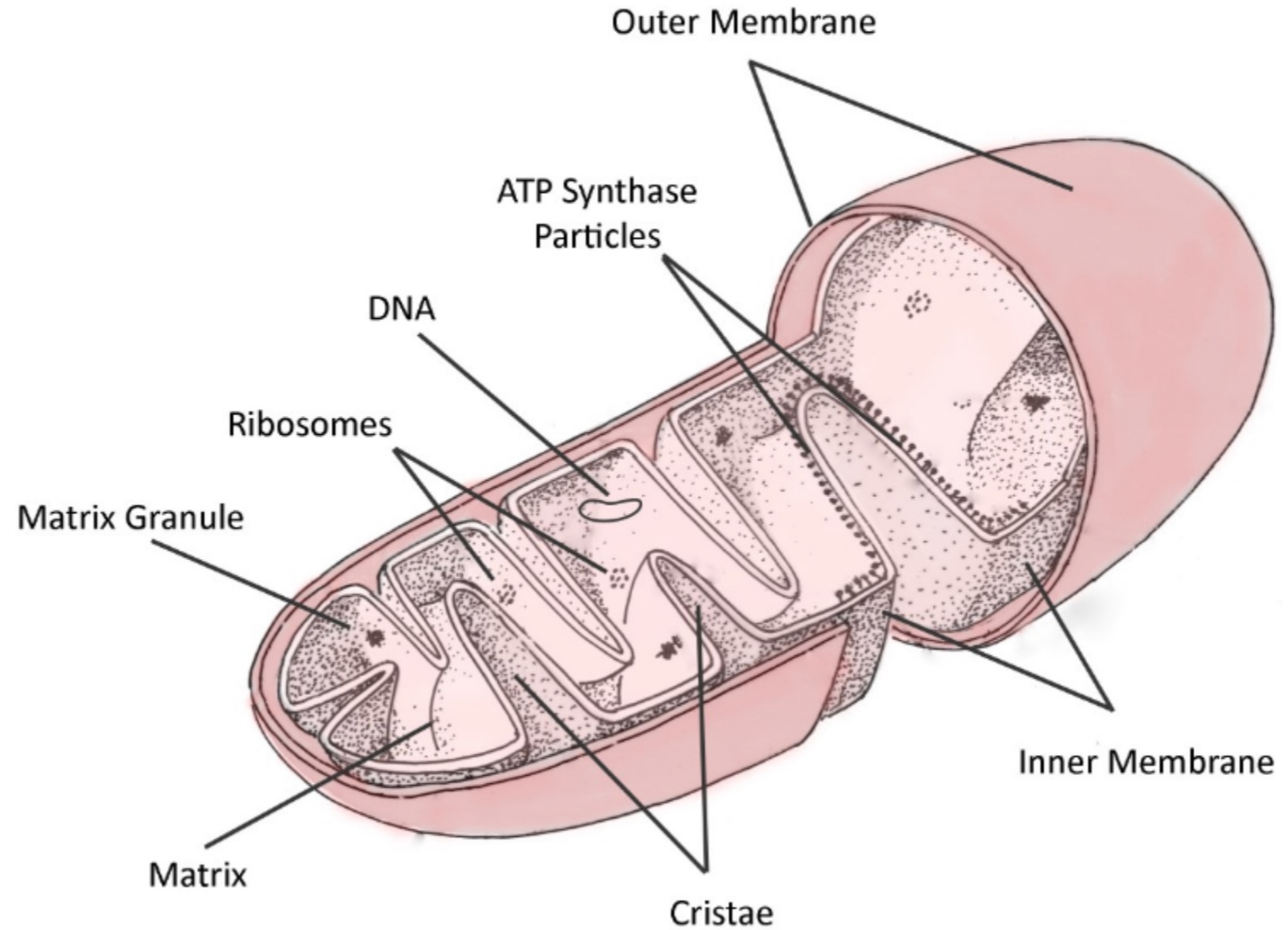
Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

Composición y estructura

- Presentes en casi todas las células eucariontes
- Producción de ATP: fosforilación oxidativa

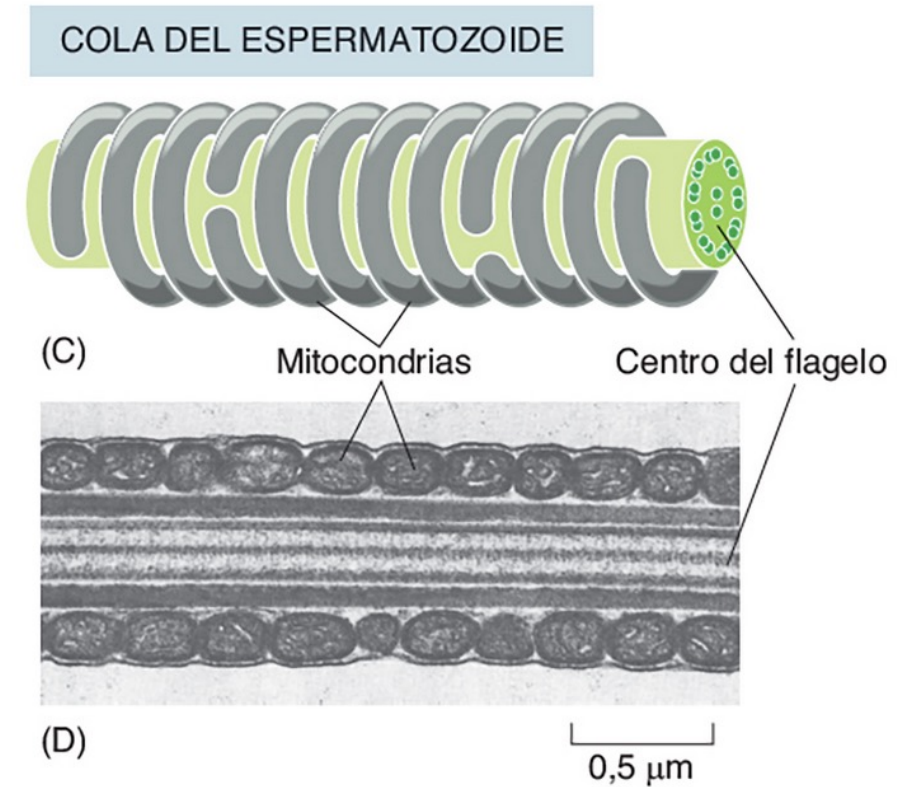
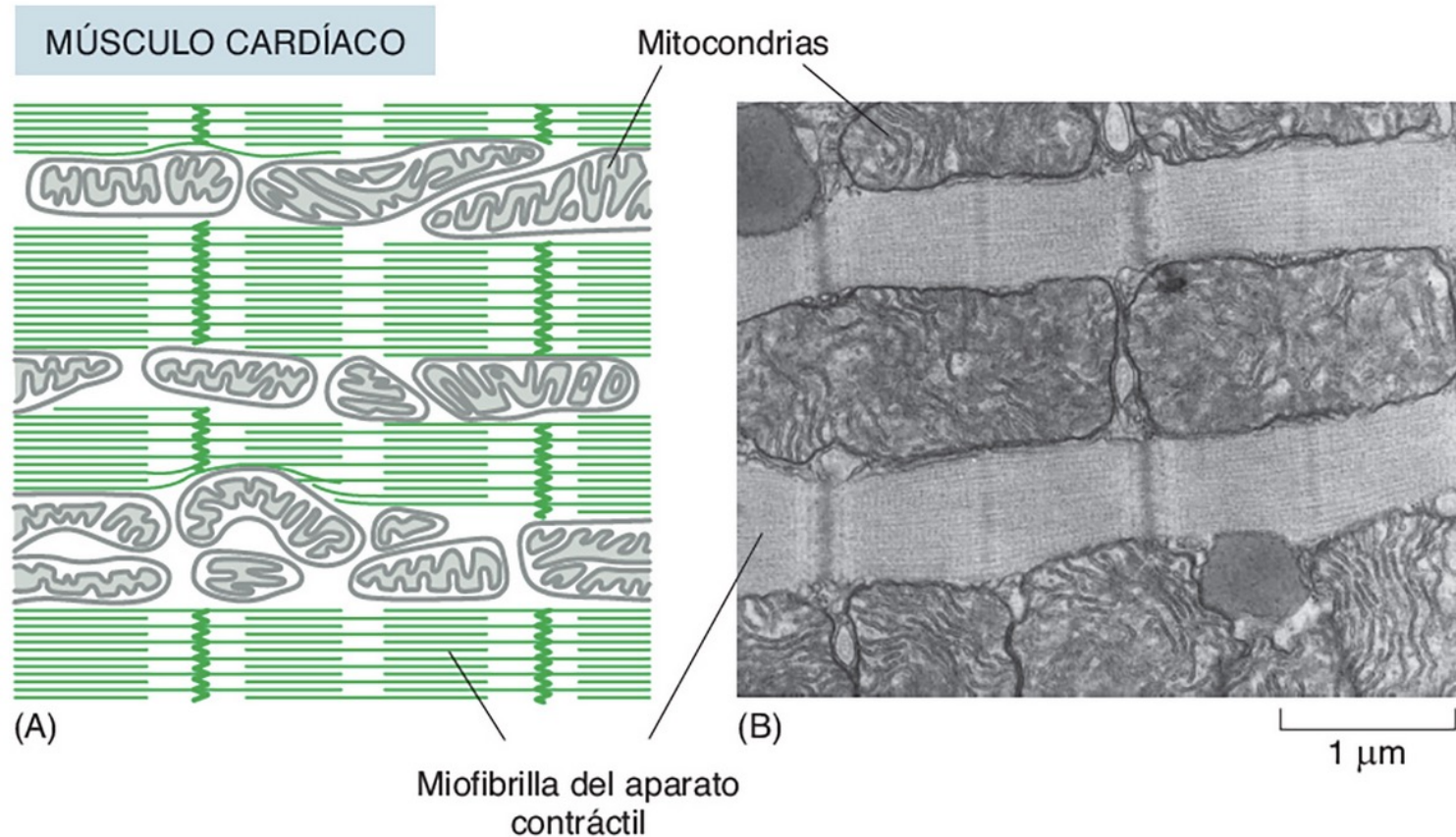


Composición y estructura



Composición y estructura: las mitocondrias son dinámicas en estructura, localización y número

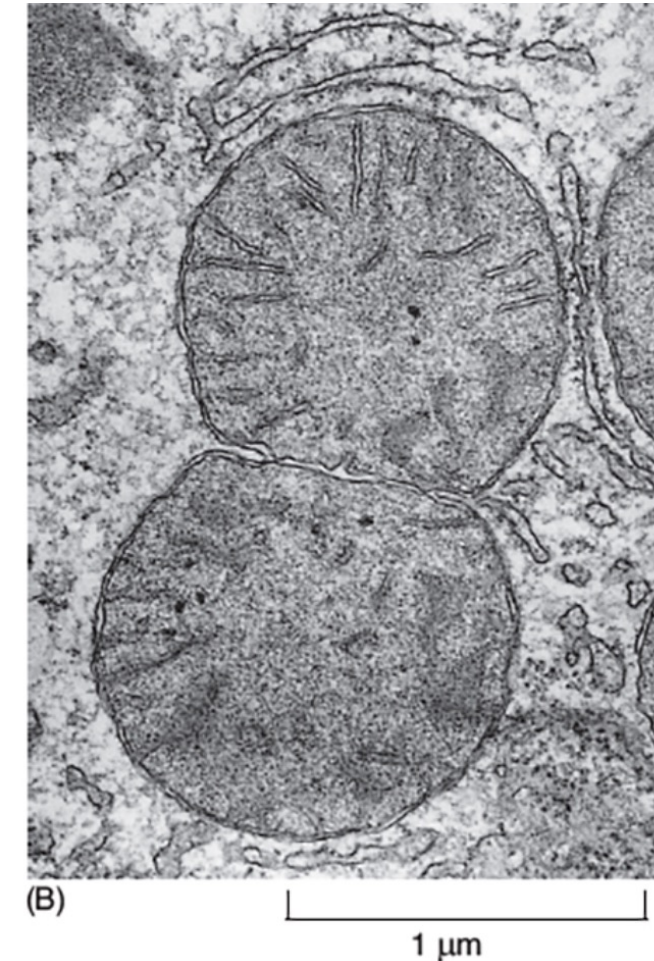
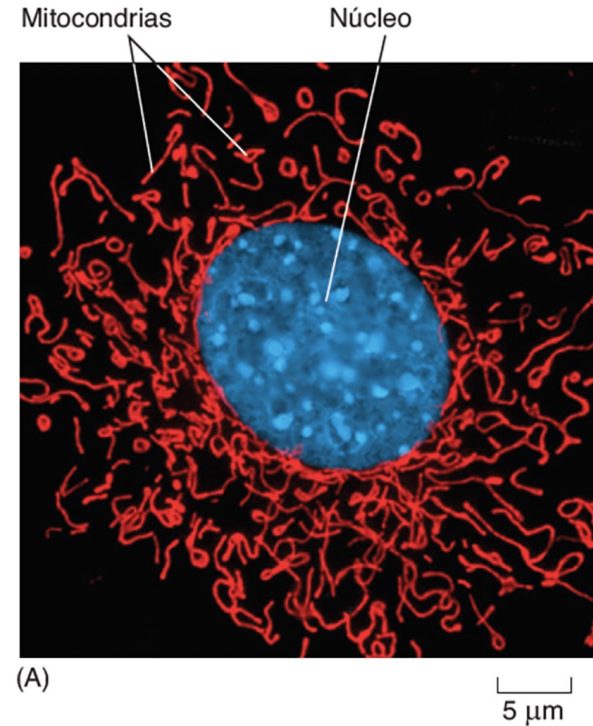
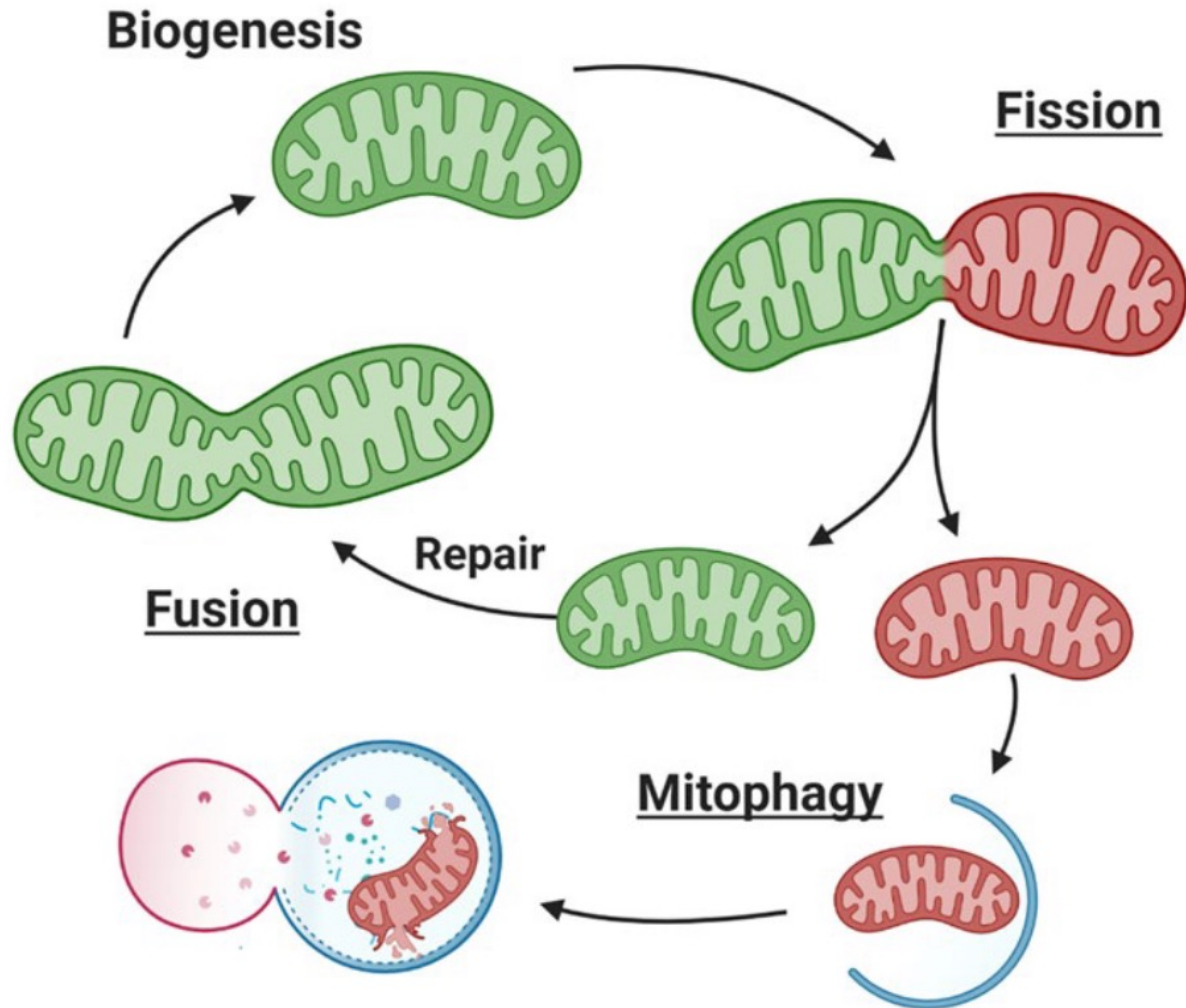
Las mitocondrias se adaptan en su **localización, forma y número** para ajustarse a las necesidades celulares



Las mitocondrias se suelen localizar cerca de los sitios donde se utiliza abundante ATP

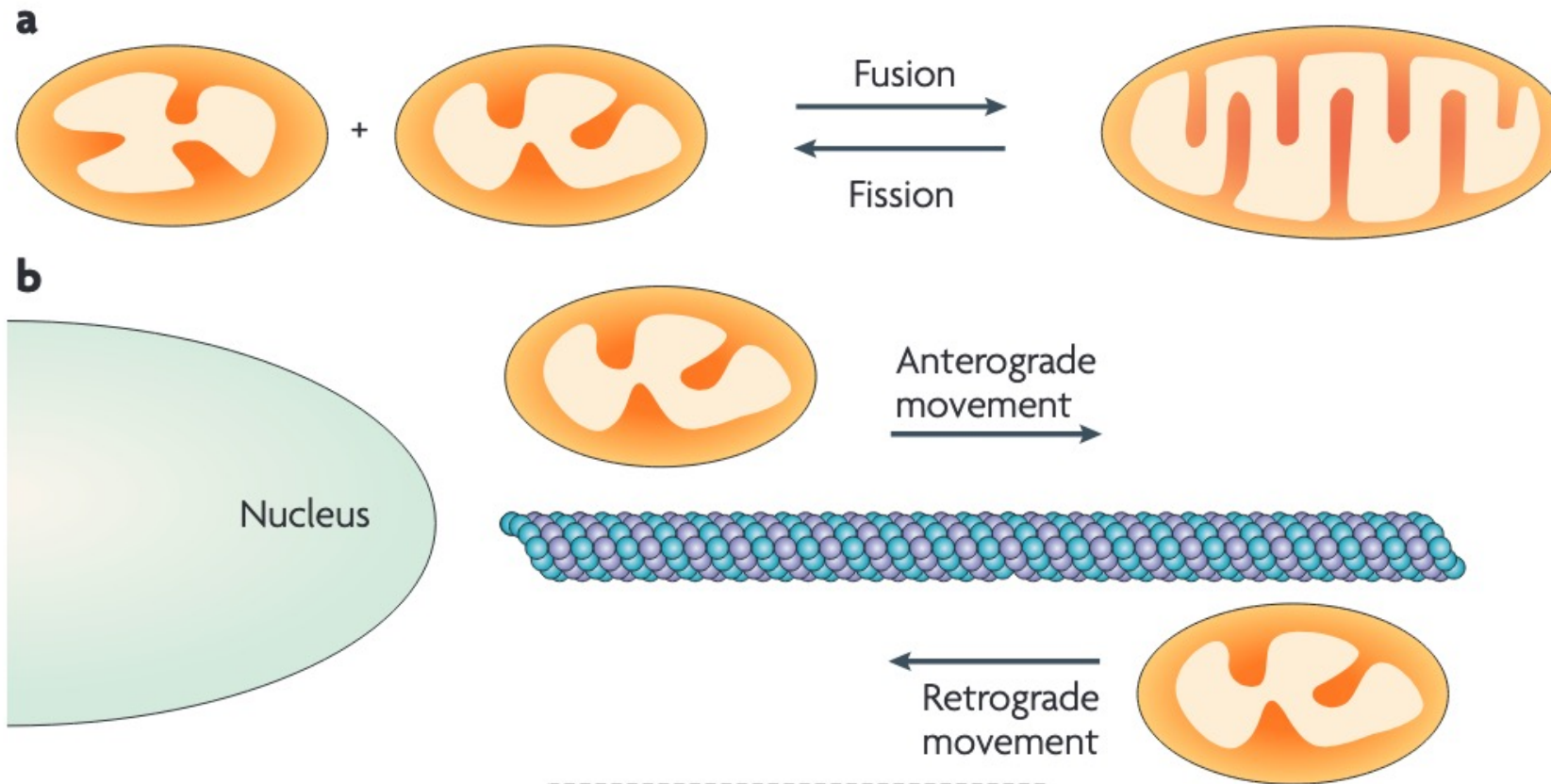
Composición y estructura: las mitocondrias son dinámicas en estructura, localización y número

Las mitocondrias se pueden fusionar para formar **redes tubulares alargadas**, que se distribuyen por todo el citoplasma



Composición y estructura: biogénesis

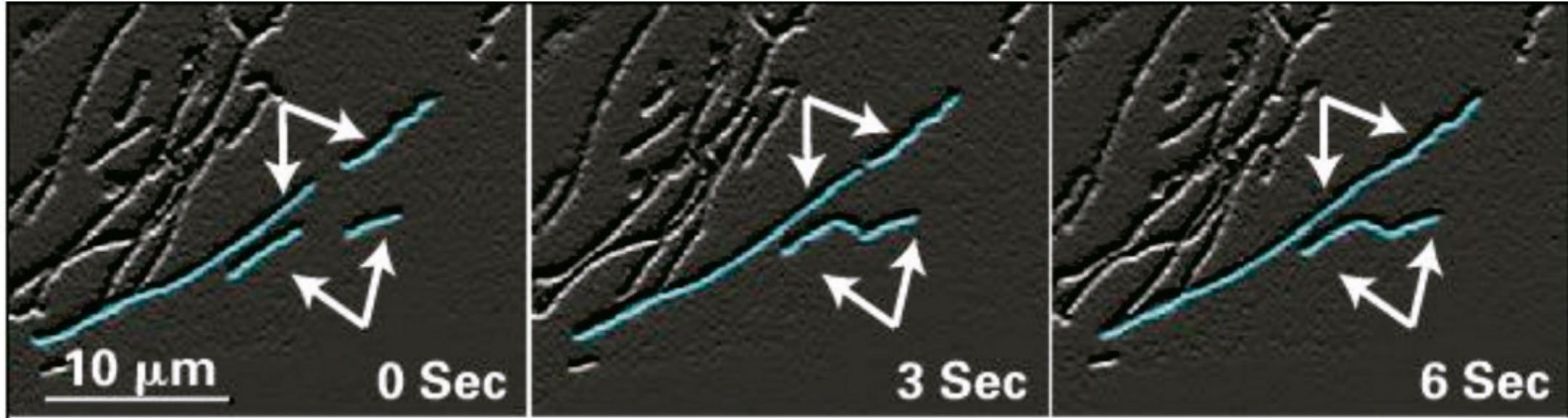
- Se originan por división y crecimiento de mitocondrias preexistentes.
- División por bipartición



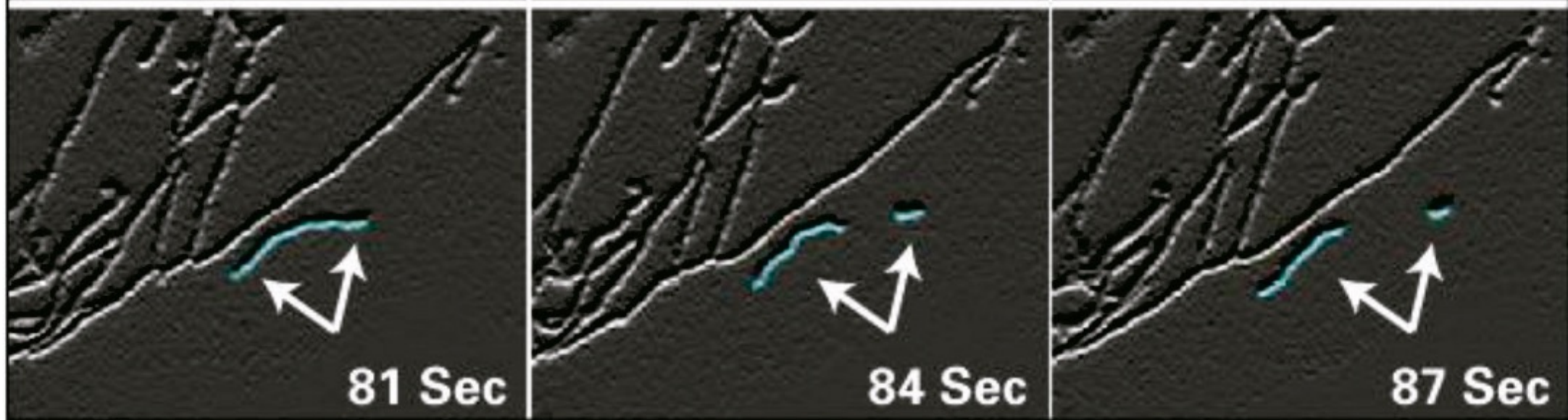
- Reponer mitocondrias envejecidas
- Aumento de la actividad celular

Composición y estructura: las mitocondrias son dinámicas en estructura, localización y número

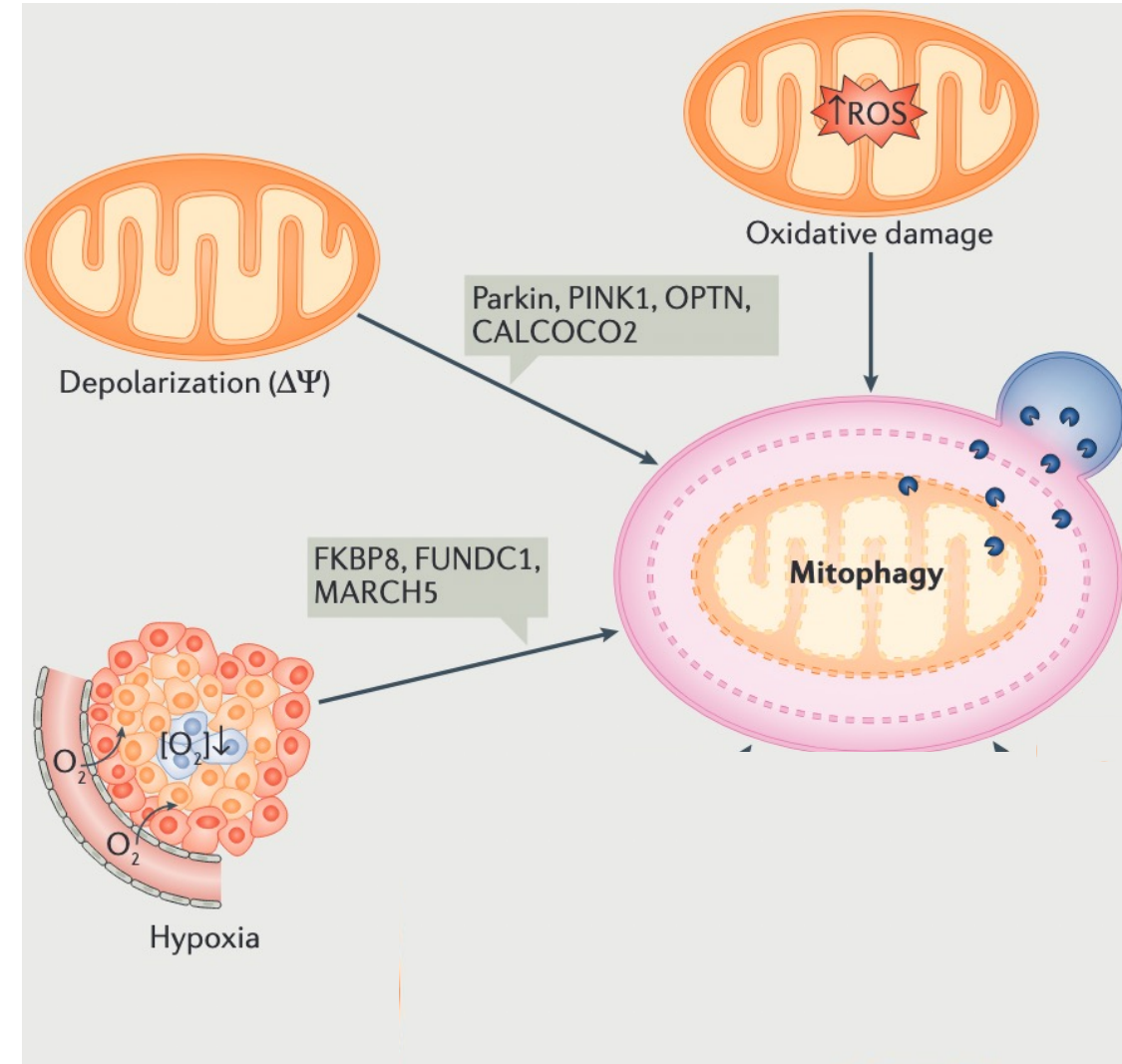
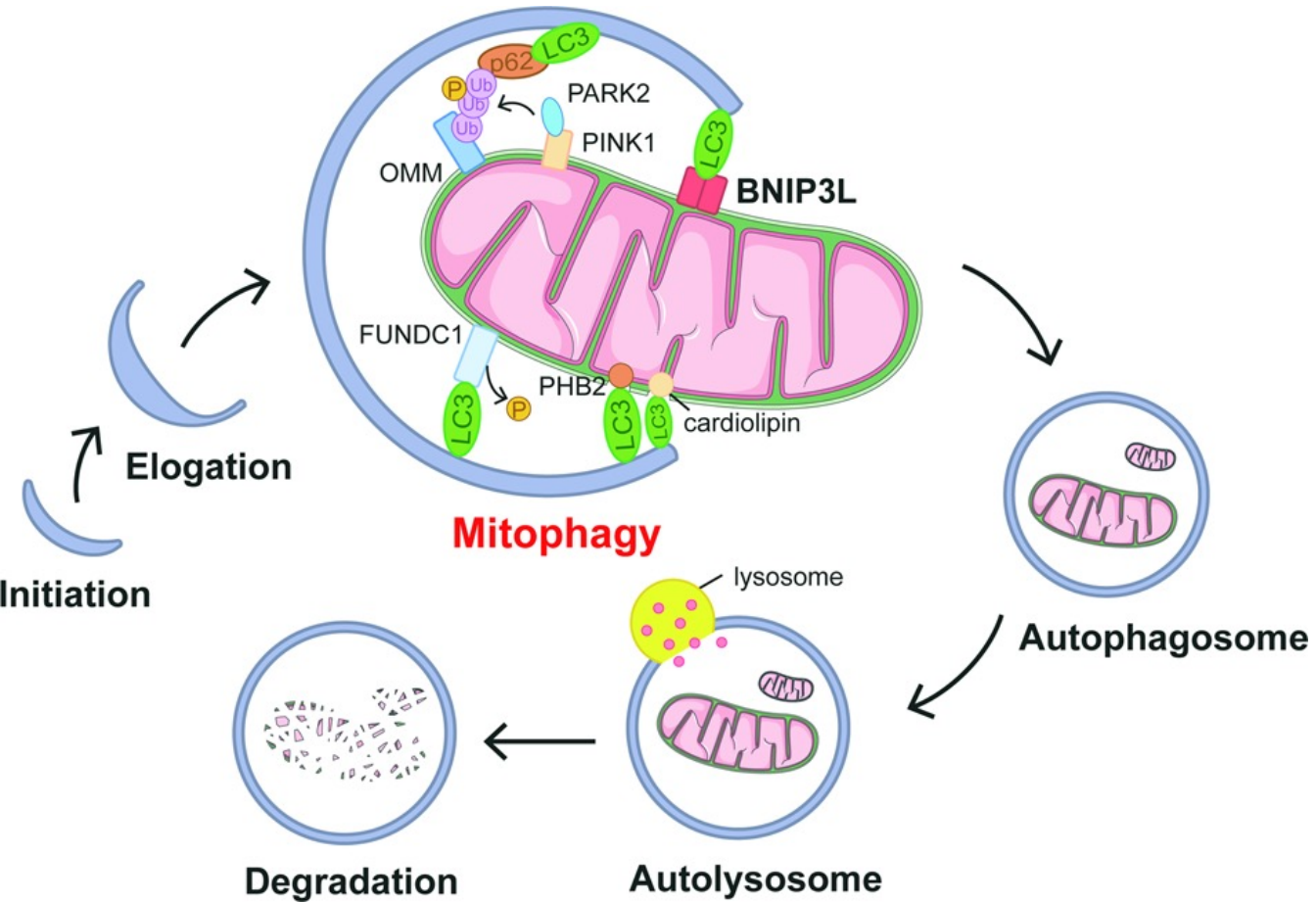
Fusión



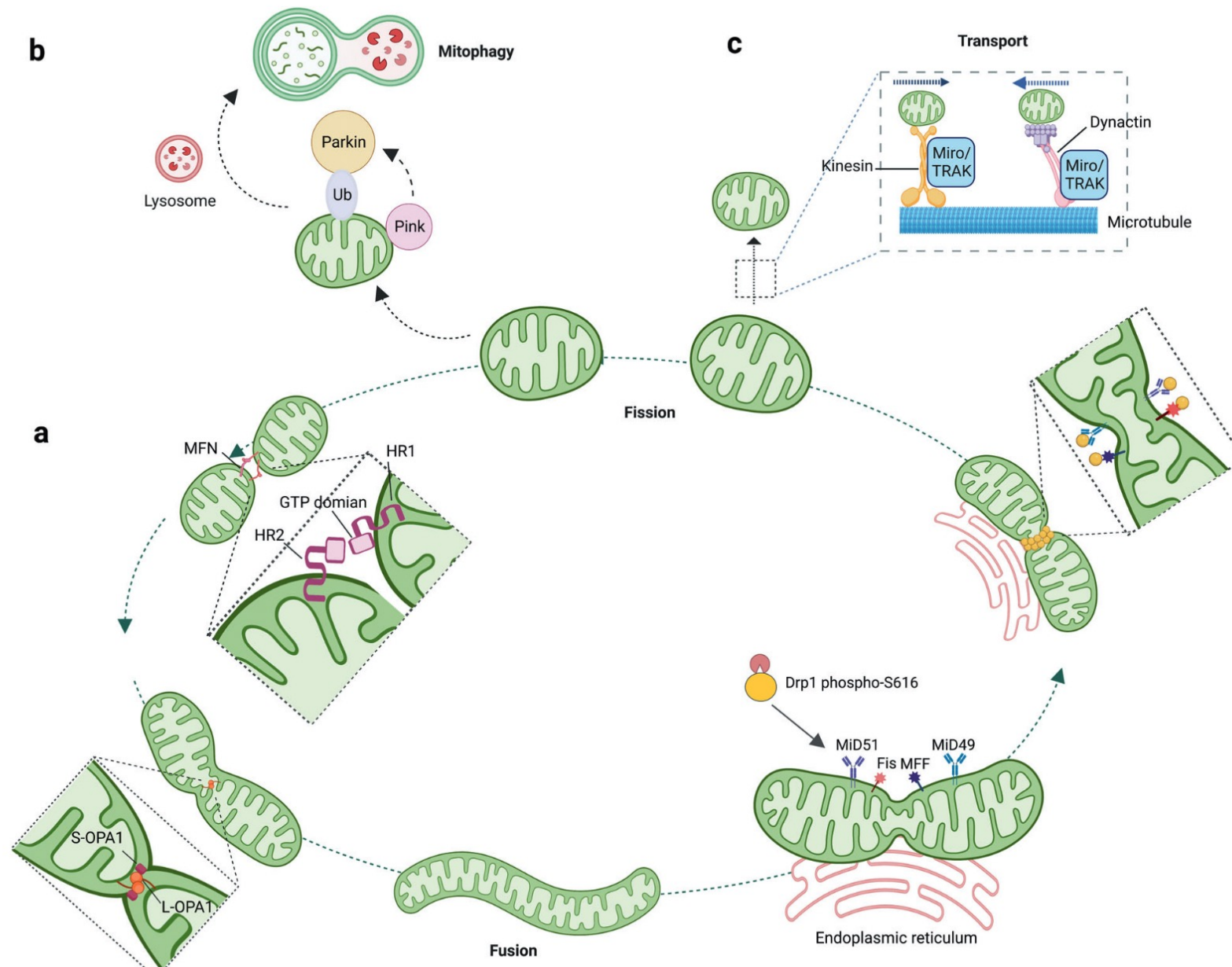
Fisión



Composición y estructura: mitofagia

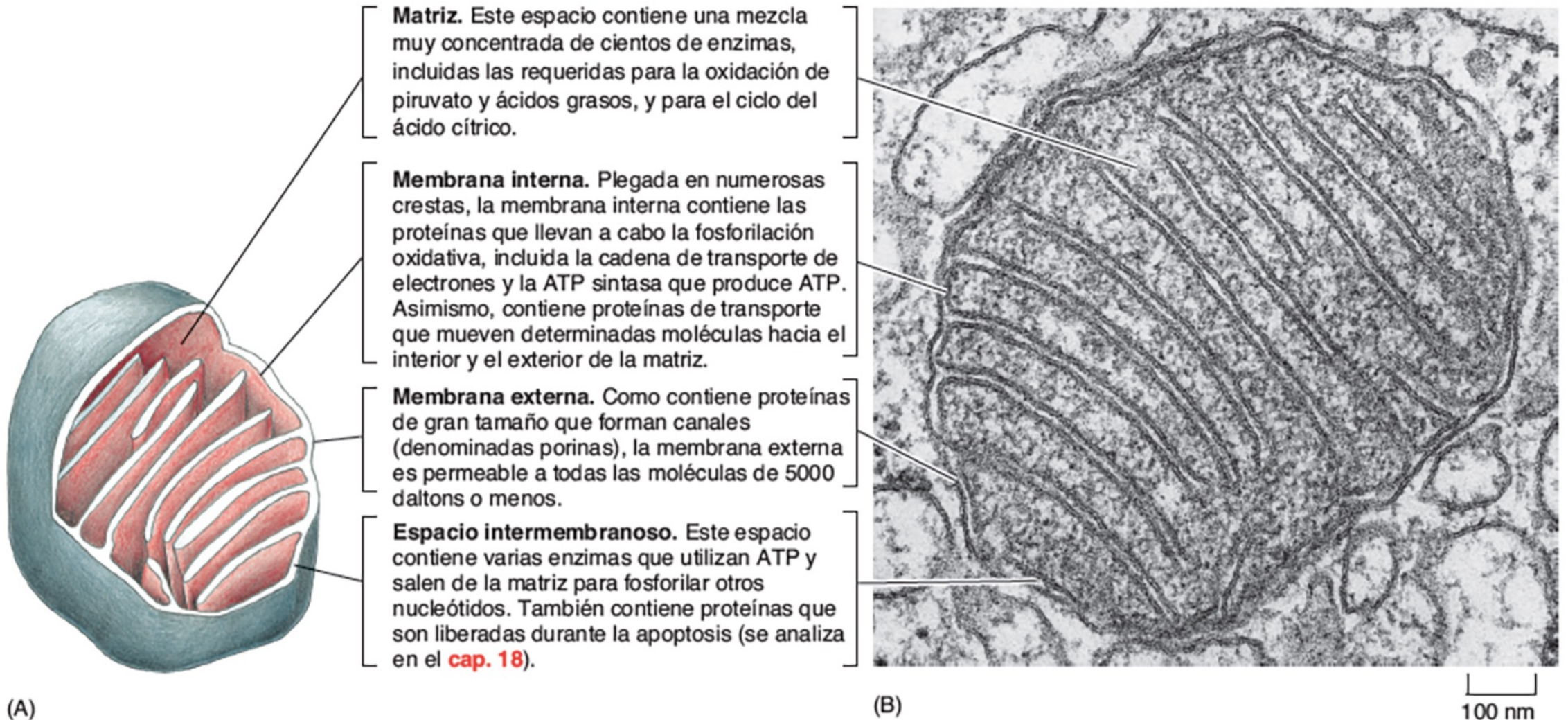


Composición y estructura: mitofagia



Composición y estructura

Una mitocondria contiene una membrana externa, una membrana interna y dos compartimentos internos



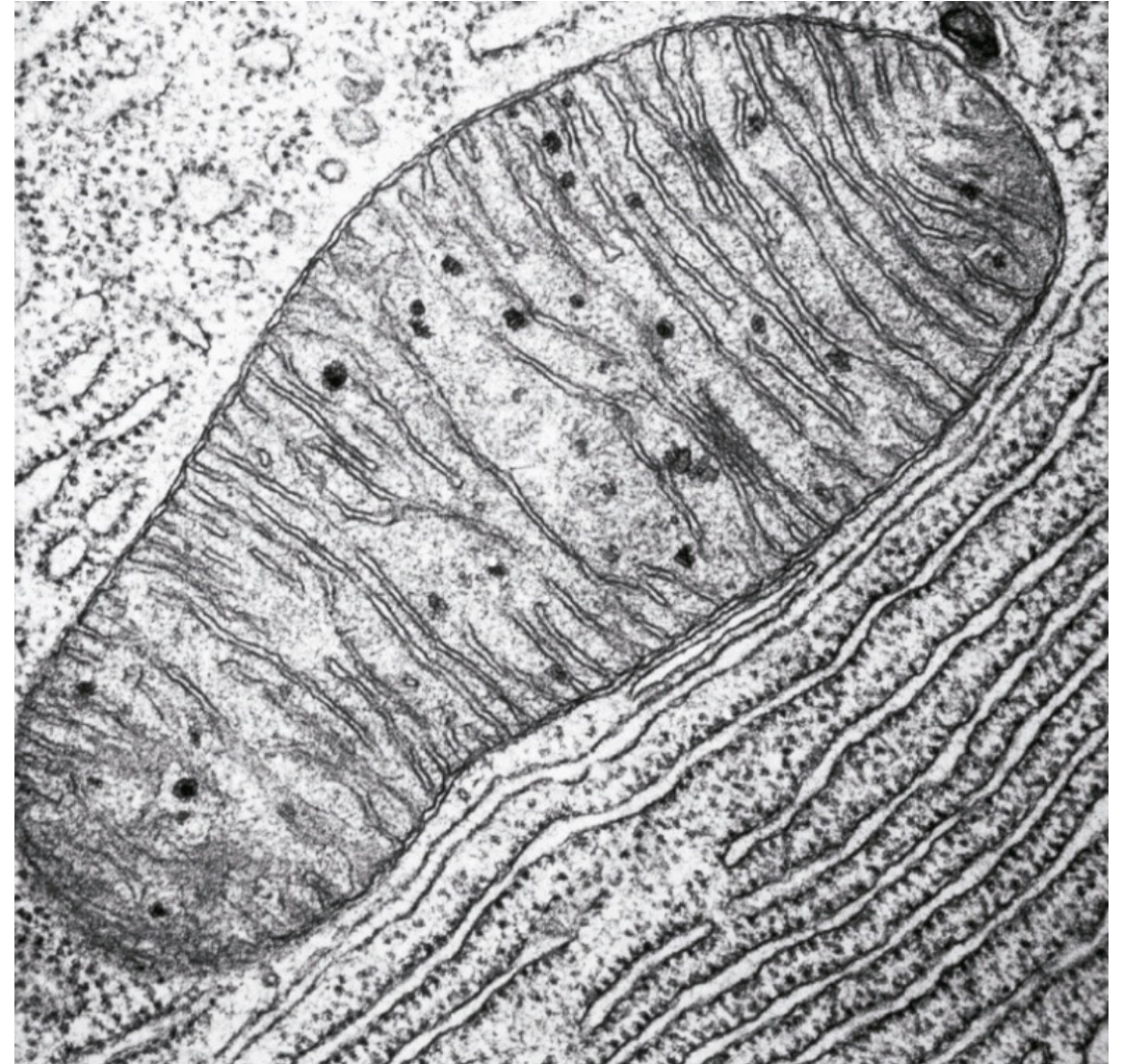
Composición y estructura

Membrana mitocondrial externa

- Continua
- Similar a la del RE (60% proteínas, 40% lípidos)
- Permeable. Gran número de **PORINAS** (PP Integrales)
- Proteínas receptoras de importación
- Complejos de importación

Membrana mitocondrial interna

- **Diferente** al resto de membranas biológicas.
- Forma **crestas** mitocondriales.
- **20 % de lípidos y 80% de proteínas.**
- **Menos colesterol**
- Rica en **cardiolipinas**
- Proteínas transportadoras
- **ATP sintasa**
- **Cadena transportadora de electrones**



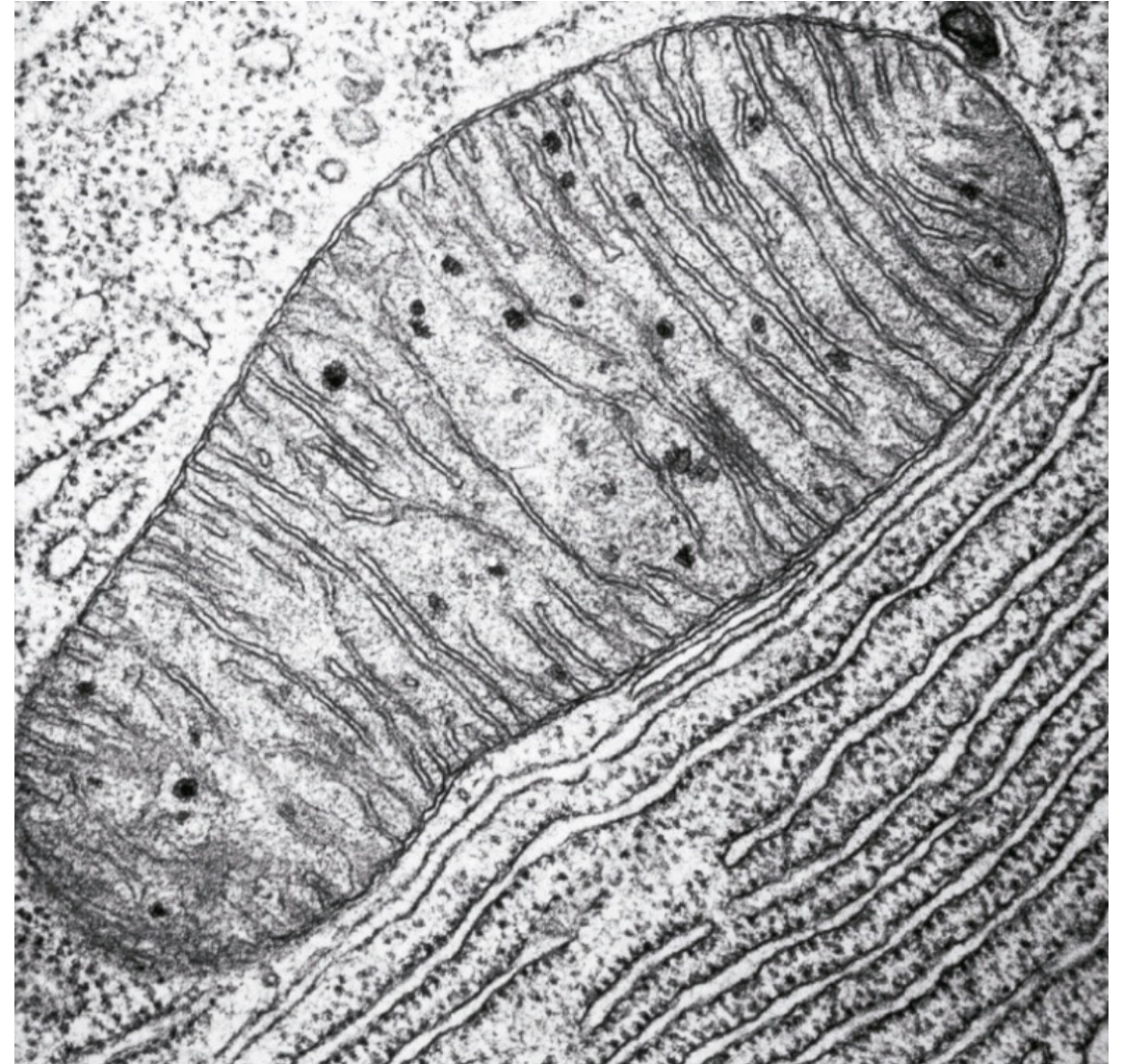
Composición y estructura

Matriz mitocondrial

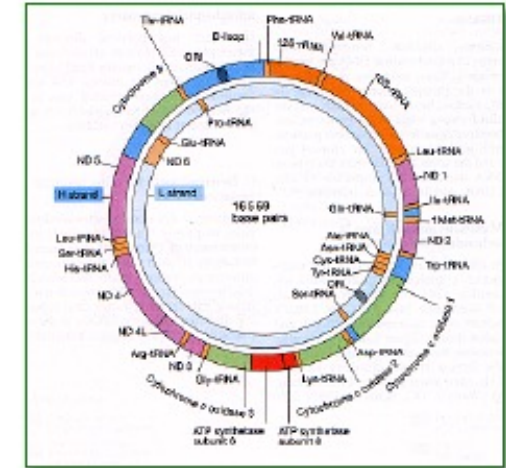
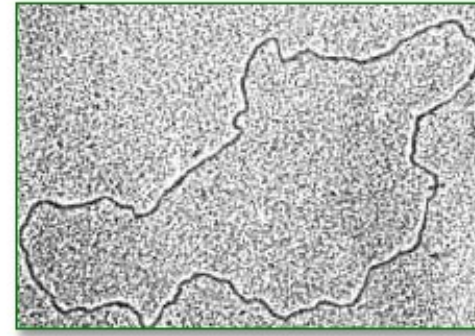
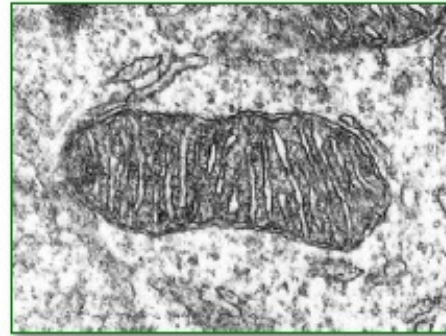
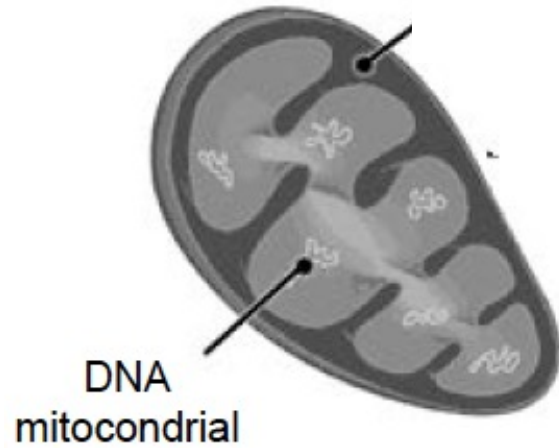
- Gel: agua (50%) y proteínas hidrosolubles (metabolismo).
- Mitorribosomas
 - 55S** (dos subunidades)
 - Síntesis de proteínas integrales
- DNA mit (circular de doble cadena)
- RNA mit (tRNA, mRNA y rRNA)
- Gránulos densos (Ca^{++} , Mg^{++})
- Enzimas
 - Ciclo de Krebs, oxidación de lípidos...

Espacio intermembranoso

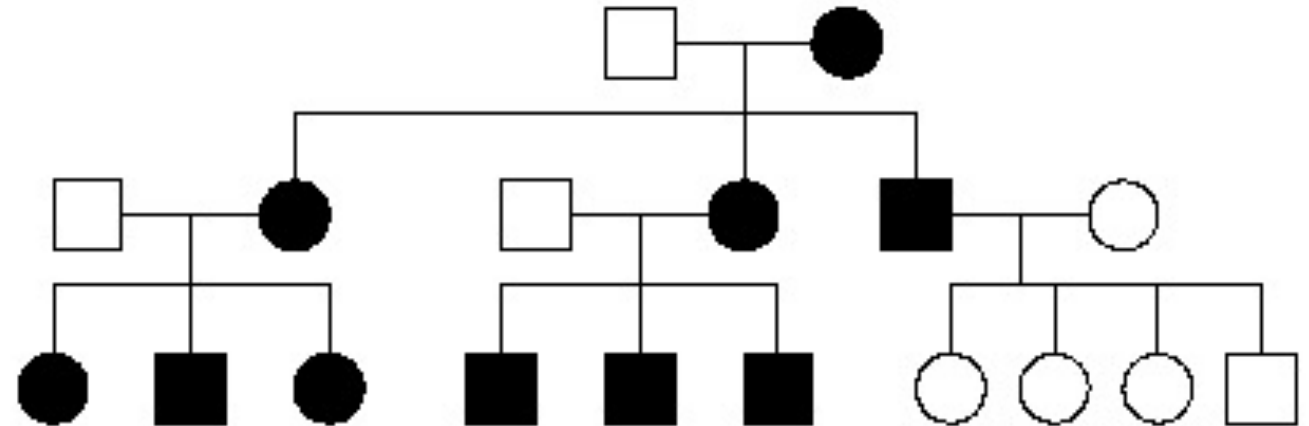
- Similar al citosol
- Rico en H^+** (cadena respiratoria)



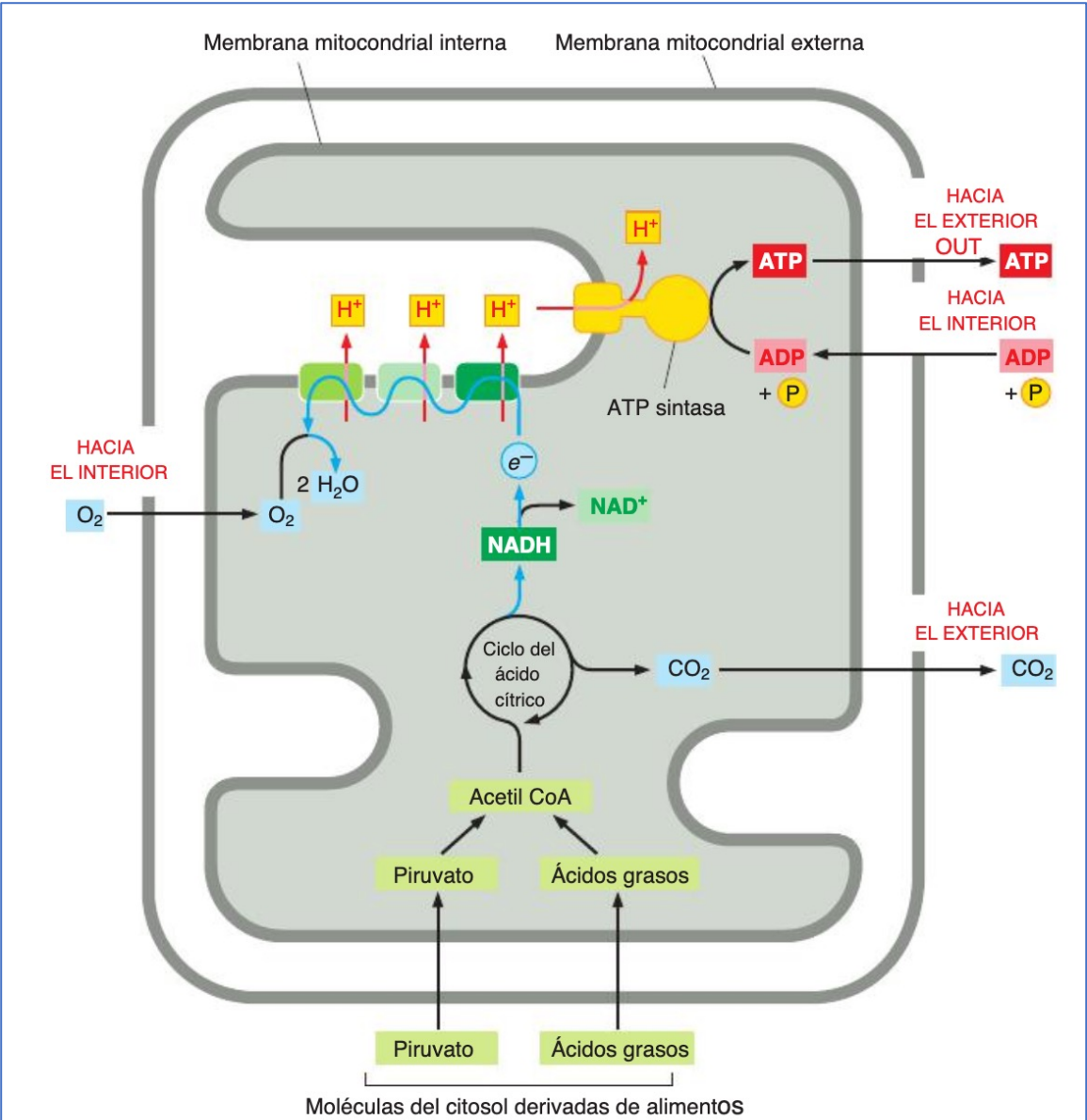
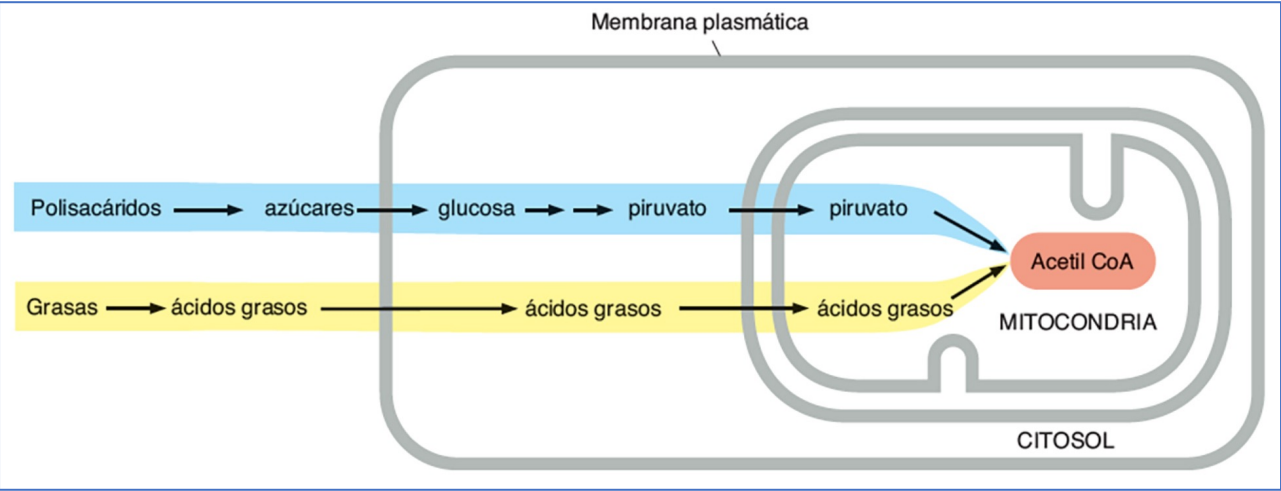
Composición y estructura



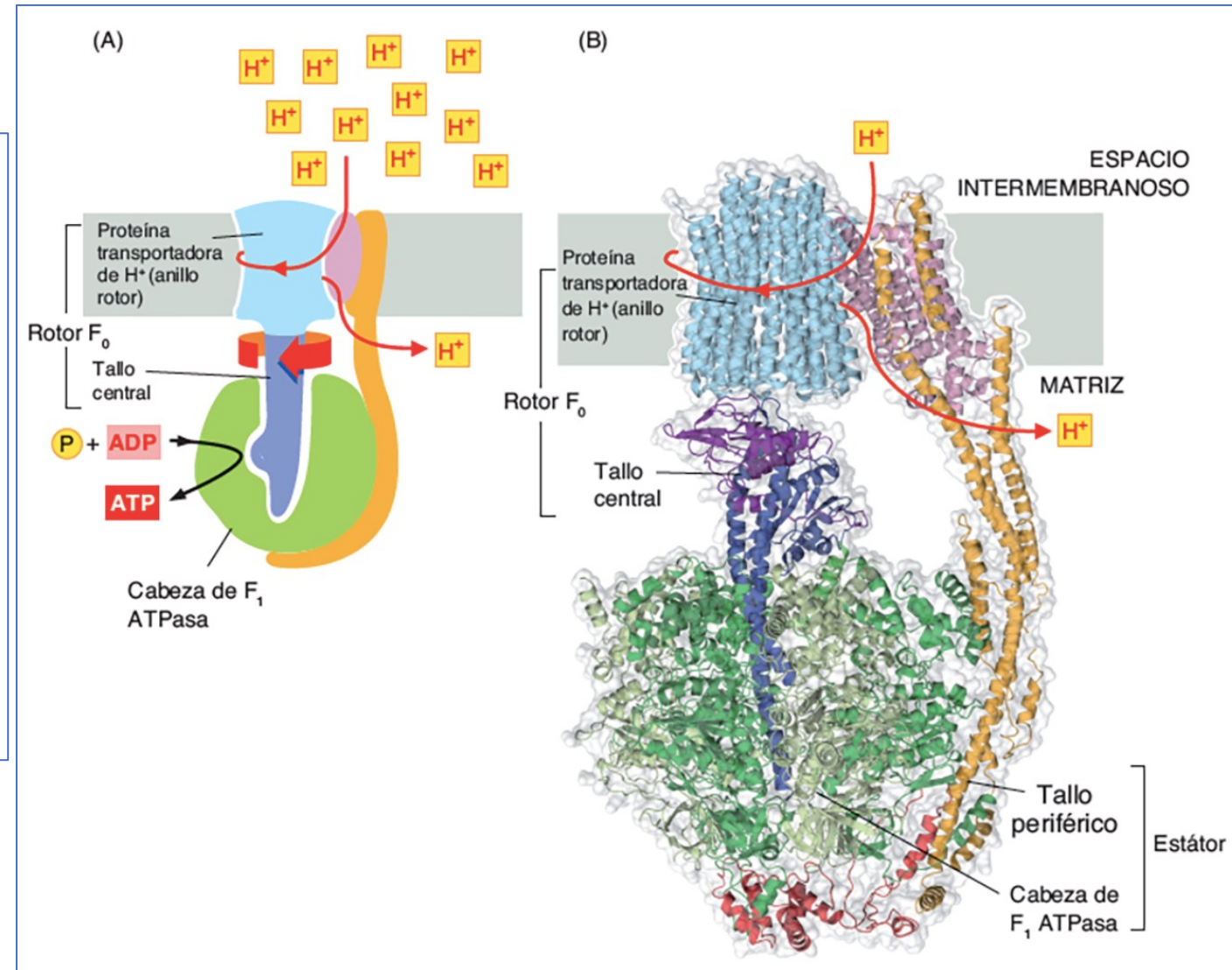
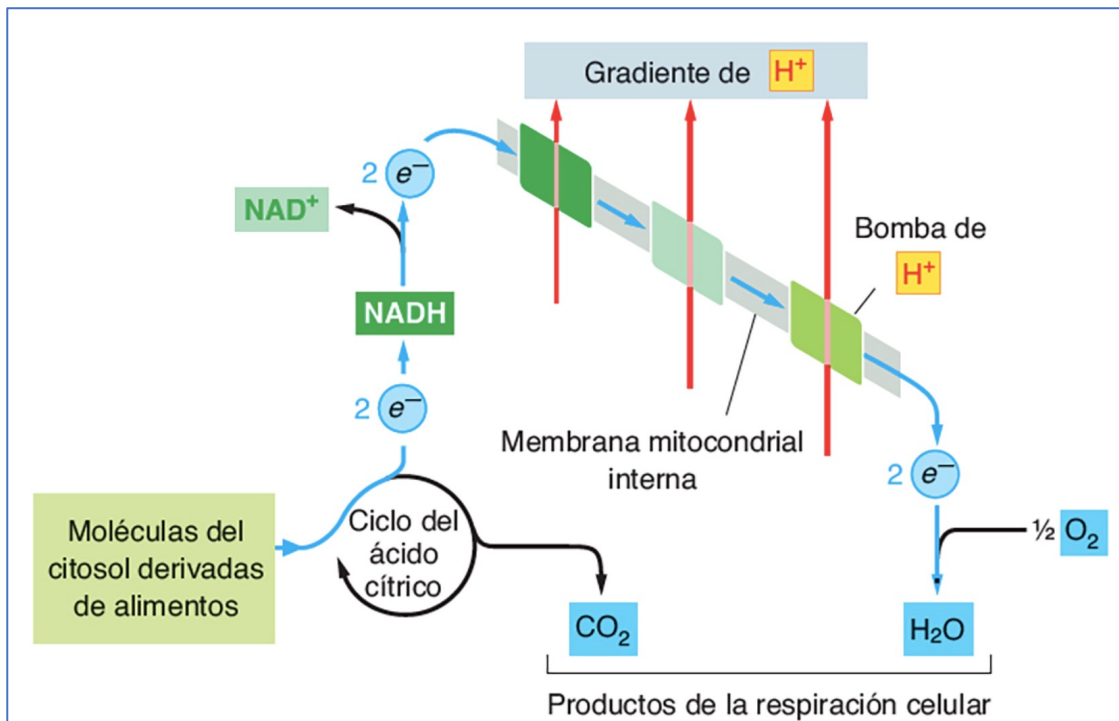
- 1 molécula
- Bicatenaria
- Circular
- Cerrado
- 16569 pb
- **37 genes**
- **No intrones**
- **No asociado a proteínas**
- **Se replica durante todo el ciclo celular**



Funciones: producción de energía



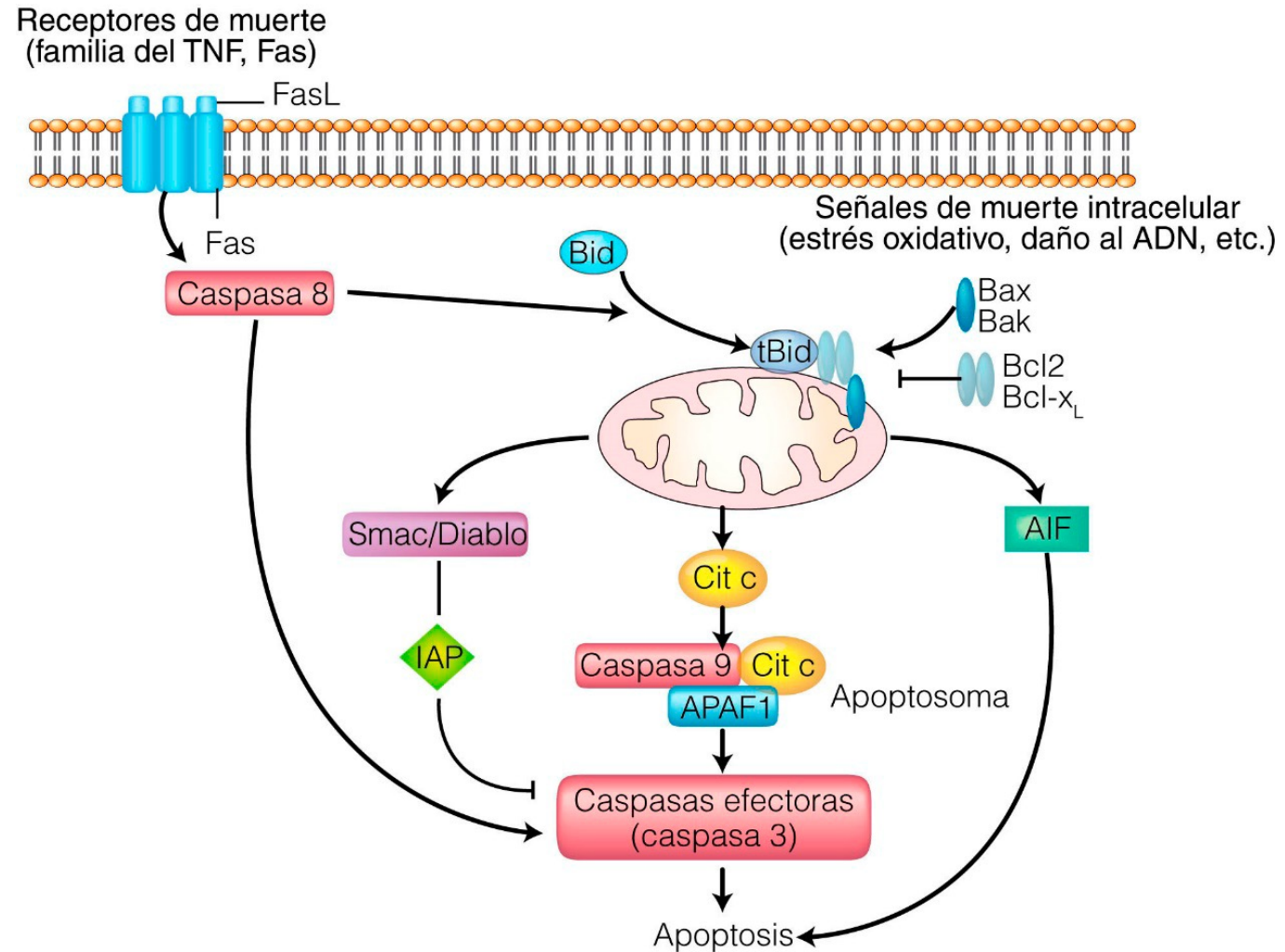
Funciones: producción de energía



Funciones: apoptosis

En la mitocondria se activa **la vía intrínseca** de la apoptosis

- En respuesta a estrés oxidativo, daños en el DNA...
- Formación de **poros en la MME** y liberación de **proteínas pro-apoptóticas**
- Se activan caspasas efectoras
- Fragmentación de numerosos sustratos
- Fragmentación del DNA



Funciones: metabolismo de lípidos y almacén de iones

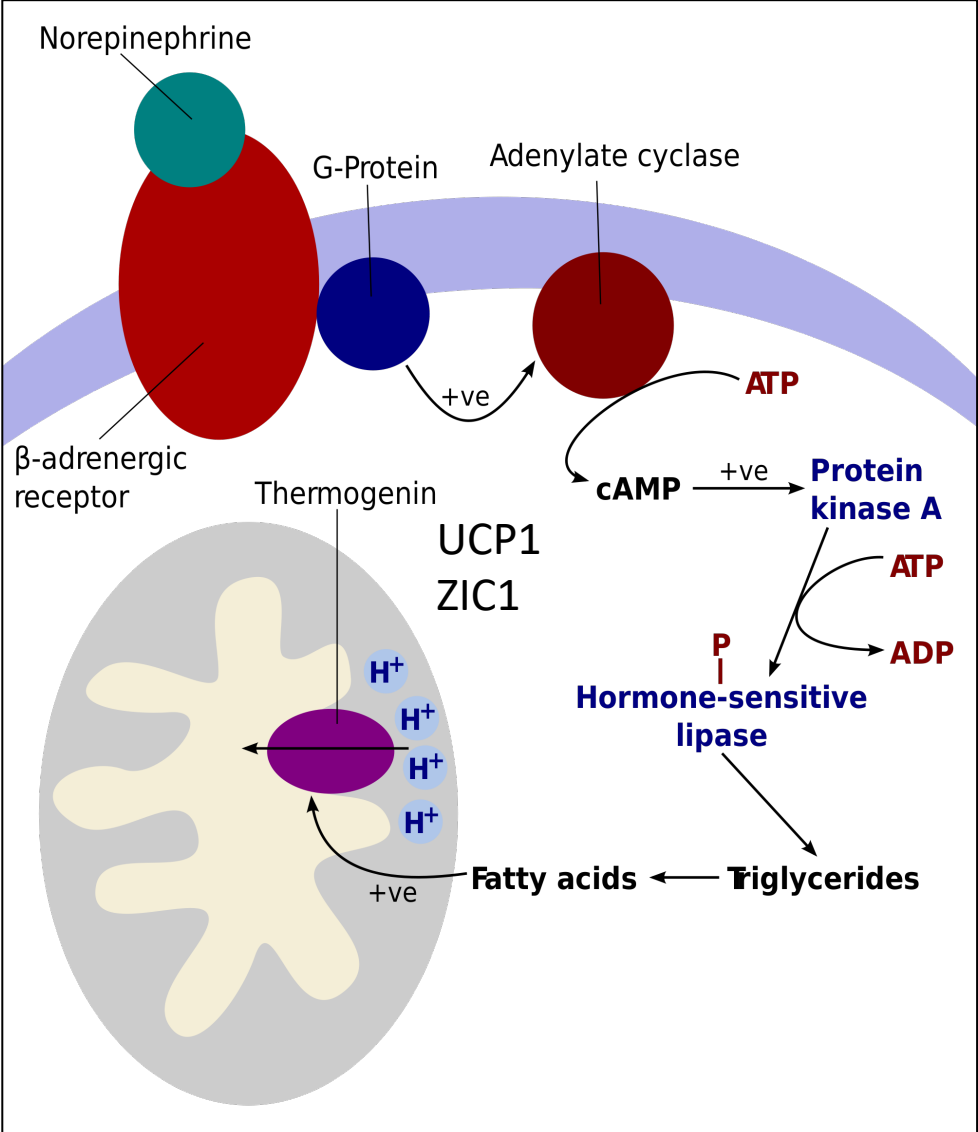
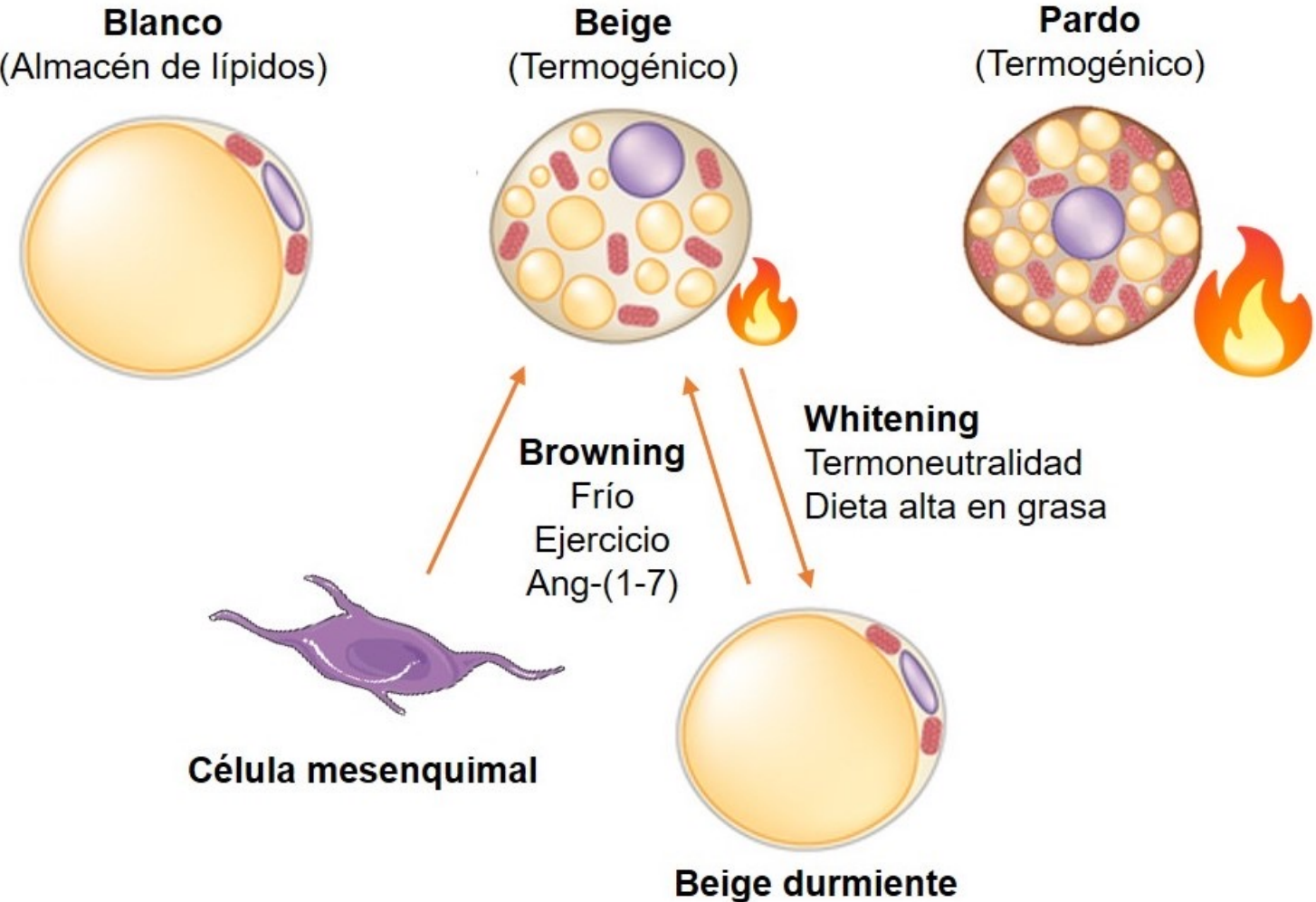
- **METABOLISMO DE LÍPIDOS:**

- β -oxidación de ácidos grasos
- Síntesis de ácido lisofosfatídico, a partir del cual se sintetizan los triacilgliceroles.

- **INCORPORACIÓN Y ALMACÉN DE IONES:**

- Incorpora y almacena cationes, principalmente Ca^{2+} , desprendiendo H^+ a cambio.
- Si se acumulan muchos iones en la matriz, se inhibe el gradiente electroquímico de entrada de protones y, por tanto, se frena la fosforilación oxidativa (mecanismo de regulación de la respiración celular).

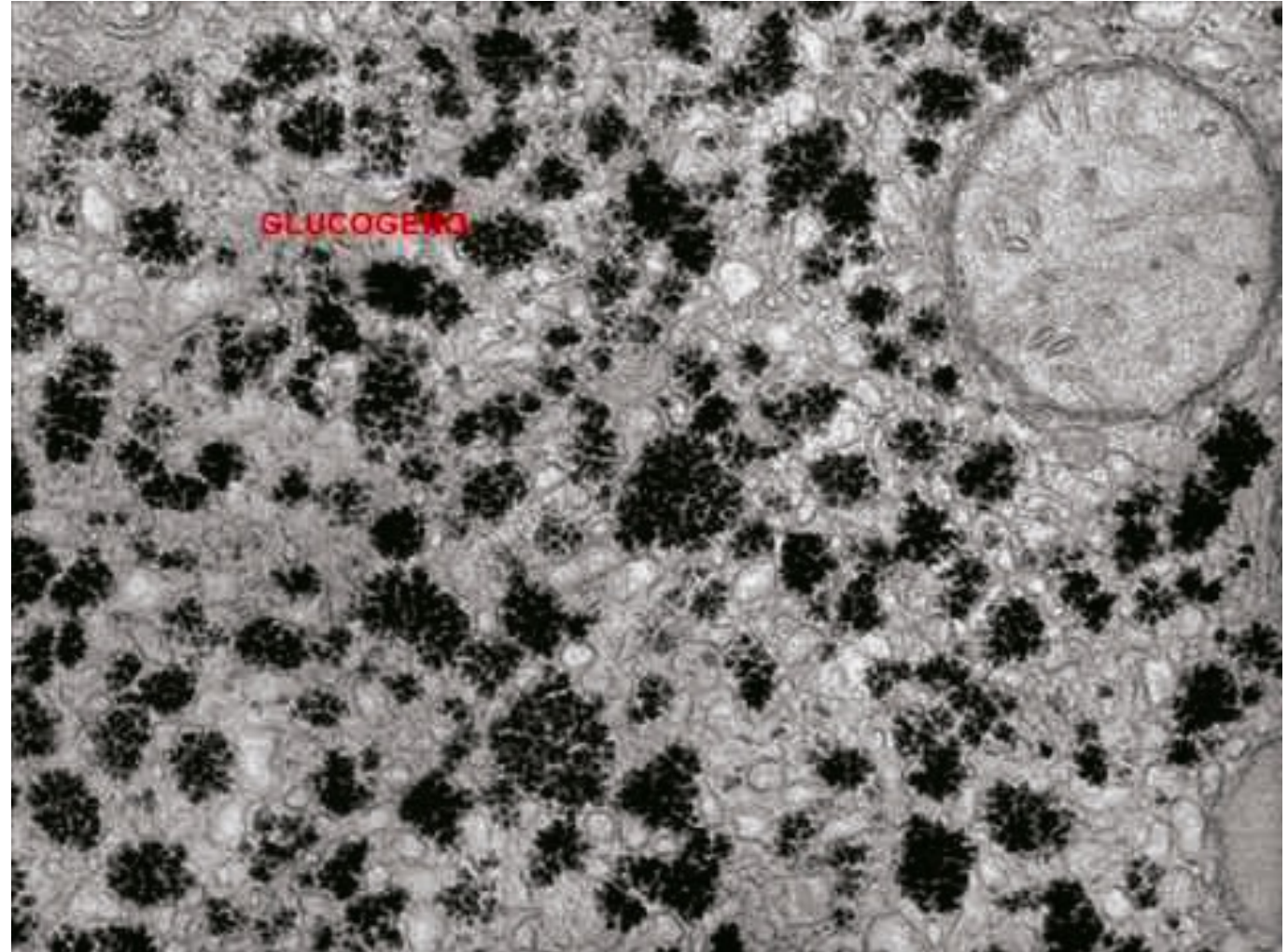
Funciones: generar calor



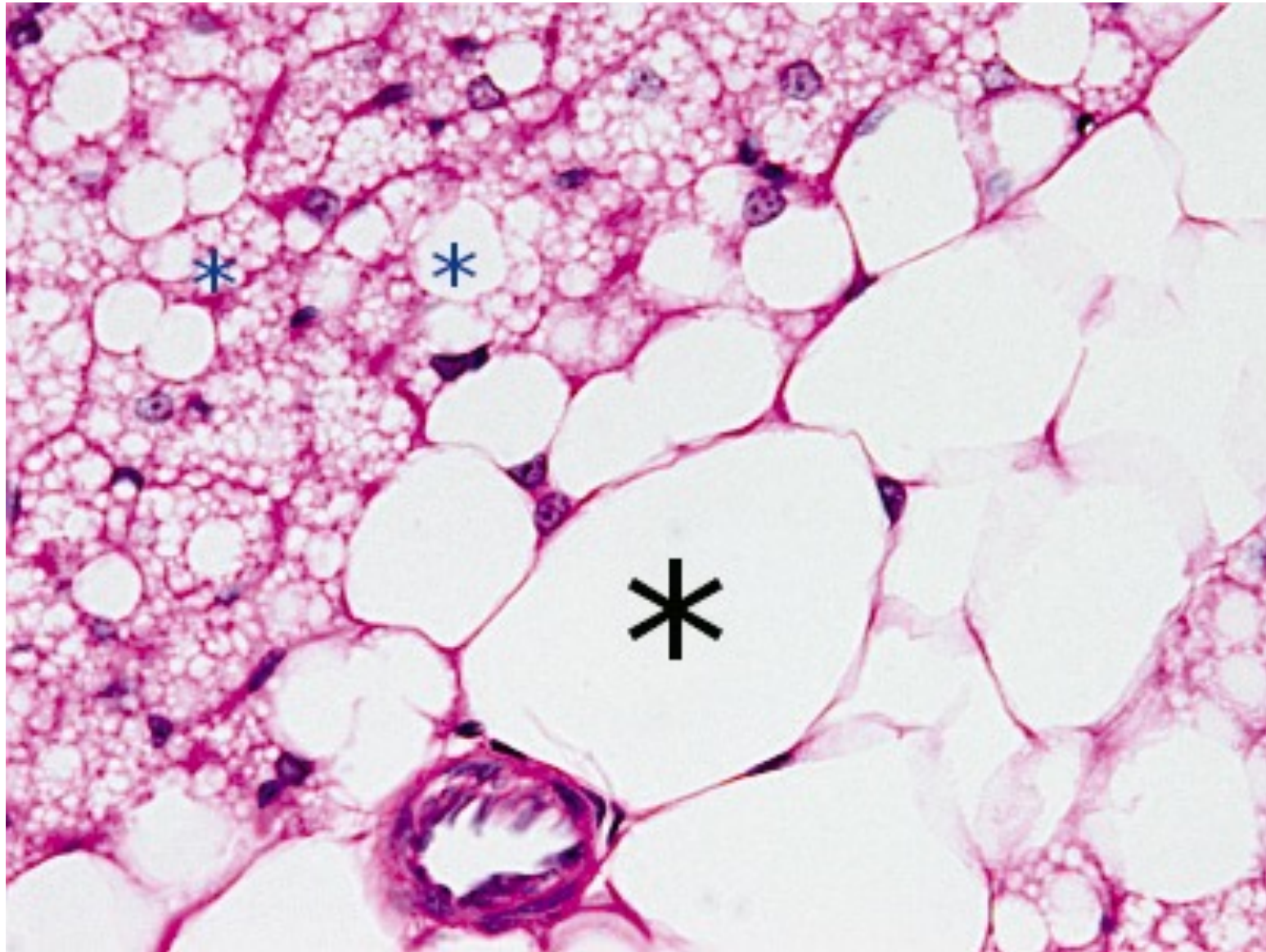
Inclusiones citoplasmáticas

- No son orgánulos
- No rodeados de membrana
- Depósitos de sustancias almacenadas en el citoplasma

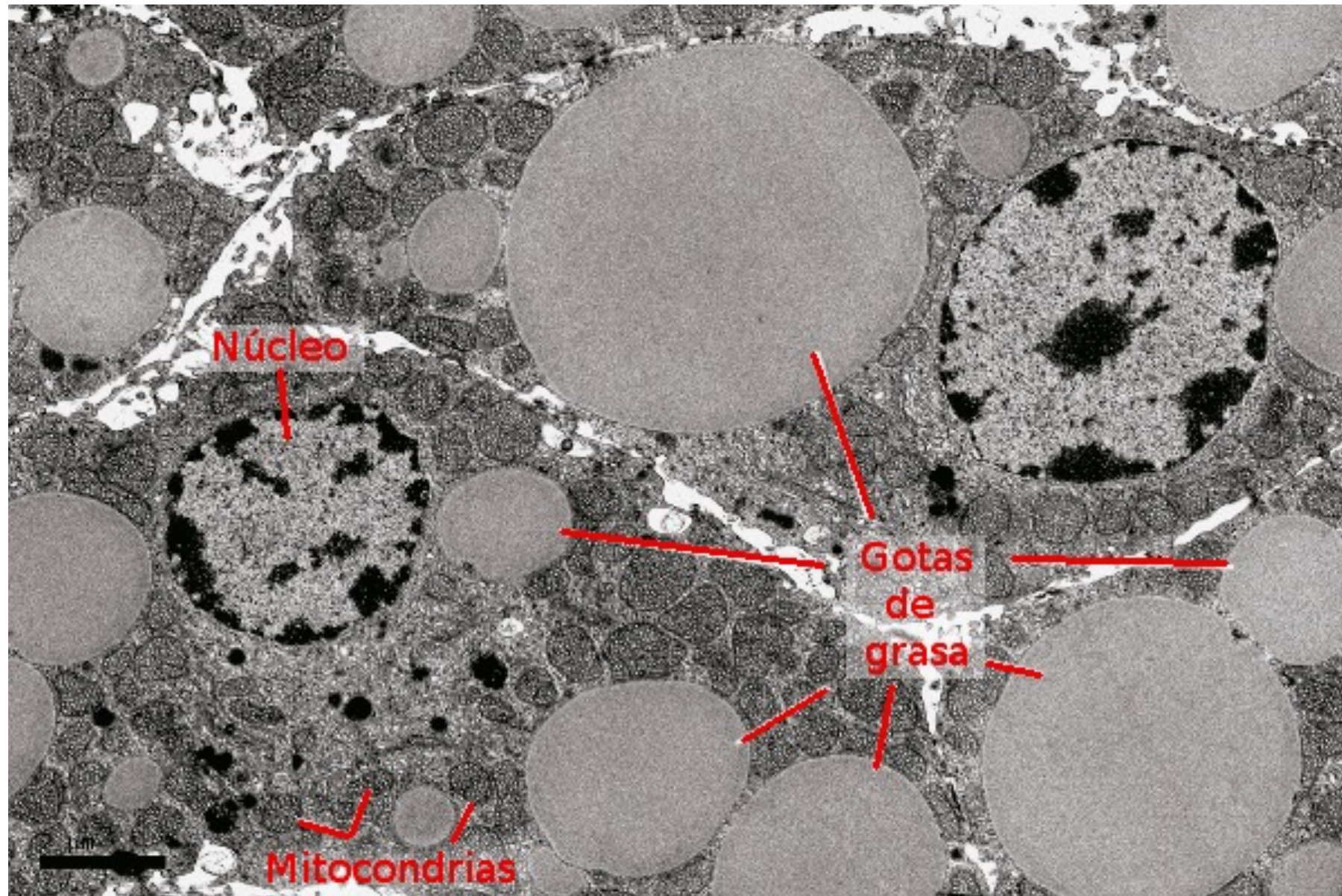
Lípidos
Proteínas
Glúcidos
Pigmentos...



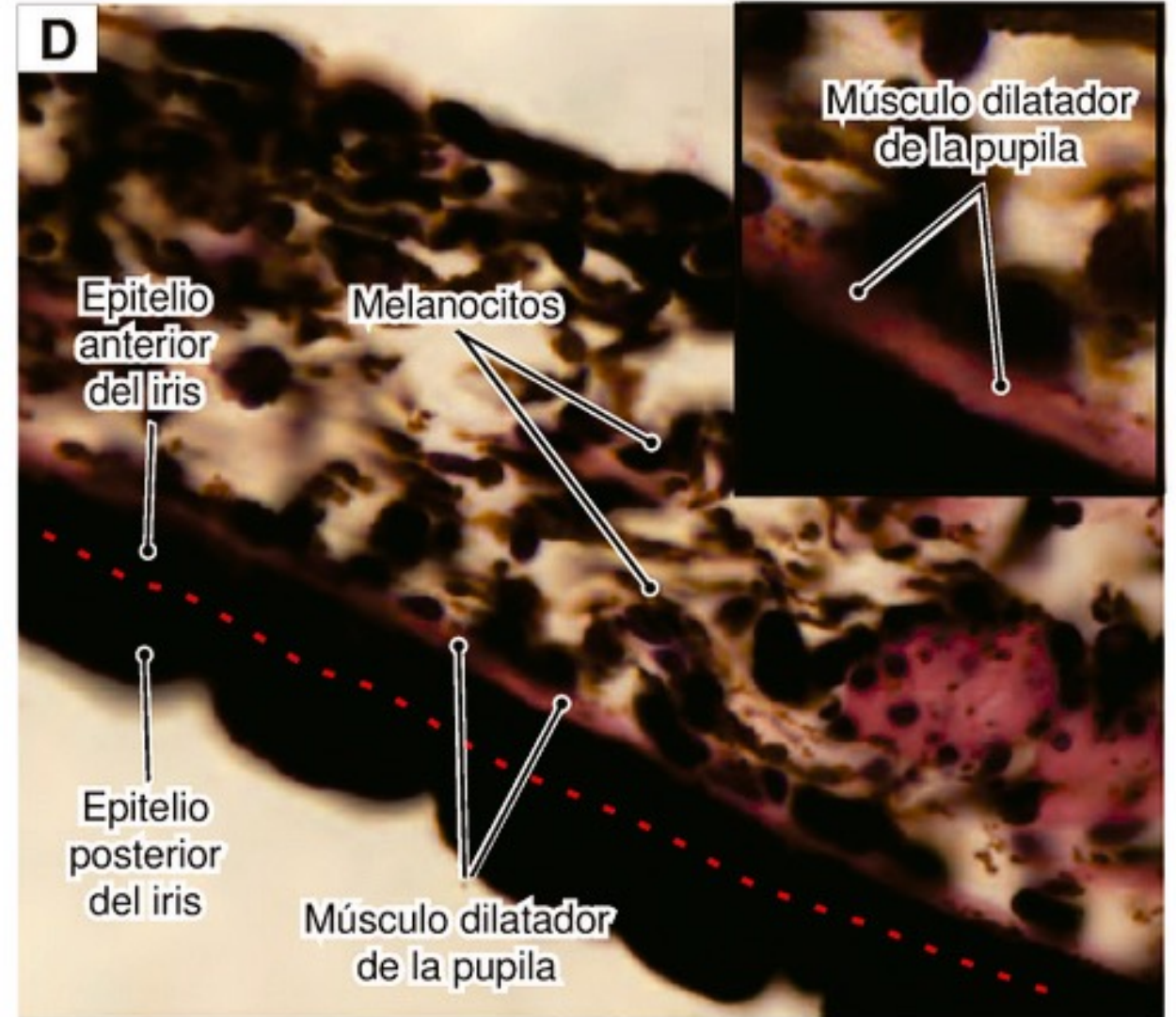
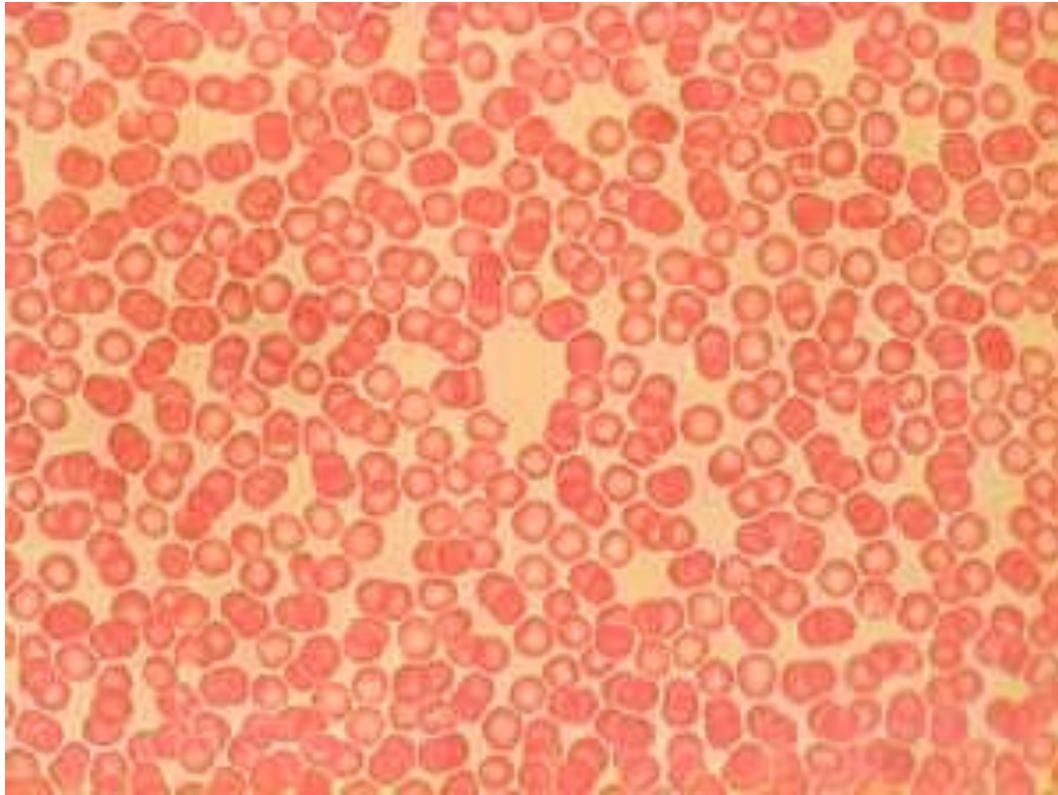
Inclusiones citoplasmáticas



Inclusiones citoplasmáticas



Inclusiones citoplasmáticas





Universidad de Valladolid

Generación de energía en las mitocondrias e inclusiones citoplasmáticas

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es



Universidad de Valladolid

Núcleo y ciclo celular

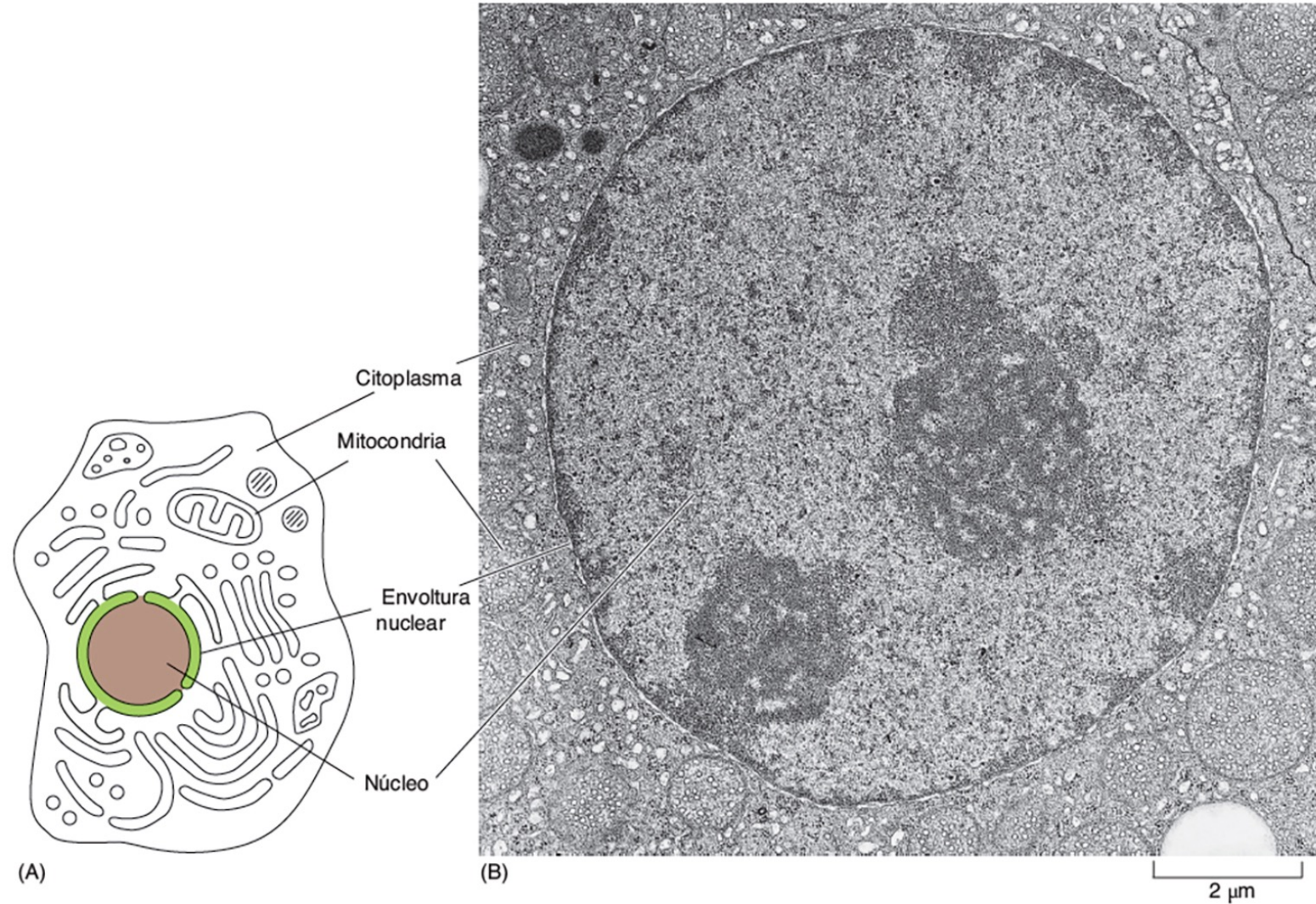
Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es

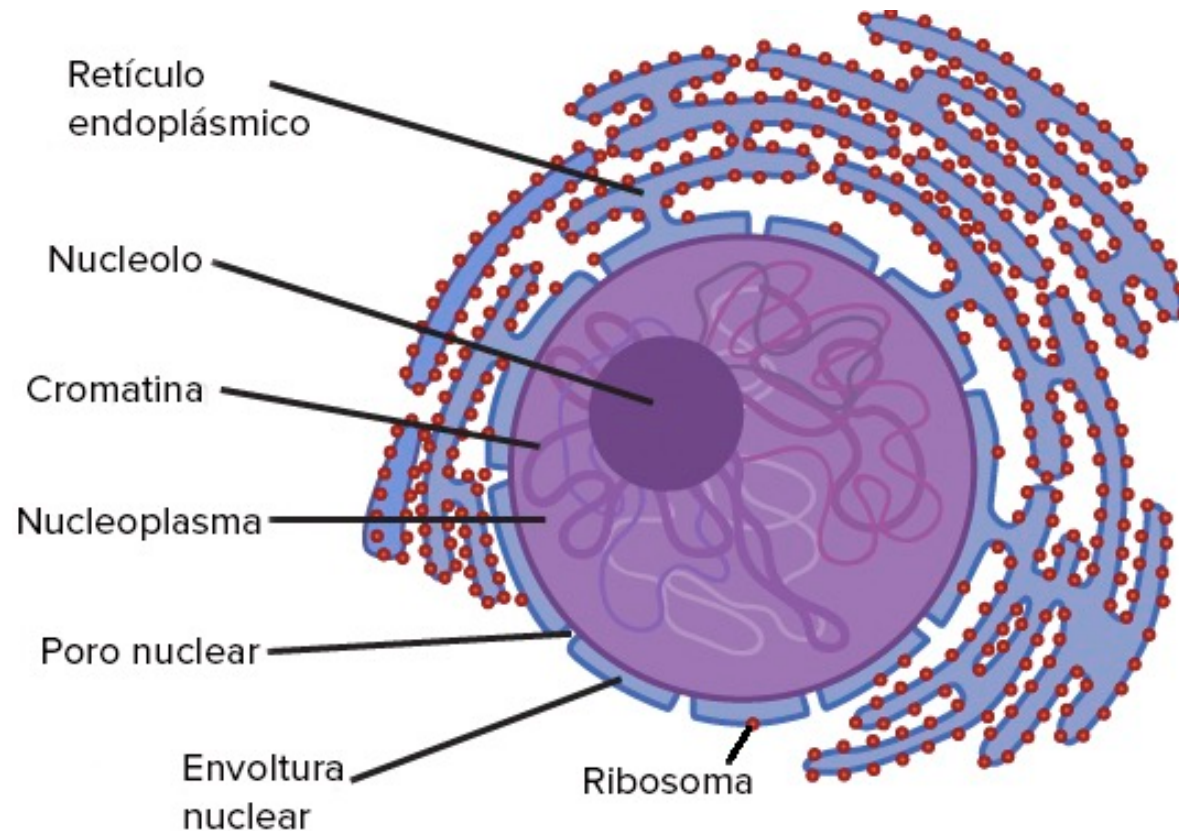
Núcleo celular

El núcleo es el depósito de información de la célula



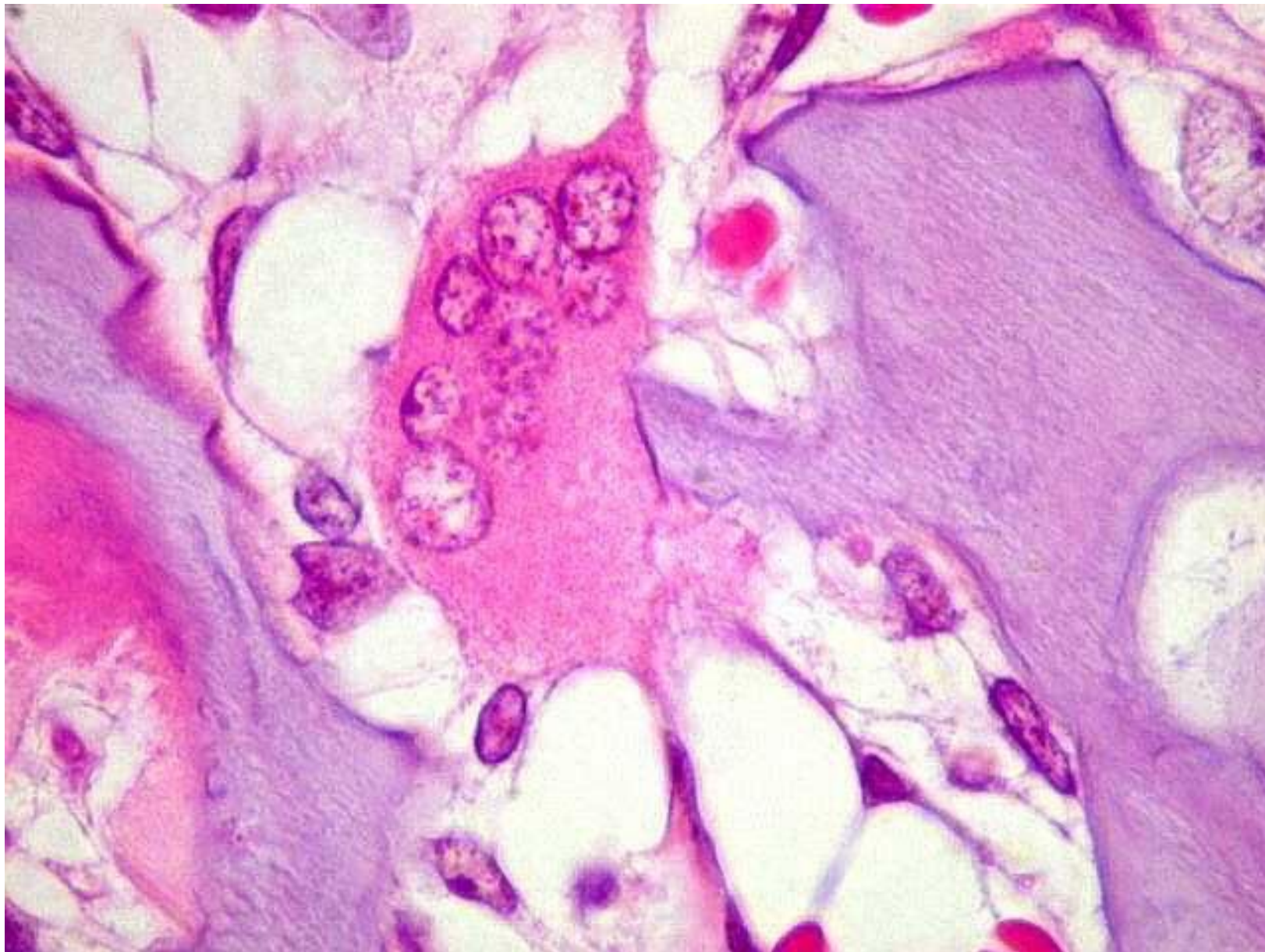
Núcleo celular

- Es la estructura que caracteriza a las células eucariotas
- Contiene el material hereditario
- Tiene lugar la replicación, transcripción y la maduración del mRNA

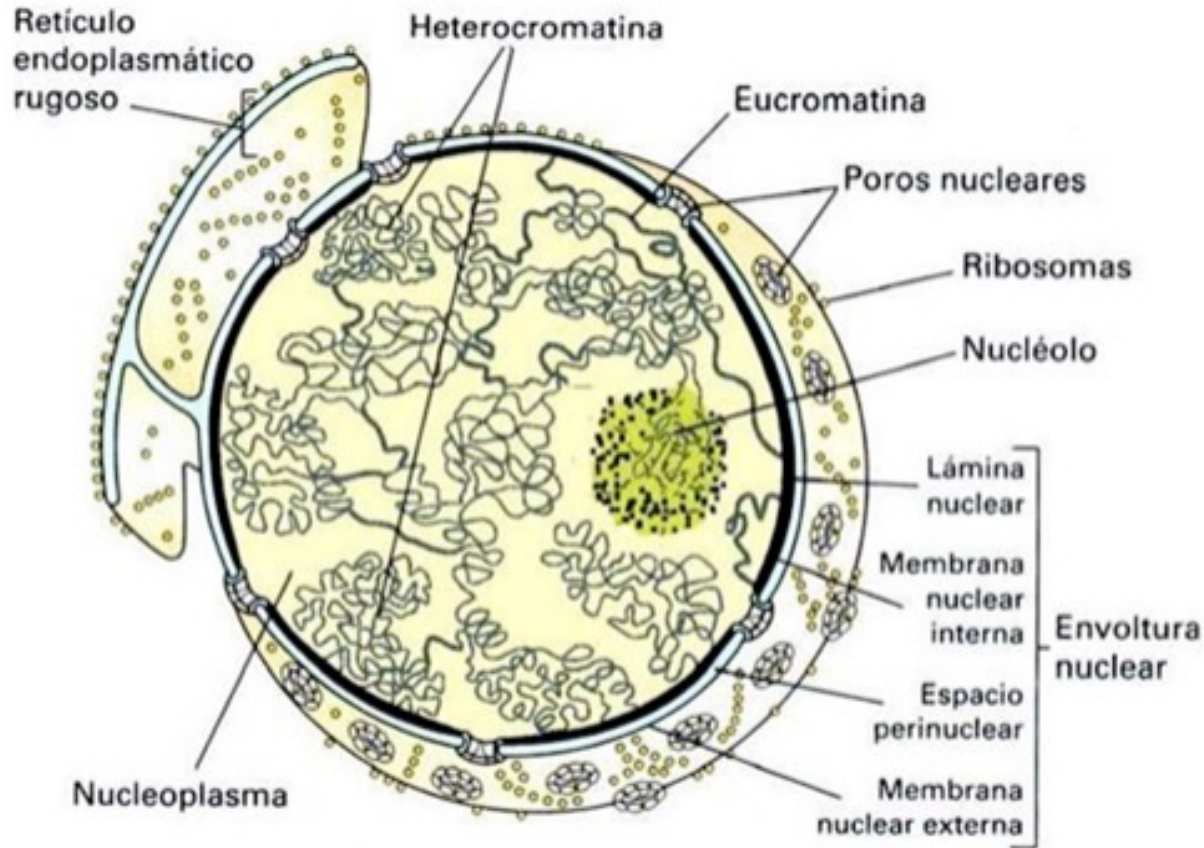


- 4-6 μm diámetro (hasta 25 μm)
- Doble envoltura-poros
- Nucleoplasma
- Matriz nuclear
- Nucléolo

Núcleo celular



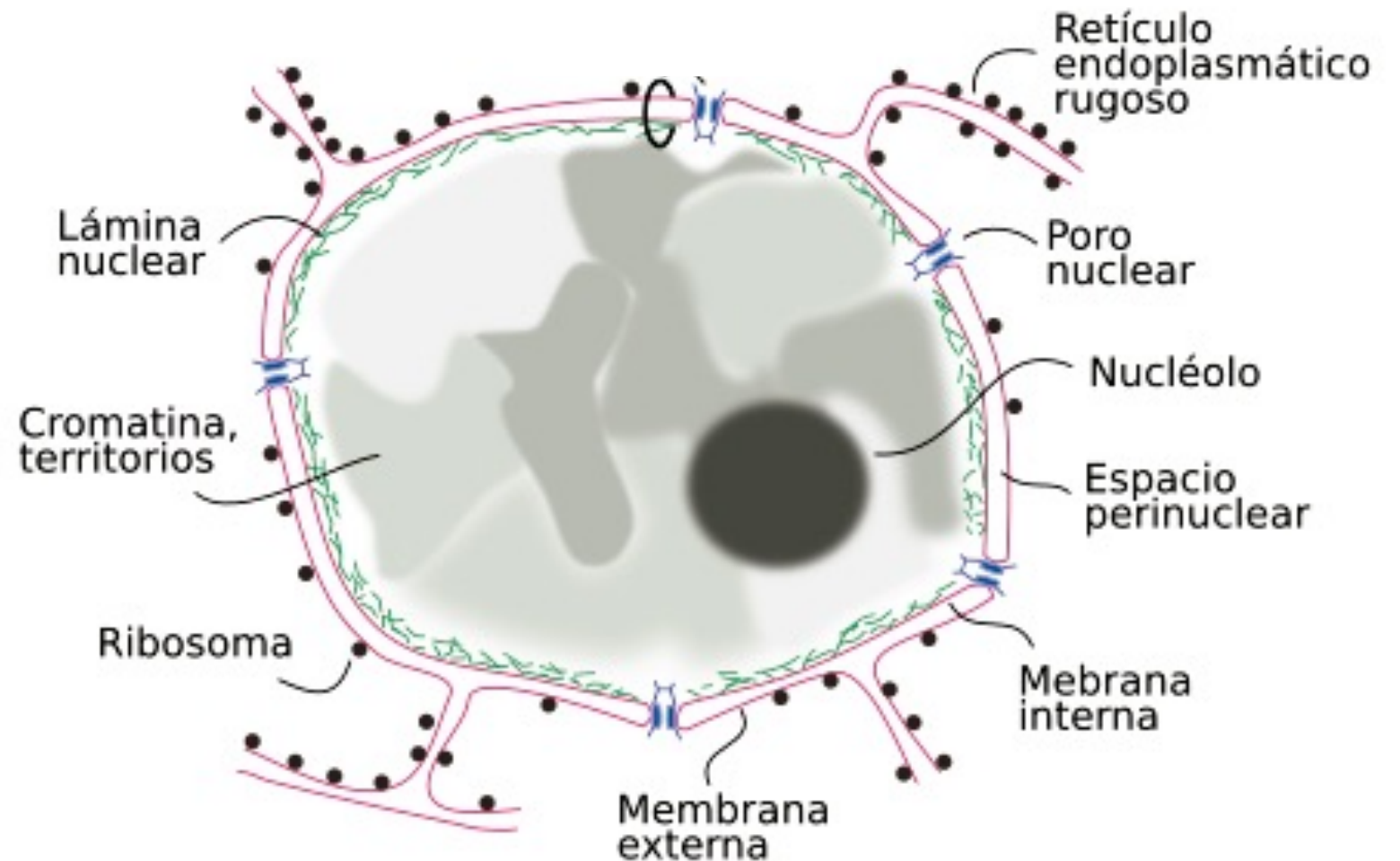
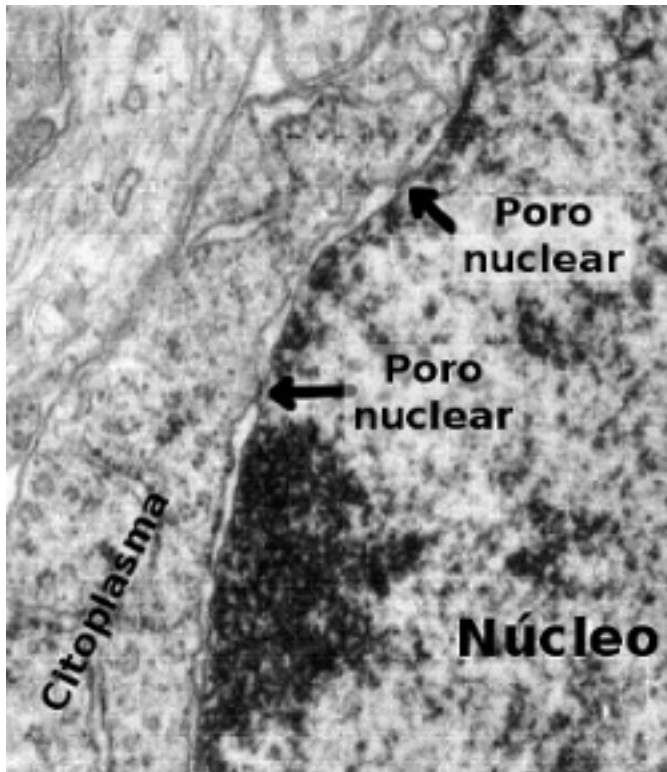
Núcleo celular. Envoltura nuclear



- Doble
- Poros nucleares
- Espacio o cisterna perinuclear
 - 10-50 nm
 - **Almacén de calcio**
- Lámina nuclear:
 - 10-15 nm
 - Proteínas del tipo de los filamentos intermedios
 - Polímeros de laminina
 - Confiere estabilidad mecánica

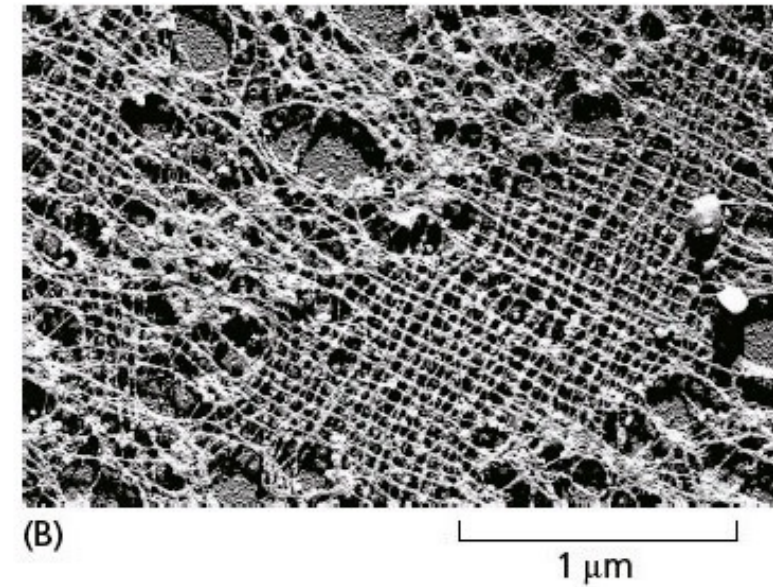
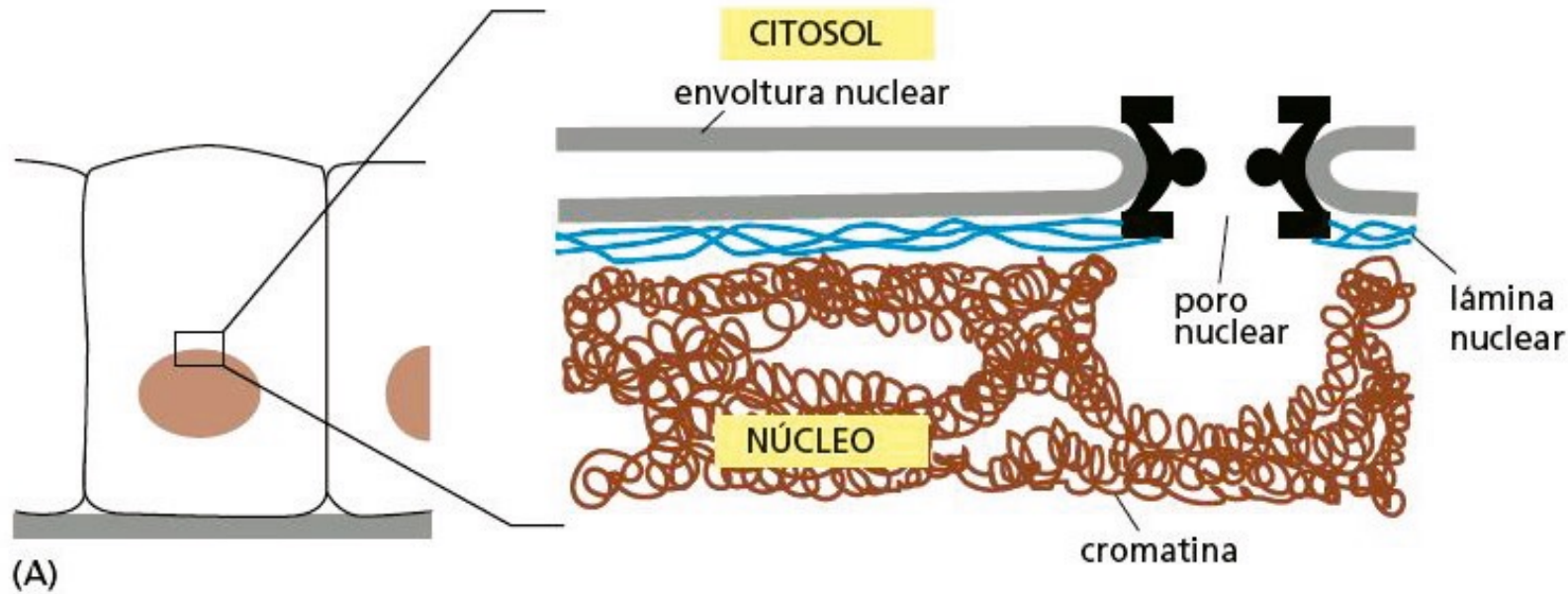
Núcleo celular. Envoltura nuclear

- La membrana nuclear interna tiene diferente composición a la externa
- Posee proteínas transmembrana: cromatina y lámina nuclear



Núcleo celular. Lámina nuclear o fibrosa

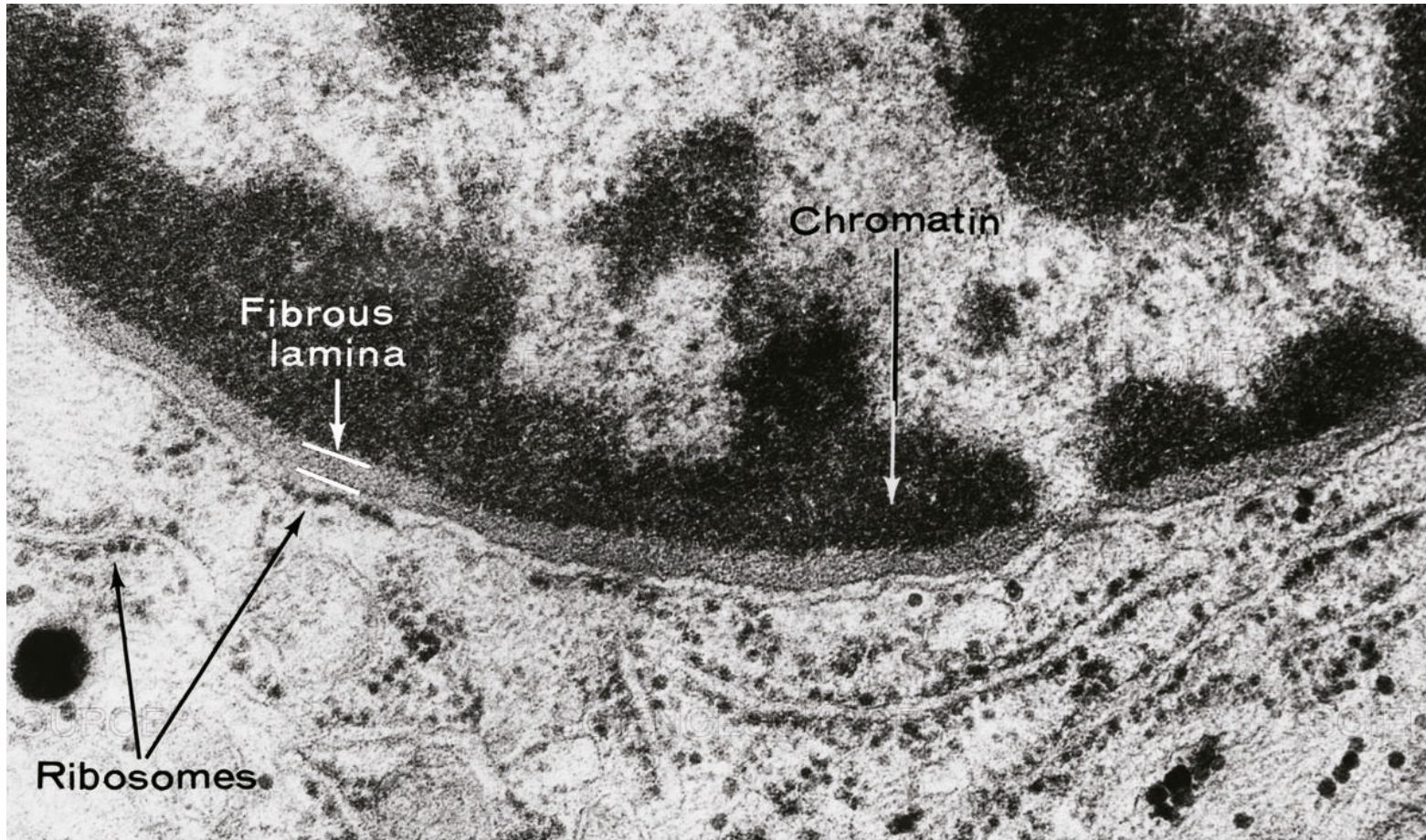
Red de **filamentos intermedios** de 20-30 nm de espesor



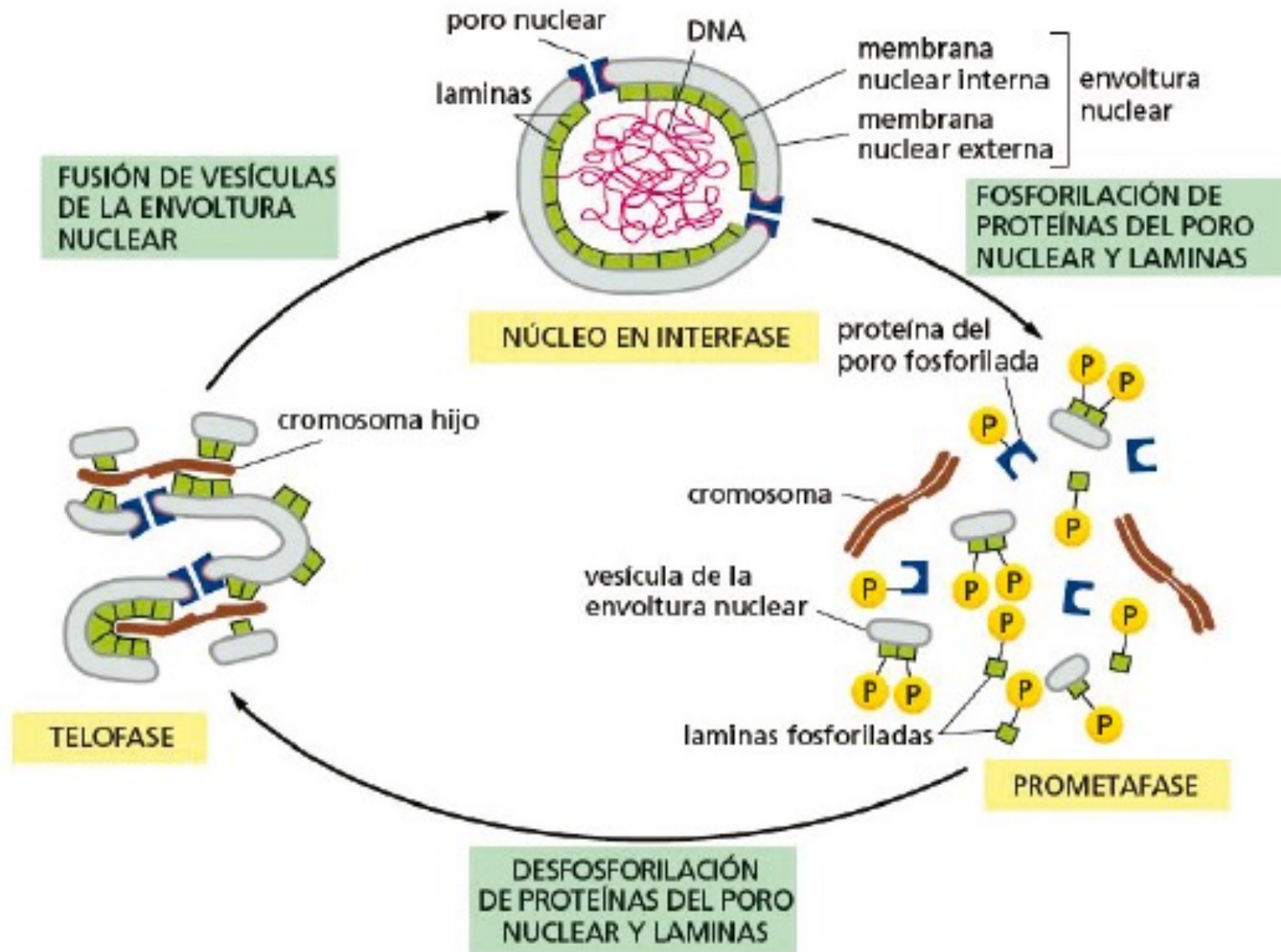
Las principales proteínas que la forman se llaman **LAMINAS**

Núcleo celular. Lámina nuclear o fibrosa

- Soporte mecánico a la envoltura nuclear: forma, tamaño y localización del núcleo.
- Participación en división celular.
- Condiciona la distribución de los poros nucleares.
- Punto de unión a fibras de cromatina.

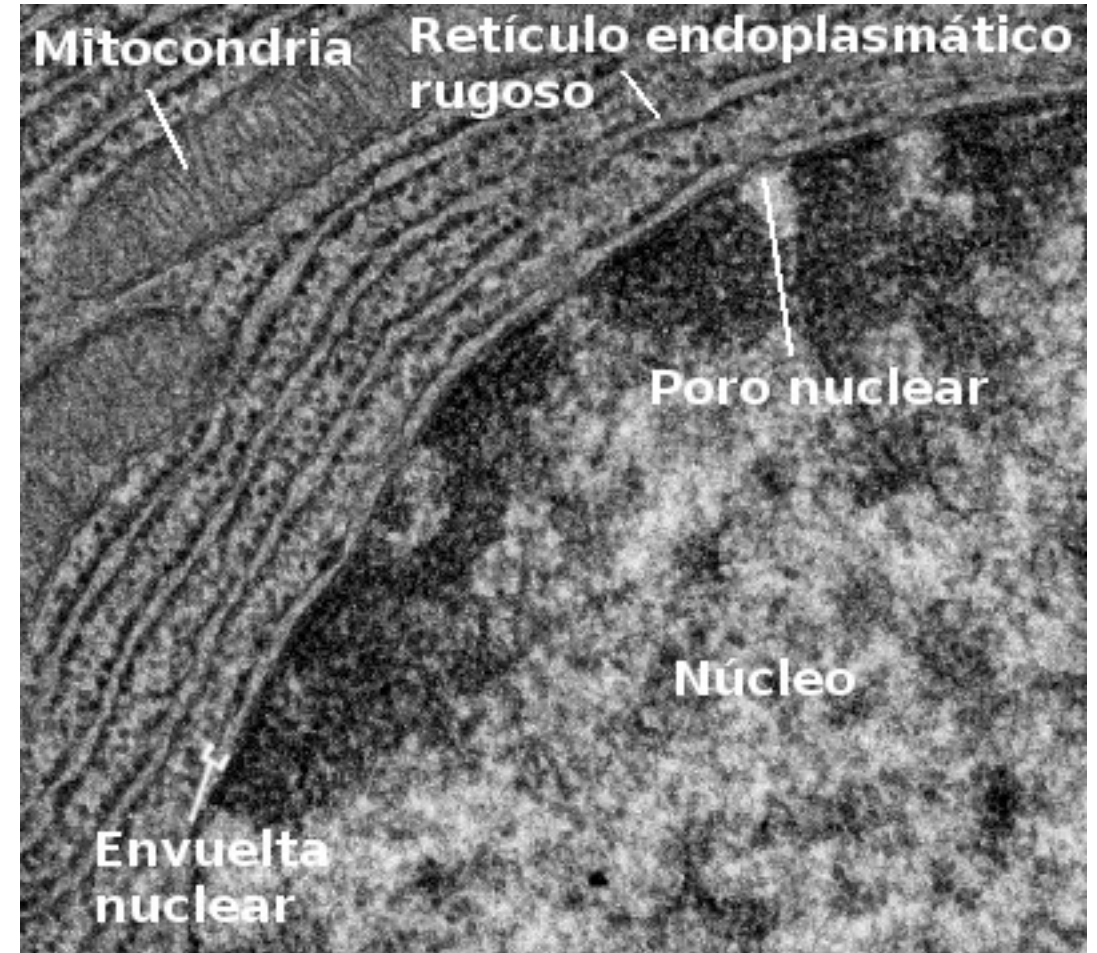
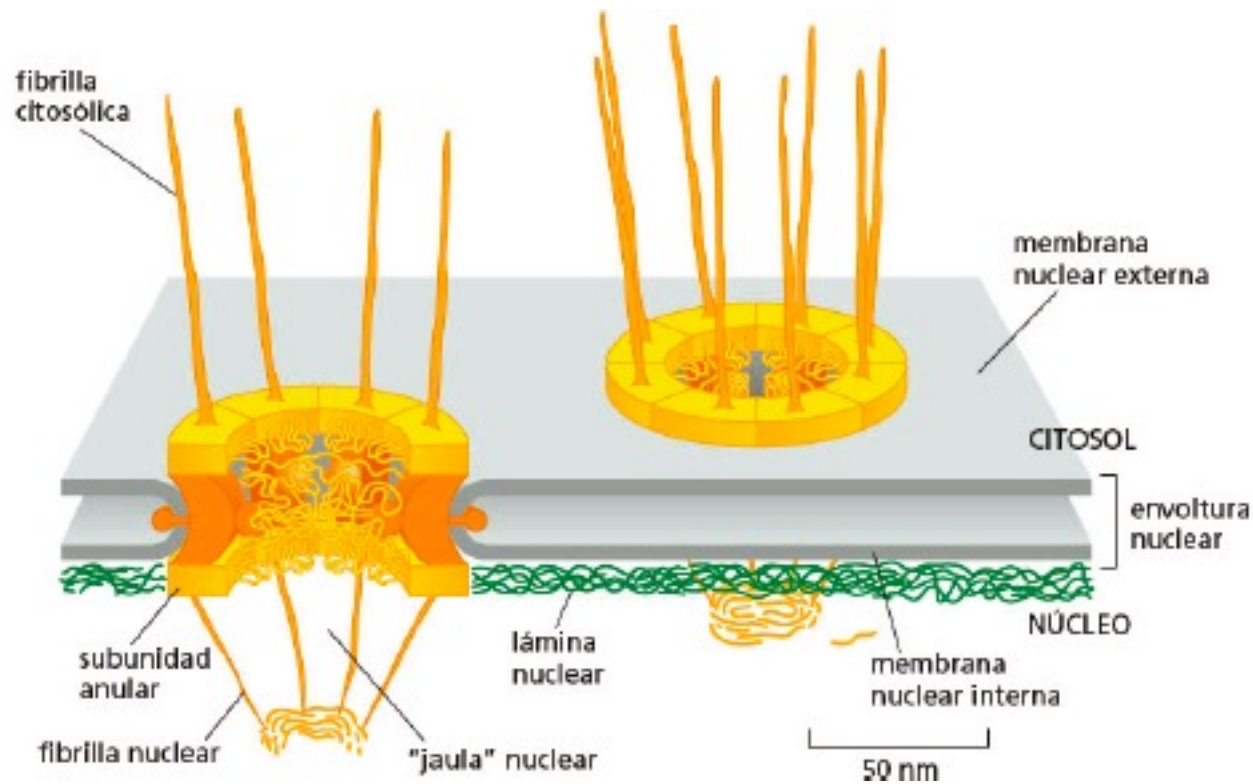


Núcleo celular. Lámina nuclear o fibrosa

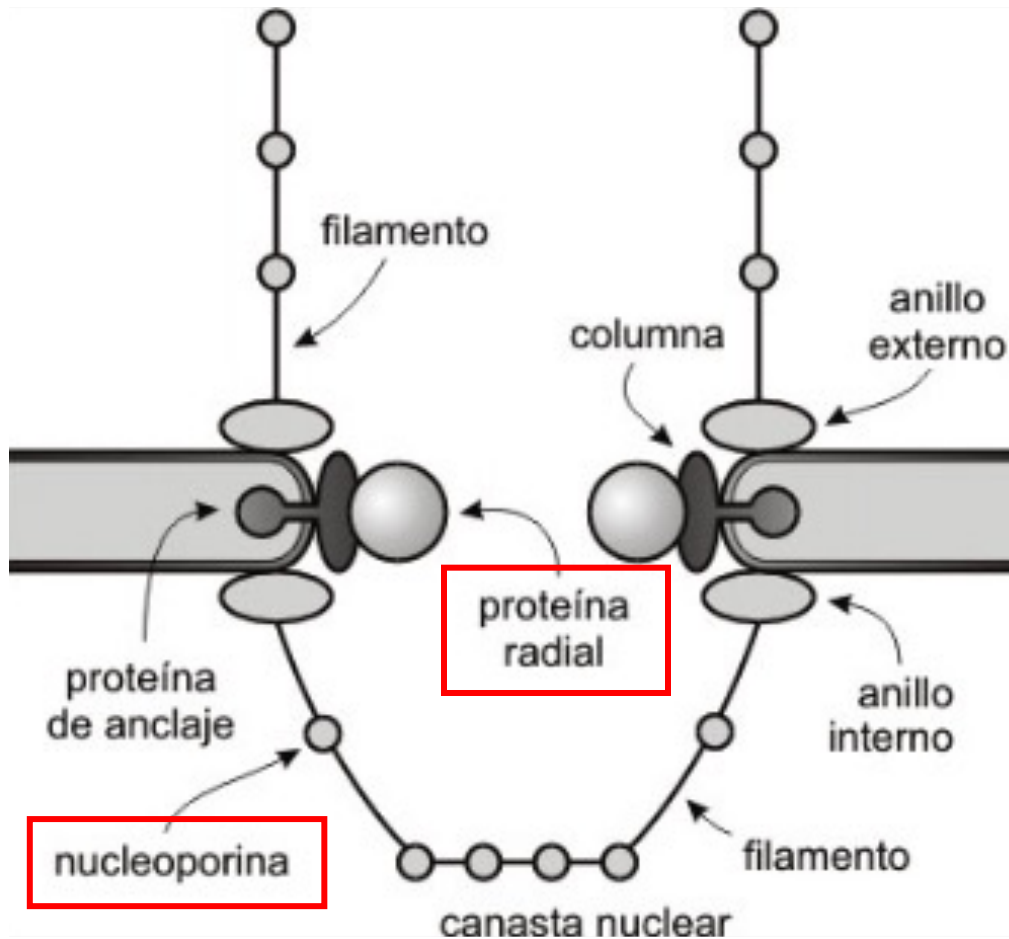


Núcleo celular. Poros nucleares

Entre 3000-4000 poros



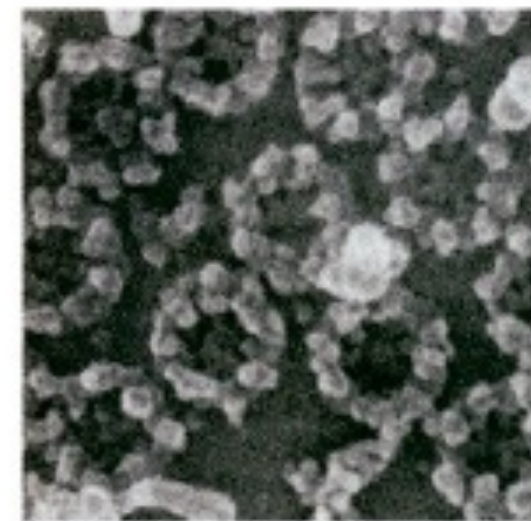
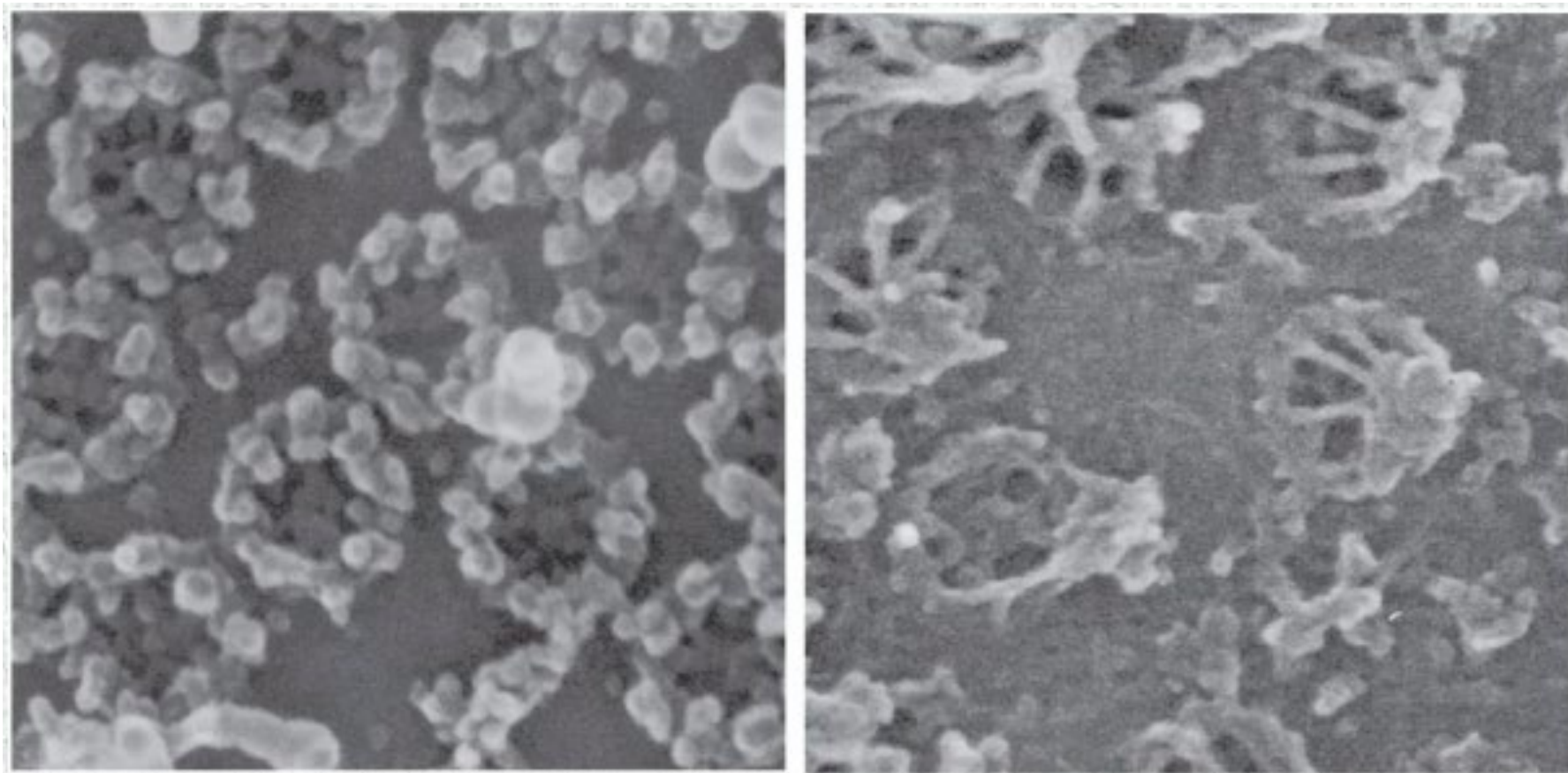
Núcleo celular. Poros nucleares



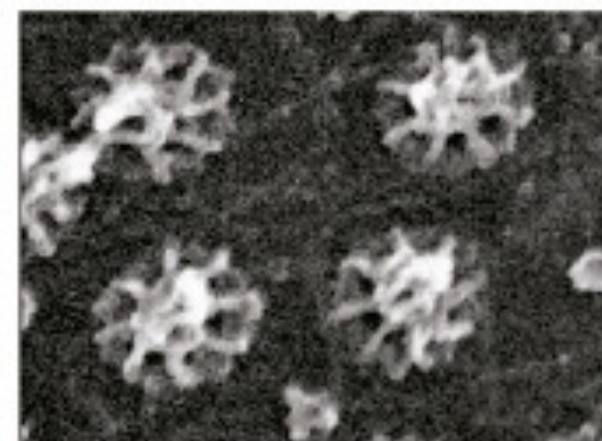
- Ocho columnas proteicas, que forman las paredes laterales del poro
- Un **anillo externo**, formado por ocho unidades proteicas
- Un **anillo interno**, formado por ocho unidades proteicas
- **Proteínas de anclaje** que fijan cada columna al espacio perinuclear
- **Proteínas radiales** que se proyectan desde las columnas hacia la luz del poro, a manera de diafragma. **Crean anillo radial**
- **Proteínas fibrilares** fijas al anillo interno y externo. En la cara nuclear convergen para formar una **canastilla o cesta**. Intervienen en el transporte de sustancias
- Un poro central o abertura

Núcleo celular. Poros nucleares

Cara citoplasmática vs. cara nuclear



exterior

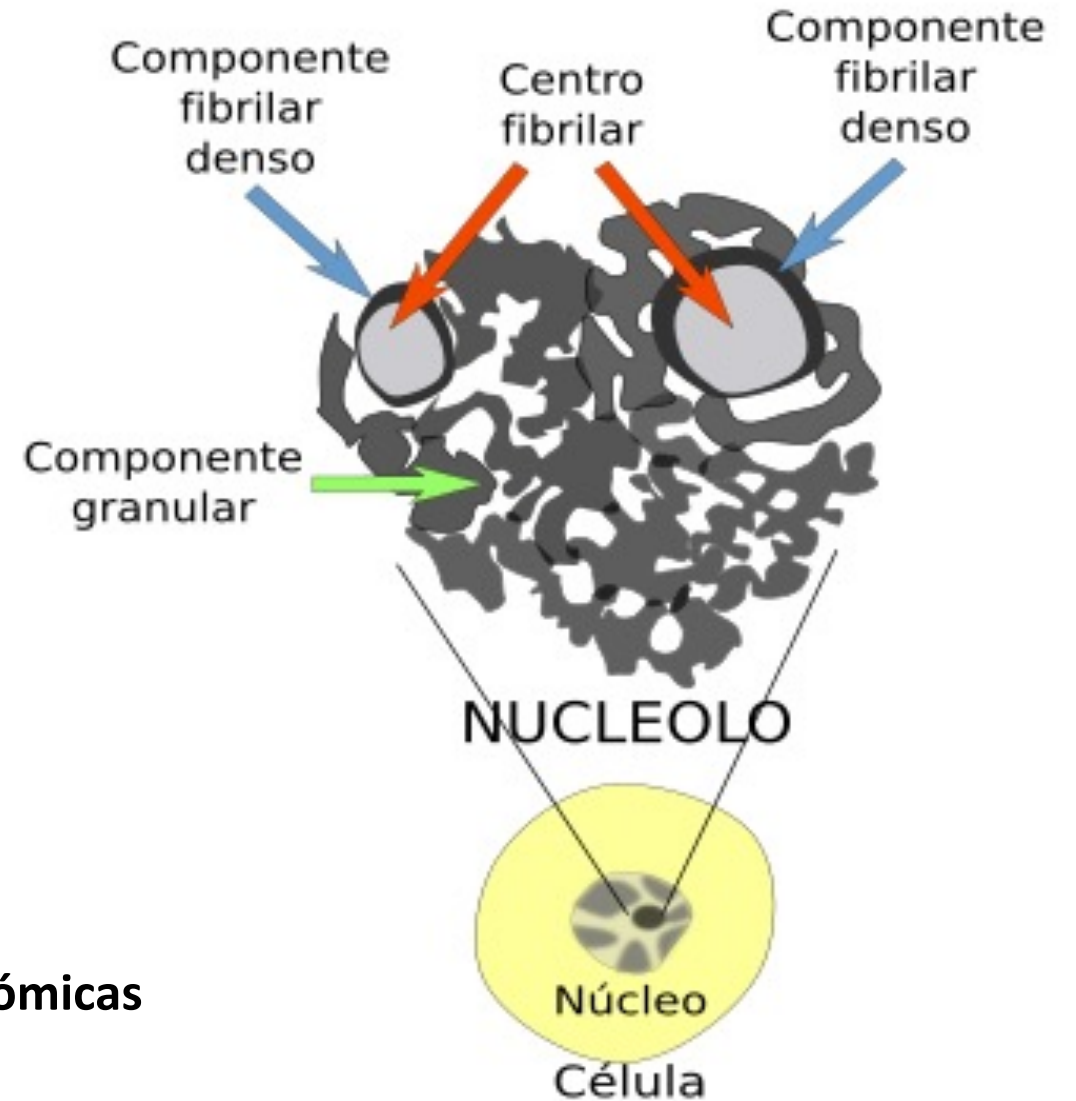
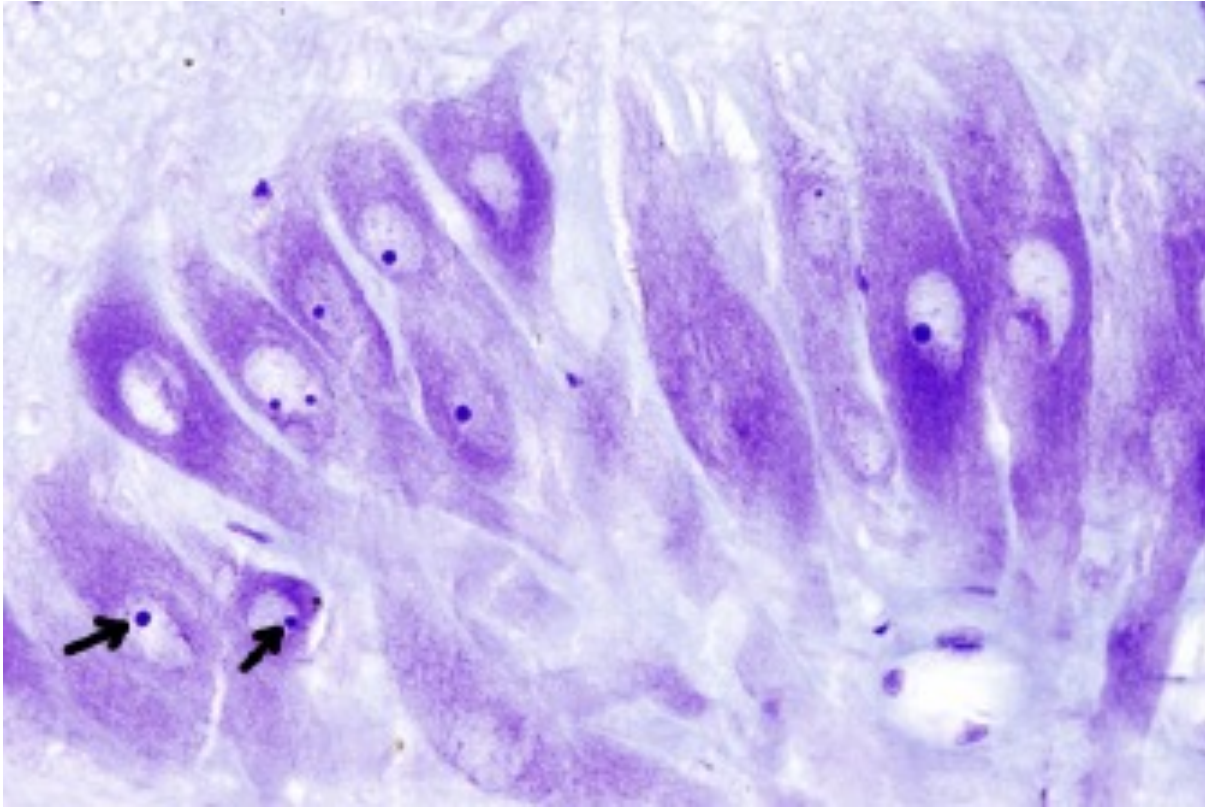


(B)

interior

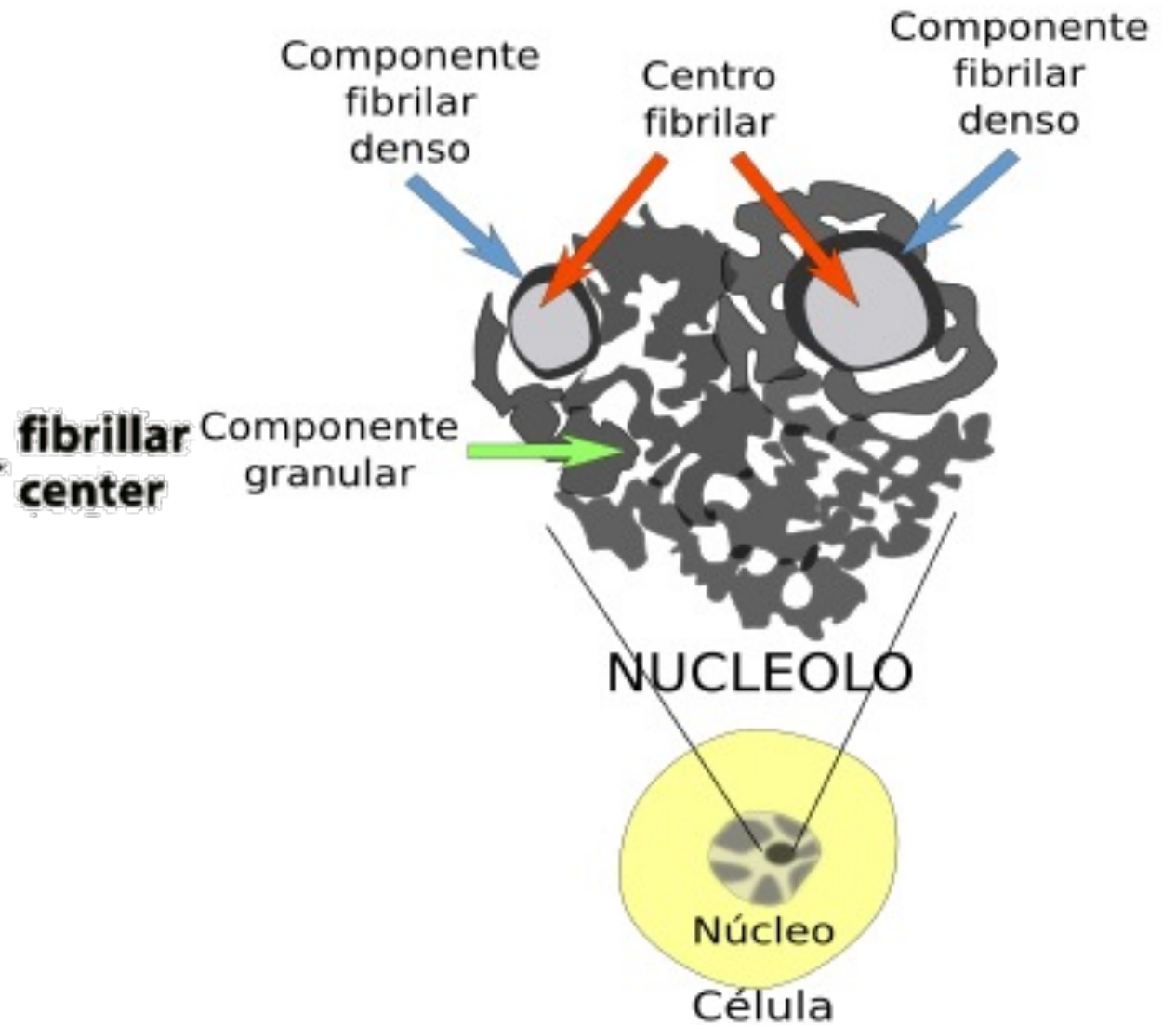
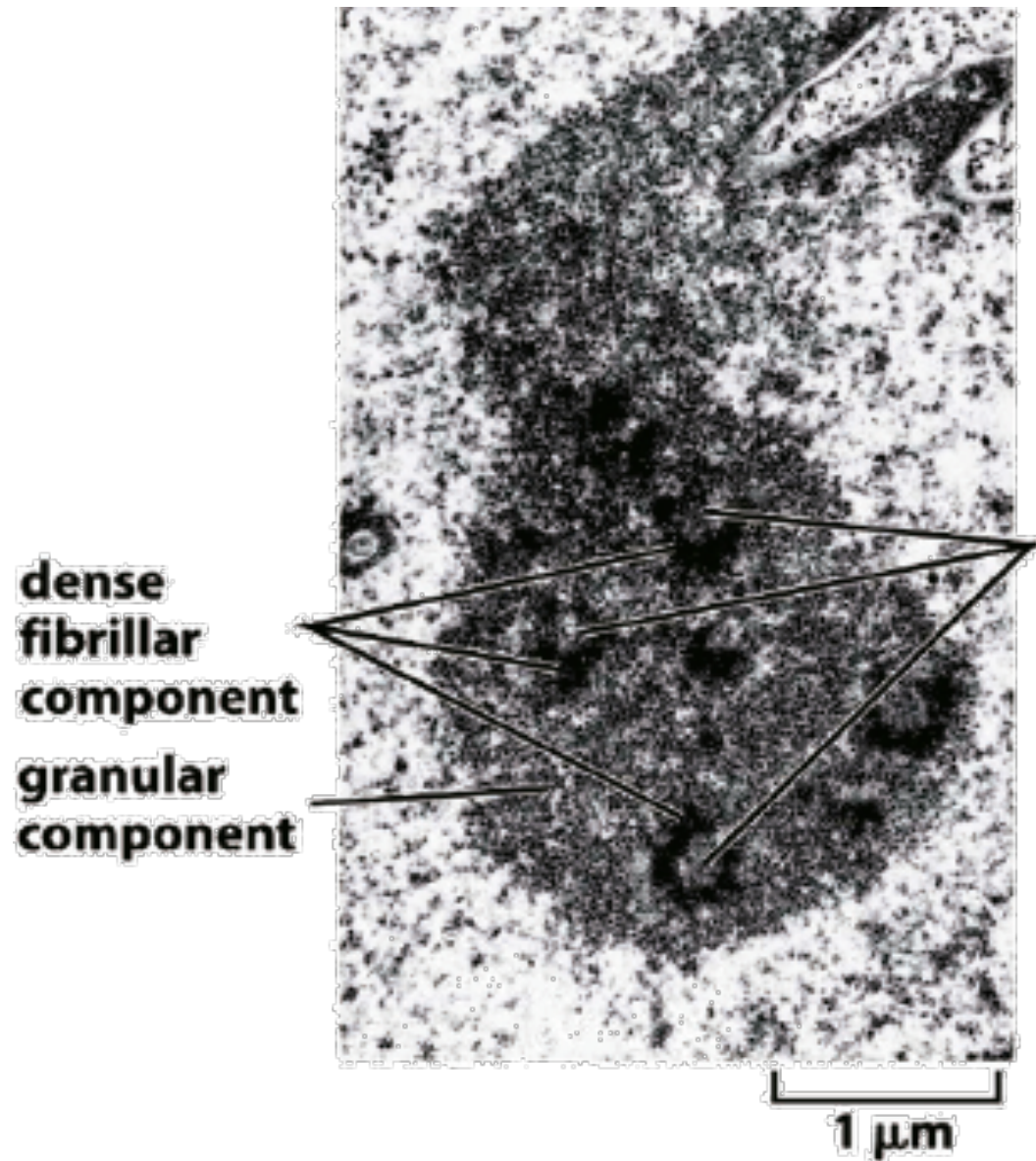
0.1 μm

Núcleo celular. Nucleolo



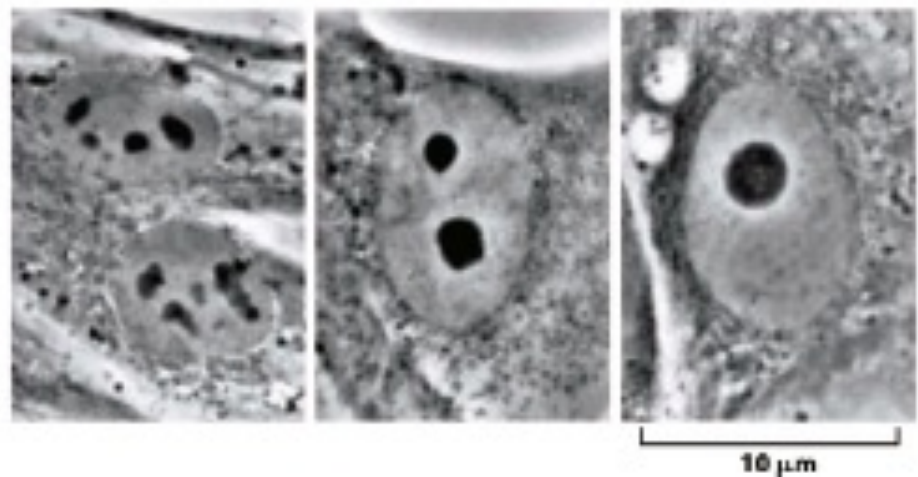
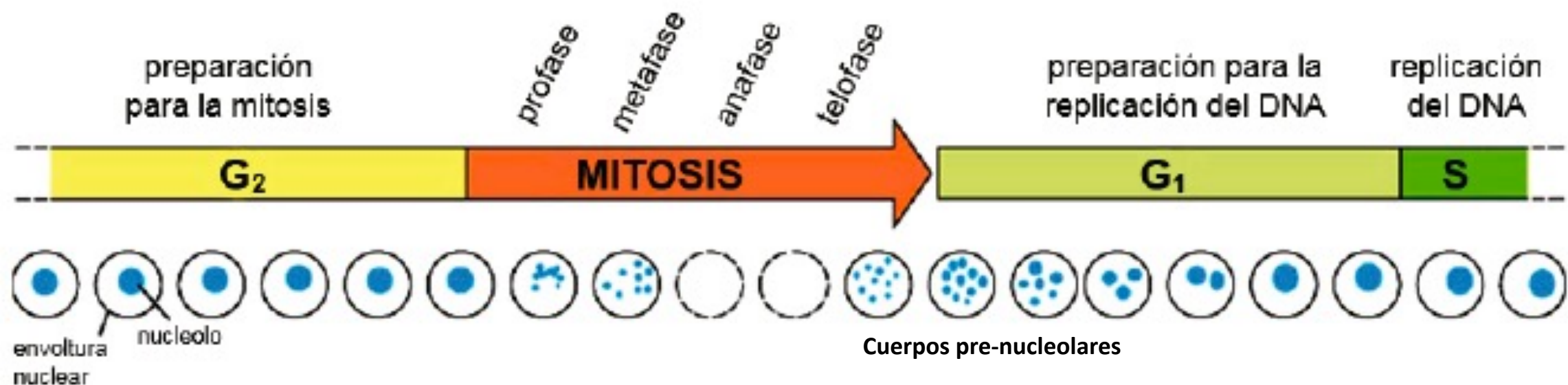
- Concentración de cromatina y proteínas
- Síntesis de rRNA y ensamblaje de subunidades ribosómicas
- No es un elemento constante: aparece y desaparece

Núcleo celular. Nucleolo



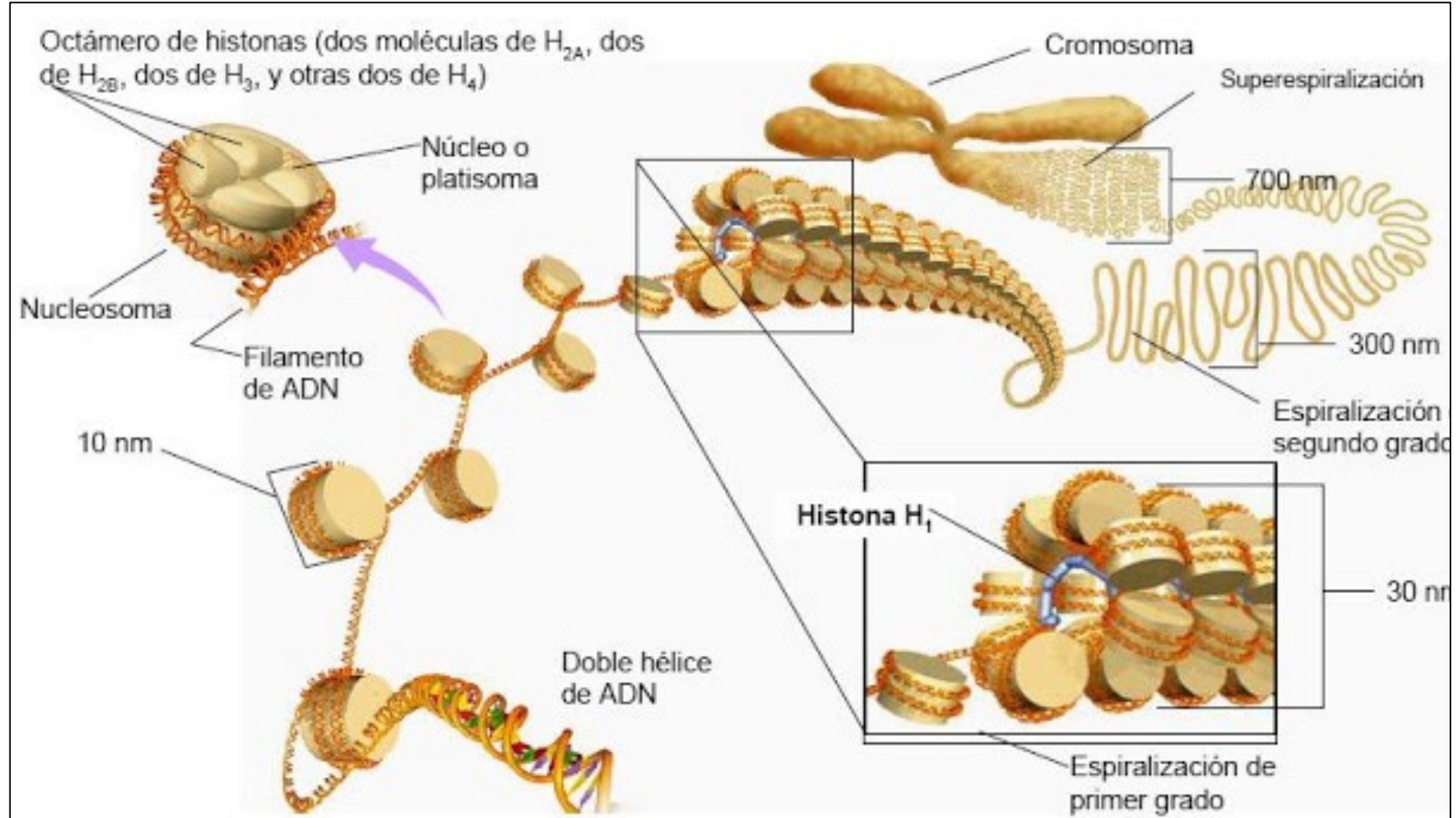
Núcleo celular. Nucleolo

El nucléolo no es un elemento constante



Núcleo celular. Cromatina

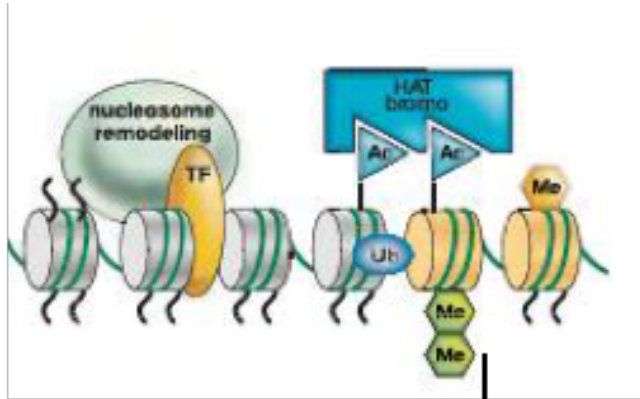
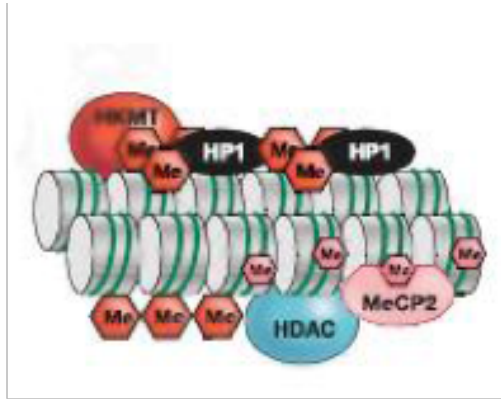
La cromatina es el DNA asociado a proteínas



Núcleo celular. Cromatina

Heterocromatina

Compacta
No accesible
Pocos genes activos
Replicación tardía en fase S



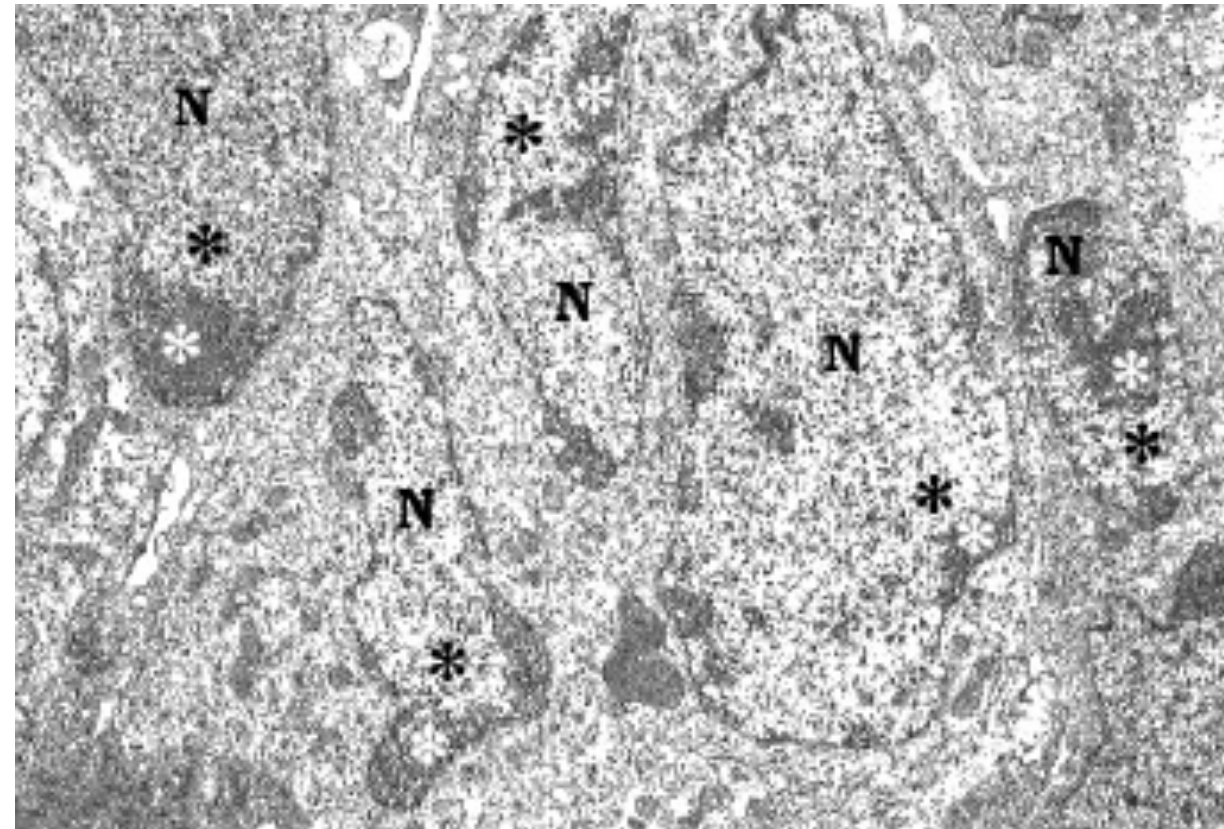
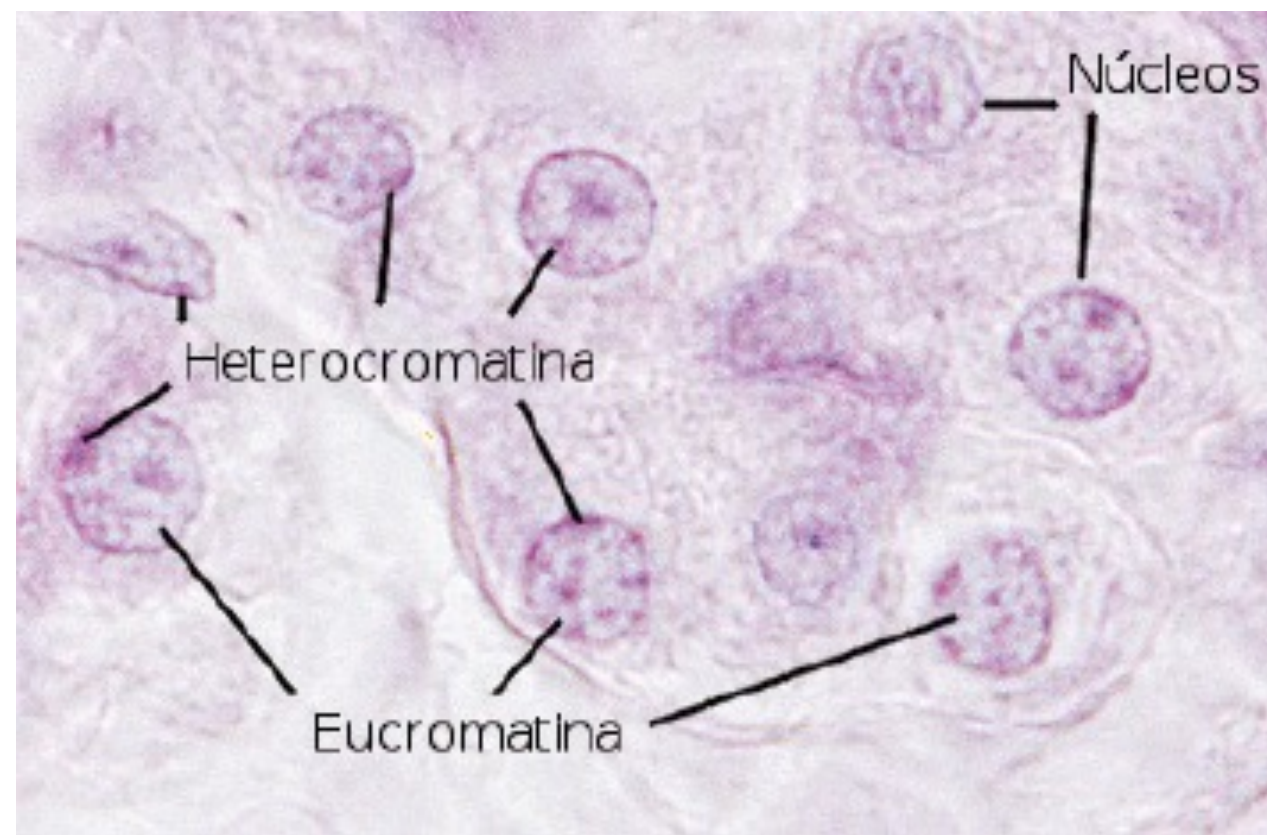
Eucromatina

Abierta
Accesible
Genes activos
Replicación precoz en fase S



Núcleo celular. Cromatina

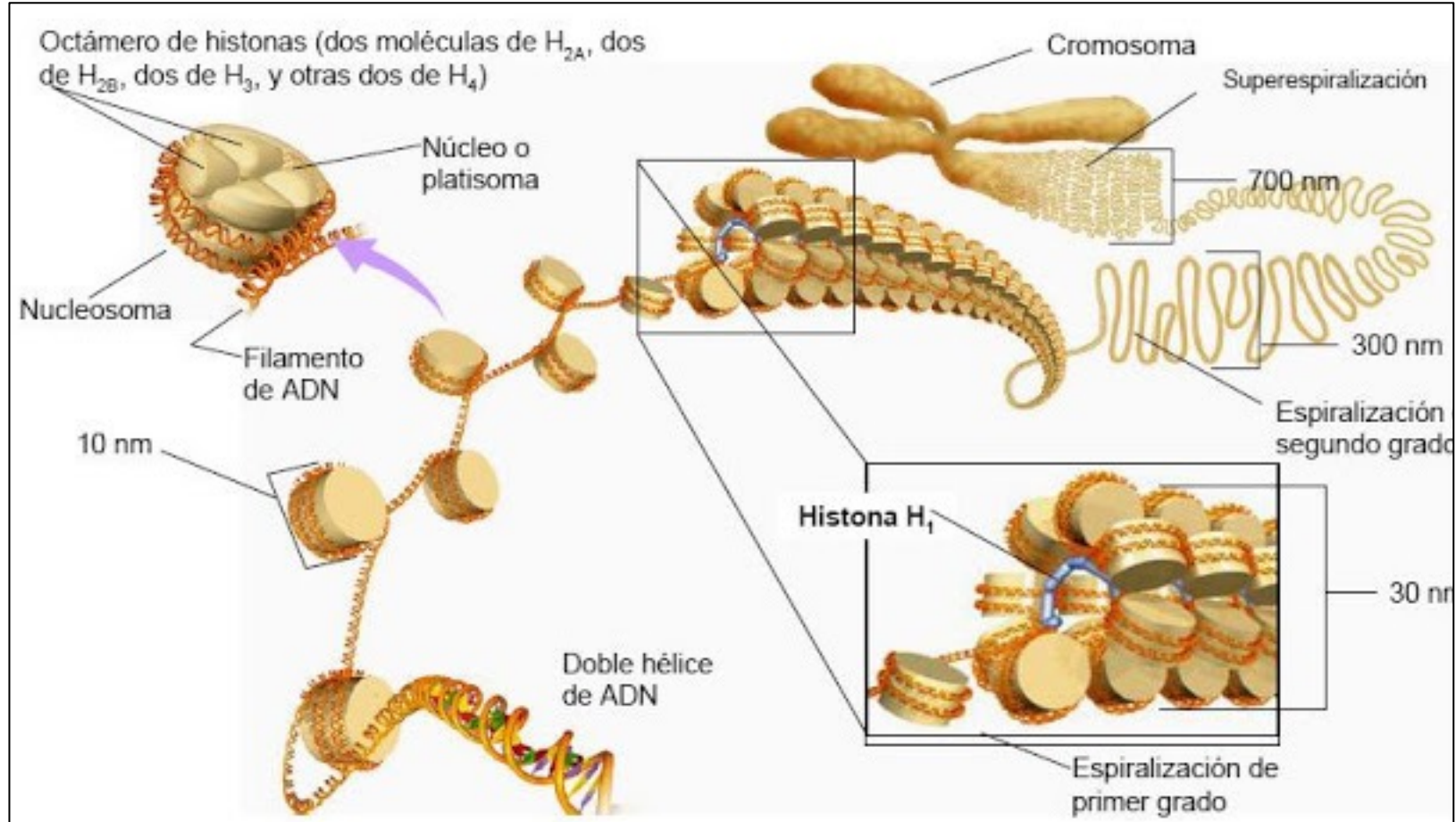
Un núcleo muy heterocromático indica poca actividad transcripcional



Modificaciones post-traduccionales de las histonas: acetilación, metilación, fosforilación y ubiquitinización

Núcleo celular. Cromatina

Modificaciones post-traduccionales de las histonas



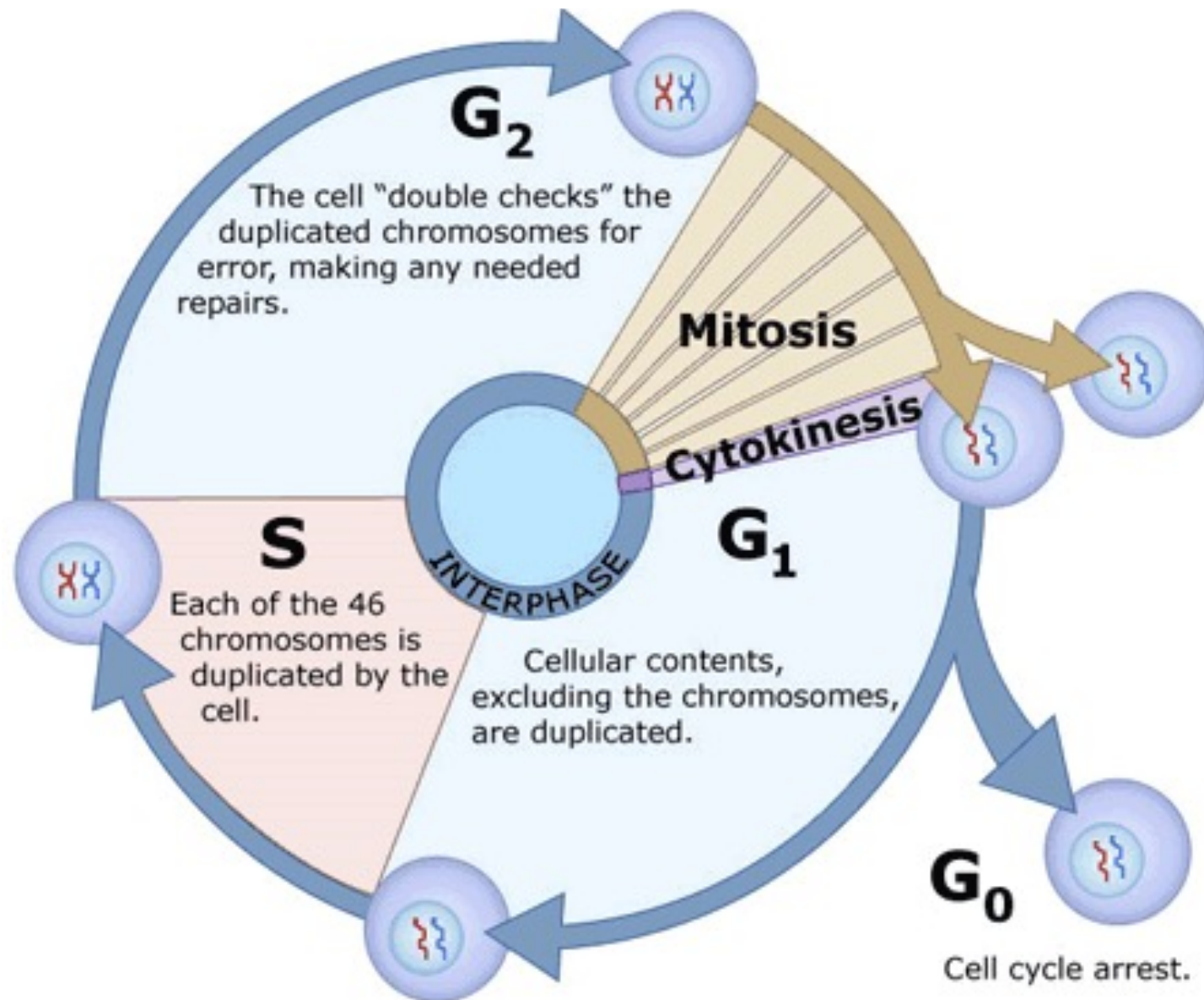
Acetilación, metilación, fosforilación y ubiquitinización

Ciclo celular

“Para que surja una célula, debe haber una preexistente, así como los animales solo pueden nacer de otros animales, y las plantas, de otras plantas”

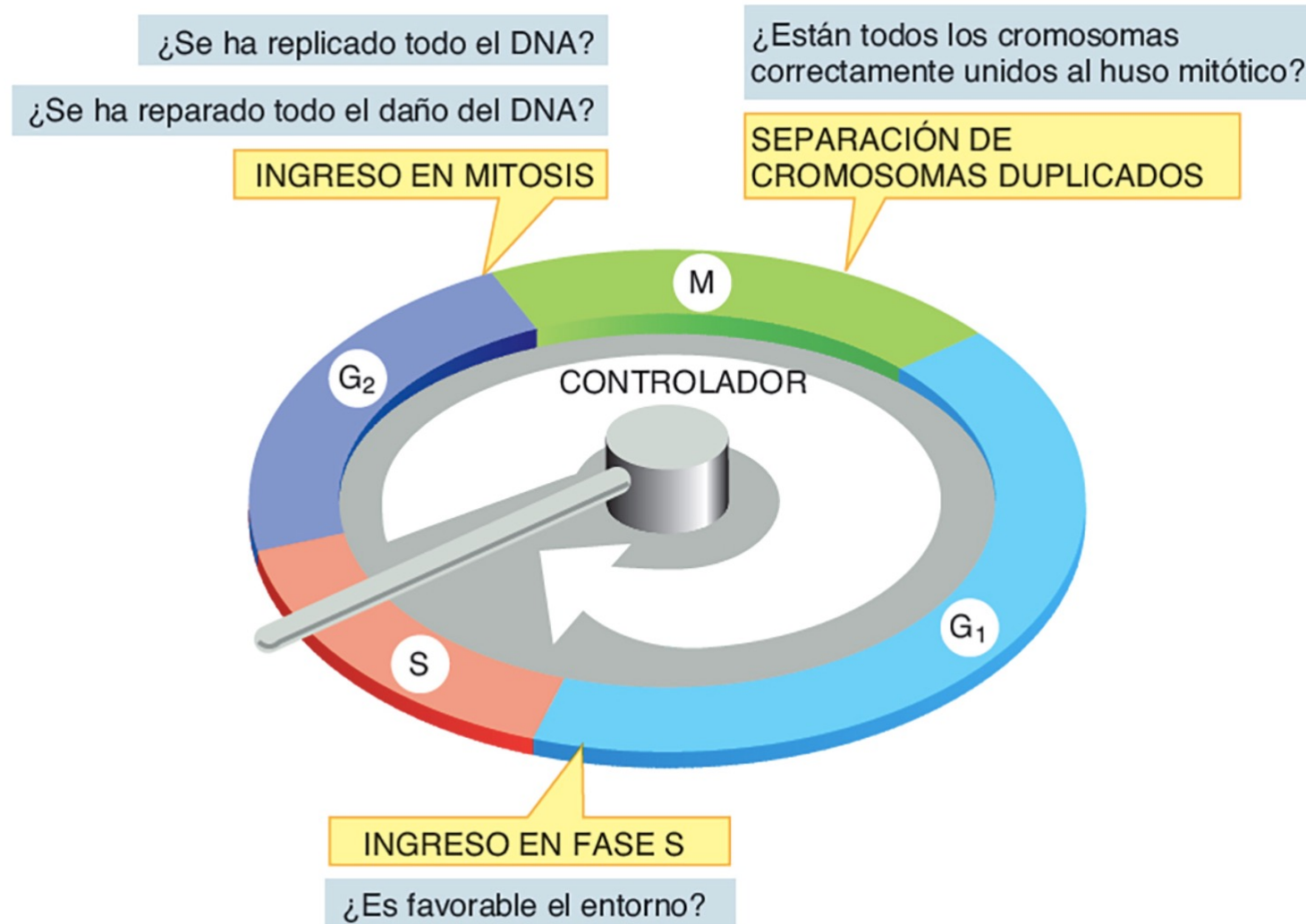
Rudolf Virchow, 1858

Ciclo celular: cuatro fases



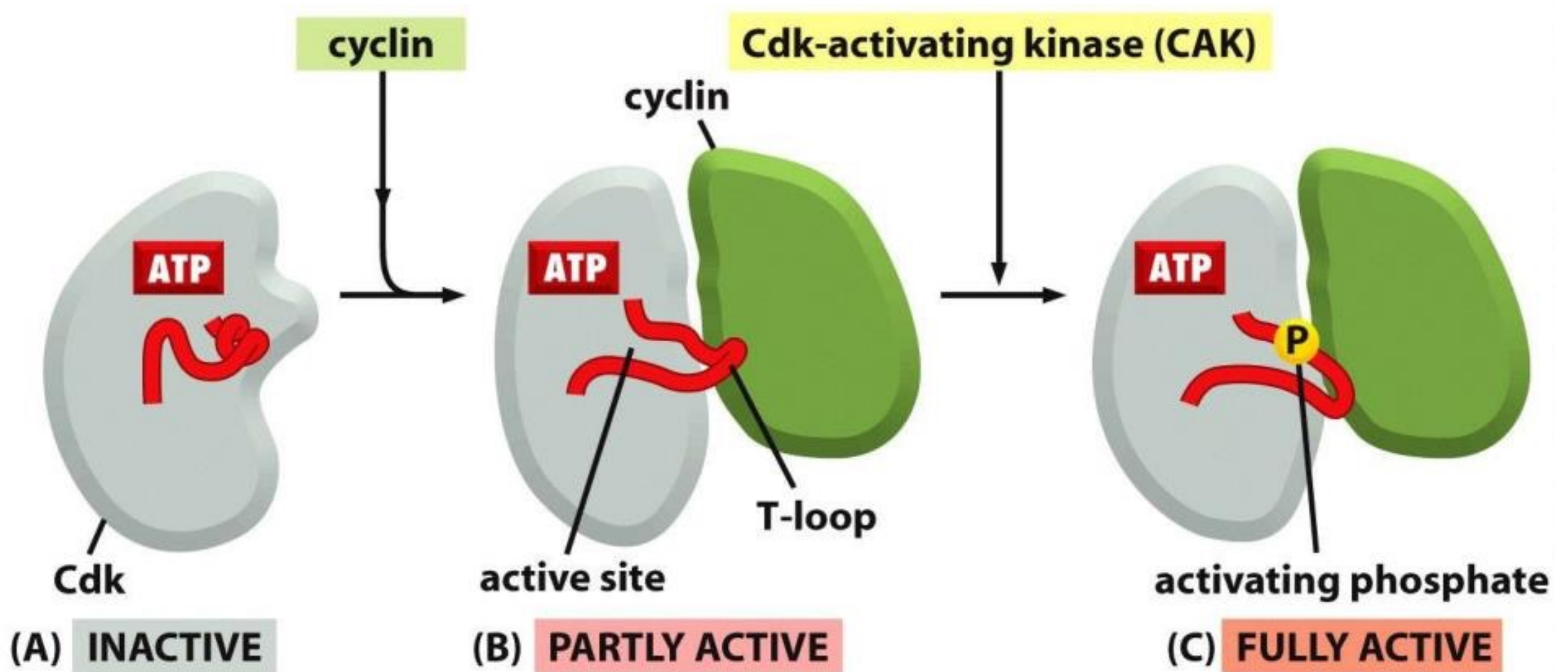
Ciclo celular: cuatro fases

El sistema de control garantiza que los procesos clave del ciclo tengan lugar en la secuencia correcta



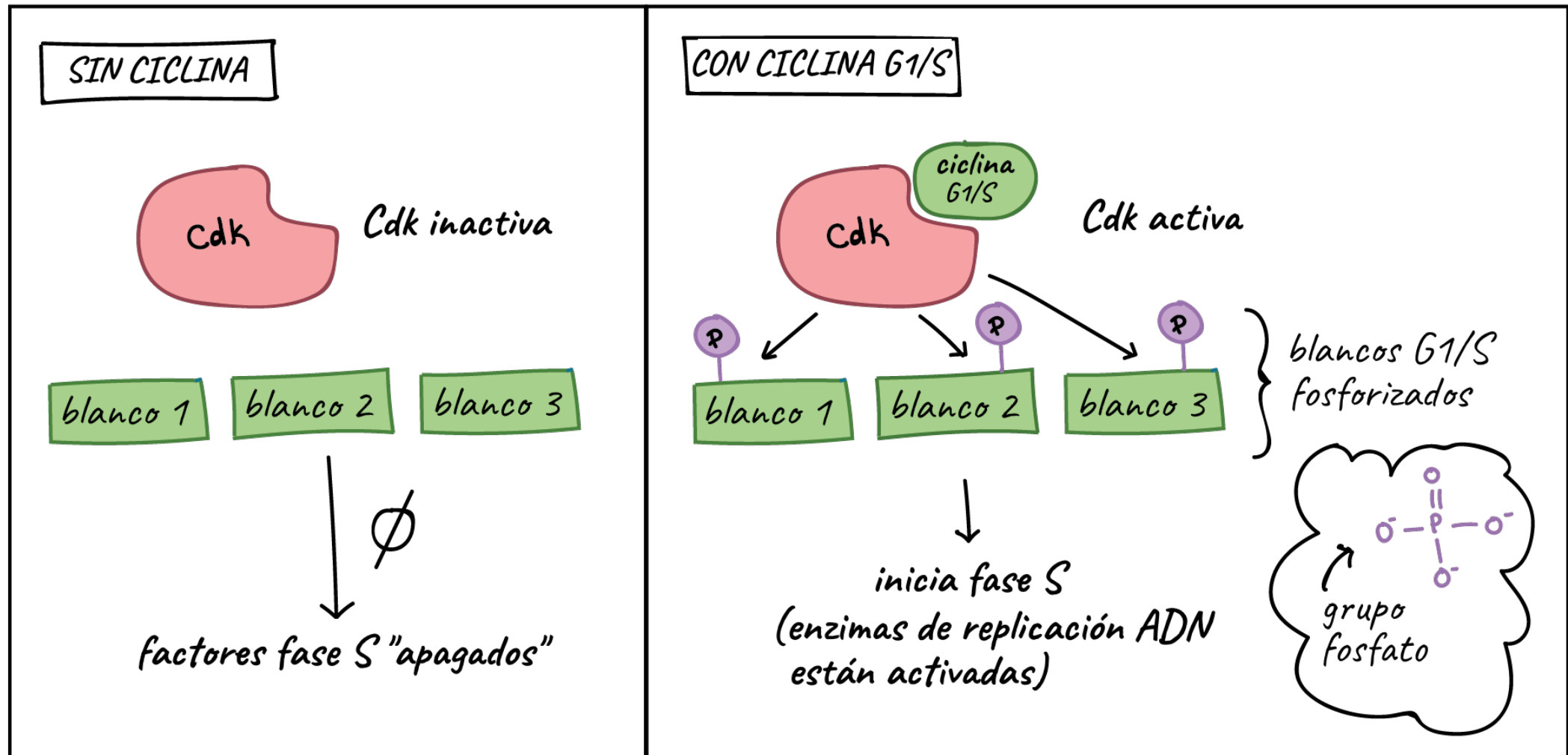
Ciclo celular: sistema de control

El sistema de control depende de la activación cíclica de **proteínas cinasas denominadas Cdk** (cinasas dependientes de ciclinas)

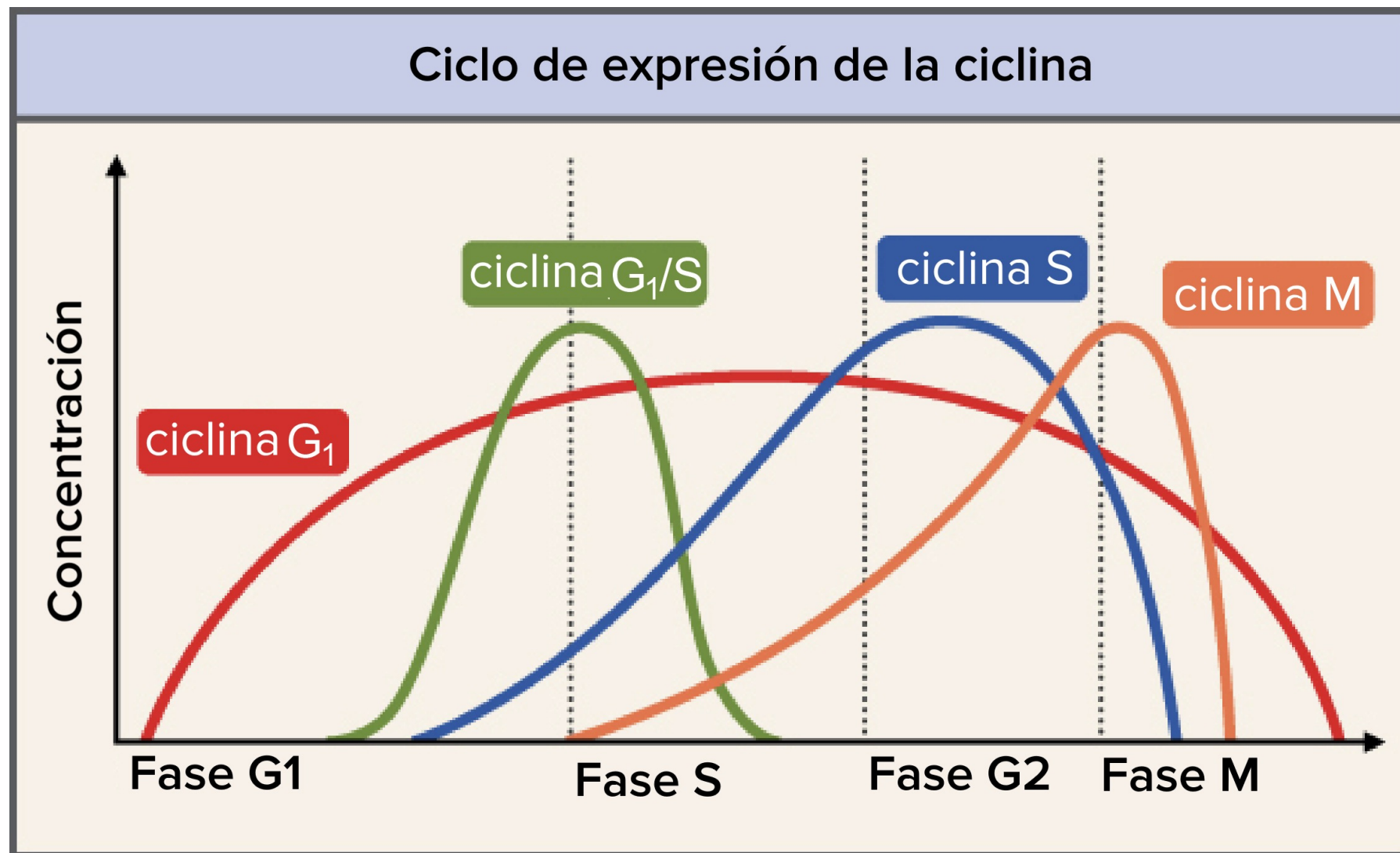


Ciclo celular: sistema de control

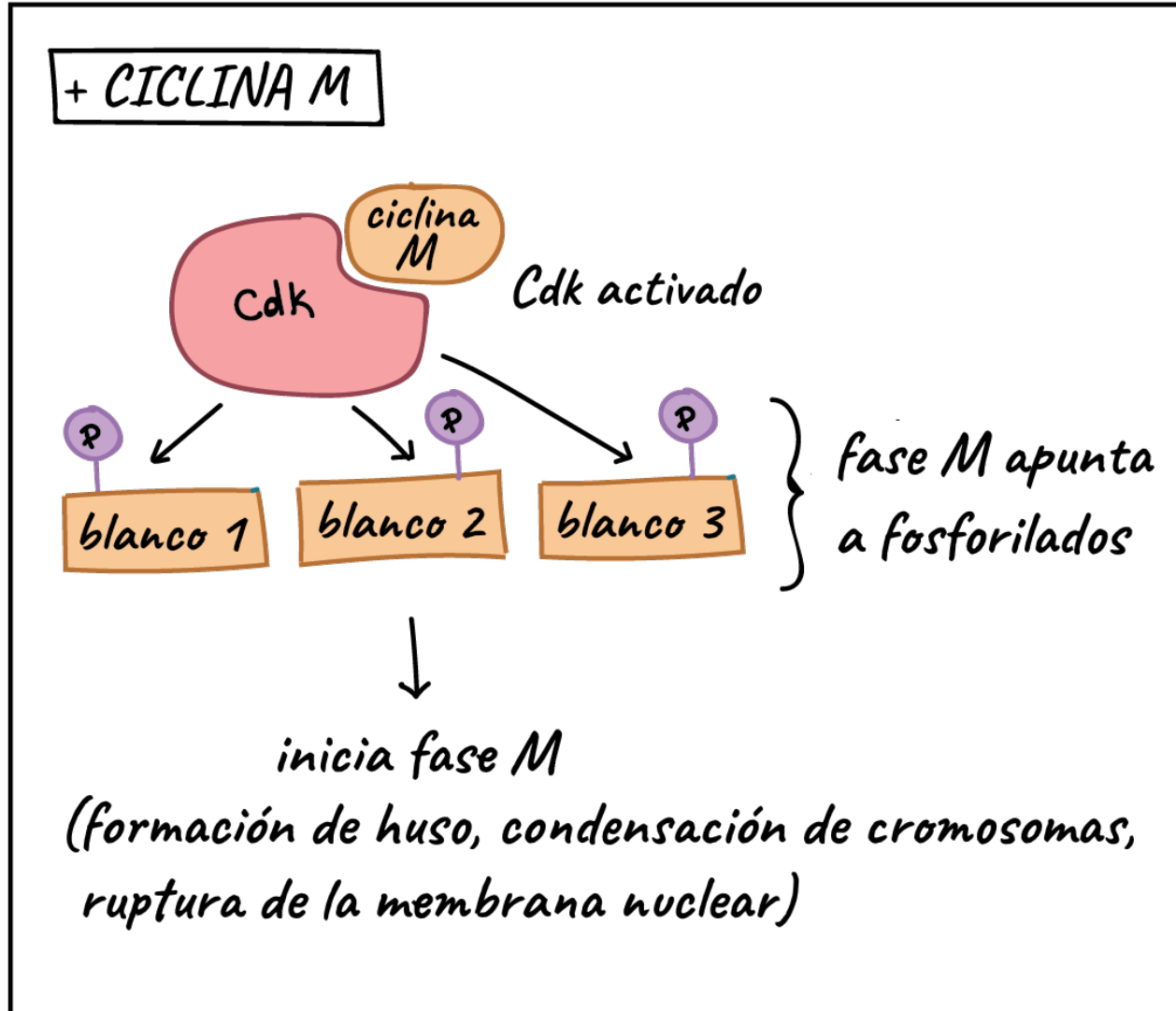
Las Cdk son cinasas, enzimas que fosforilan



Ciclo celular: sistema de control



Ciclo celular: sistema de control

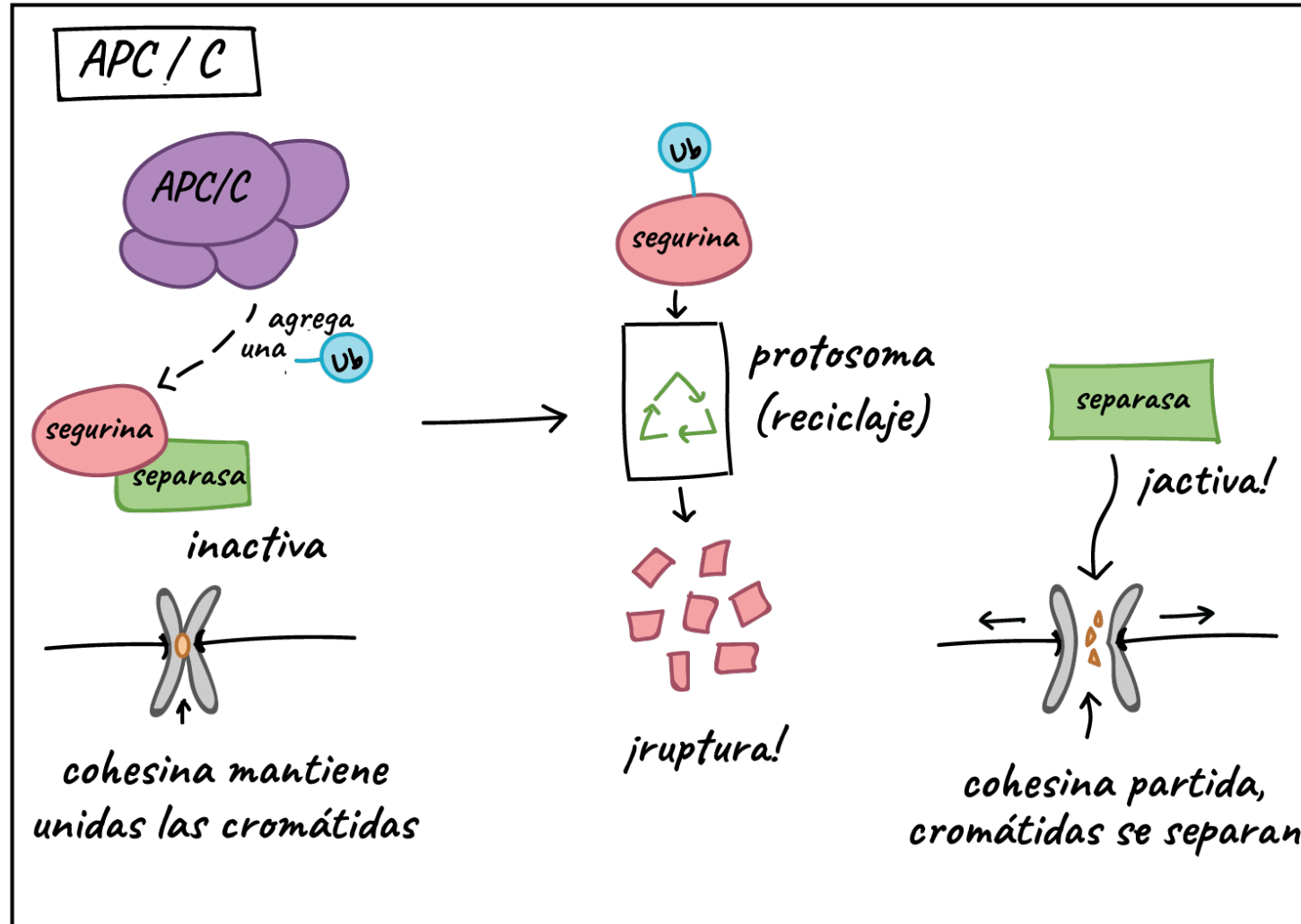


Factor promotor de la maduración (MPF)

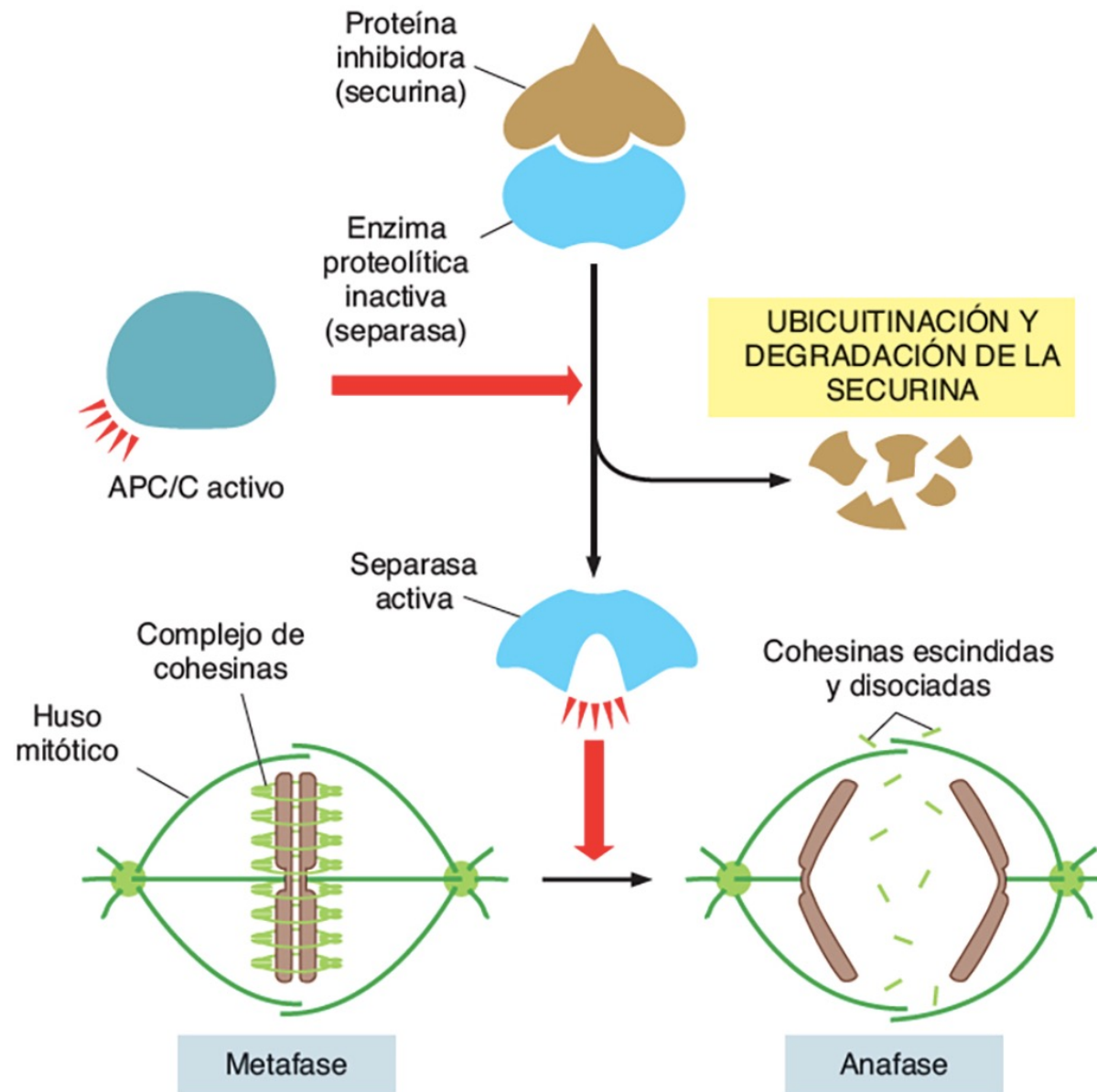
- Rotura de envoltura nuclear
- Activación de APC/C

Ciclo celular: sistema de control

COMPLEJO PROMOTOR ANAFASE/CICLOSOMA: destrucción de ciclina después de anafase y separación de cromátidas

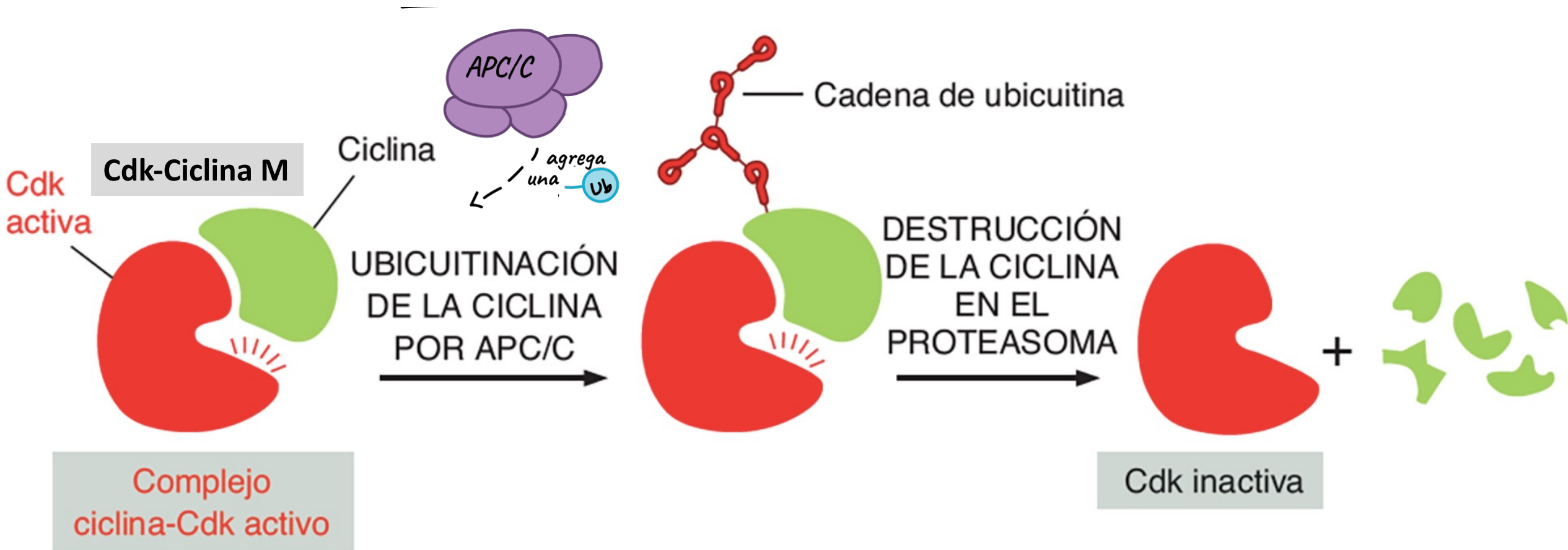


Ciclo celular: sistema de control



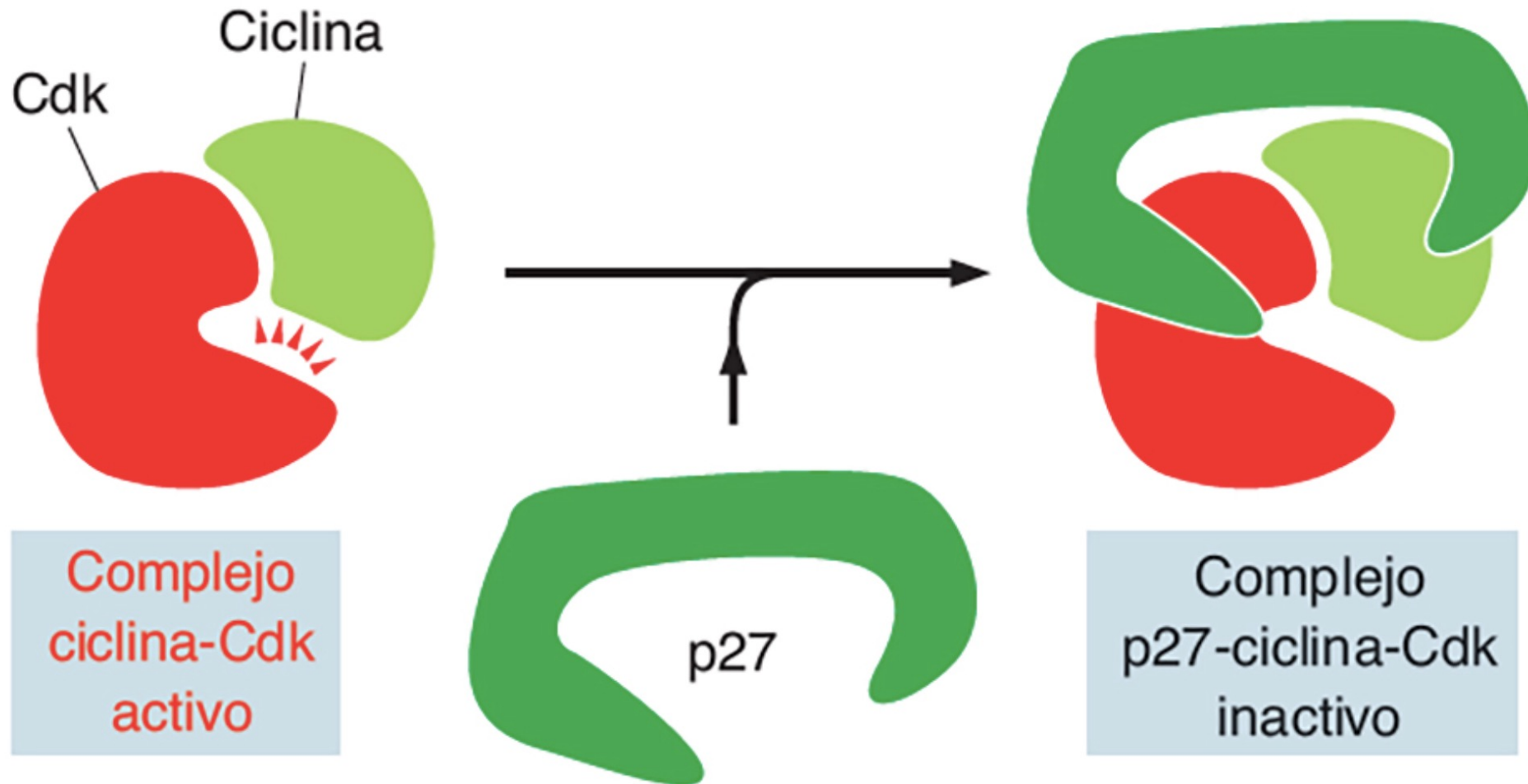
Ciclo celular: sistema de control

La actividad de algunas Cdk está regulada por la degradación de la ciclina



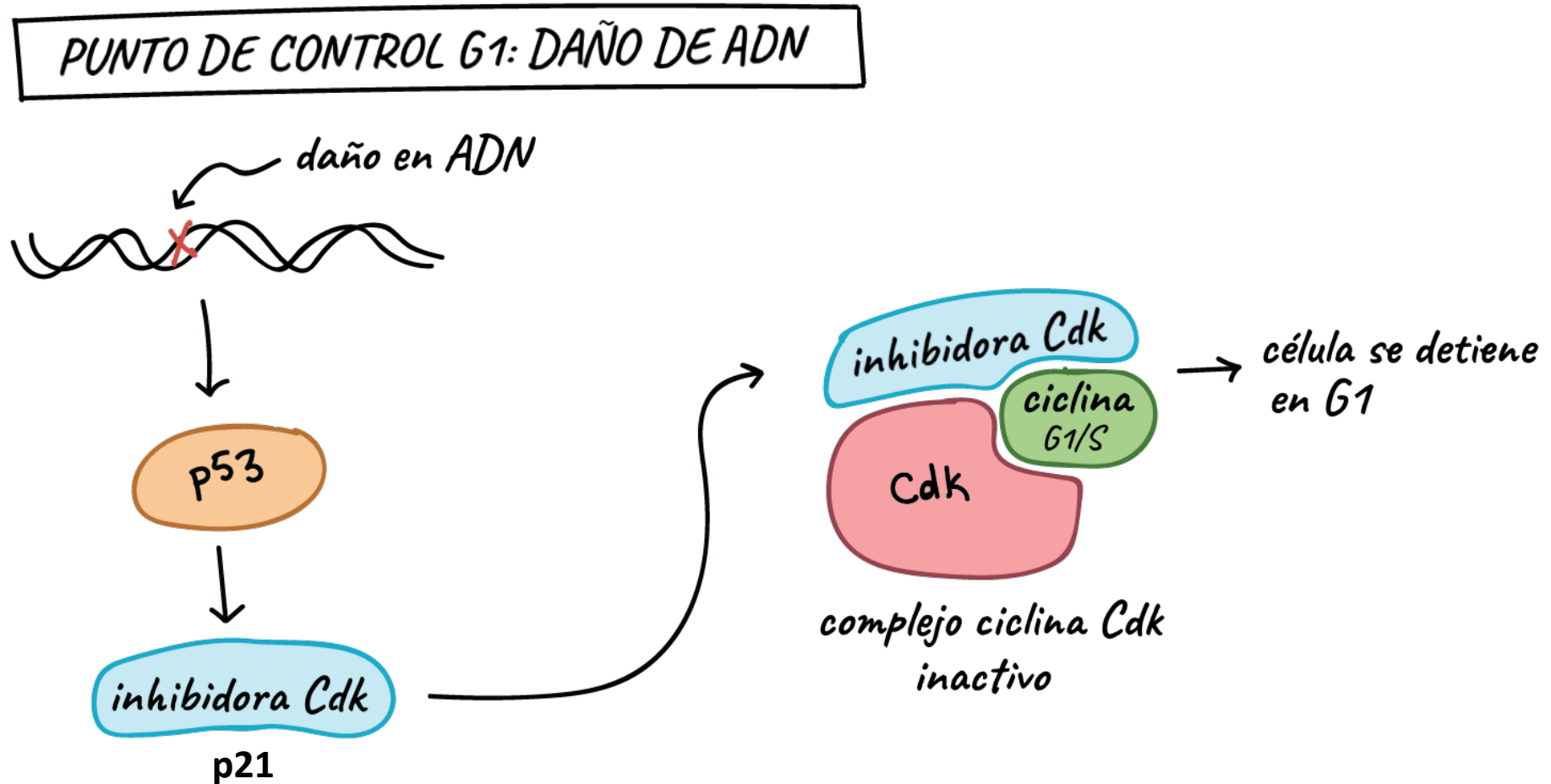
Ciclo celular: sistema de control

La actividad de Cdk puede ser bloqueada por **proteínas inhibidoras de Cdk (CKI)**



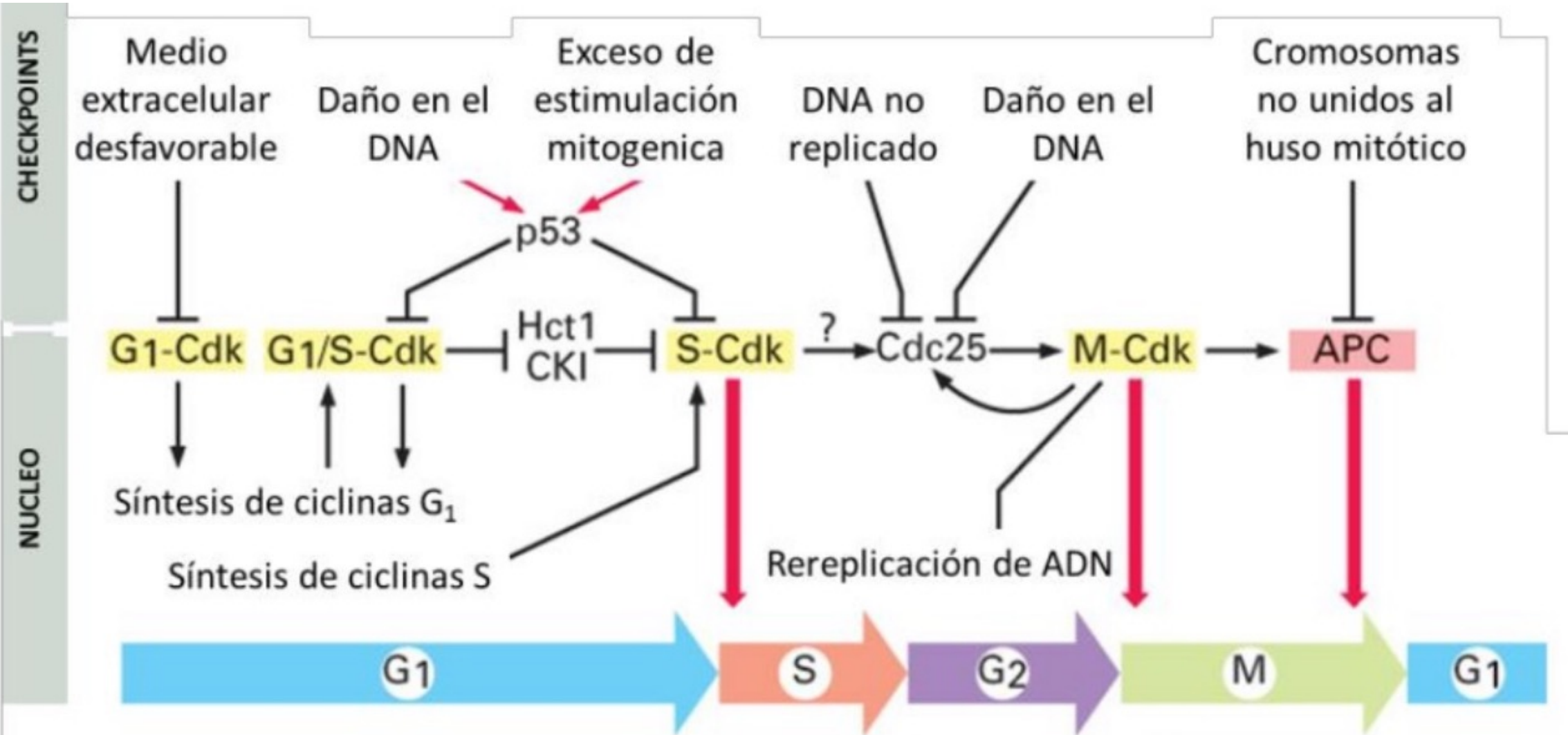
Ciclo celular: sistema de control

La actividad de Cdk puede ser bloqueada por **proteínas inhibidoras de Cdk (CKI)**



Ciclo celular: sistema de control

El sistema de control del ciclo celular puede detener el ciclo de diversas formas





Universidad de Valladolid

Núcleo y ciclo celular

Prof. Ricardo Usategui Martín

Dpto. Biología Celular, Genética, Histología y Farmacología
Facultad de Medicina
Universidad de Valladolid

ricardo.usategui@uva.es