

MATERIA  
Biología Humana

TITULACIÓN  
Grao en Enfermería

unidade  
didáctica  
**2.1**

# Biología celular humana 1

**Ainara Díaz Geda**

Área de Enfermería

Departamento de Psiquiatría, Radioloxía, Saúde Pública,  
Enfermería e Medicina  
Facultade de Enfermería

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA





Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>

© Universidade de Santiago de Compostela, 2023

**Deseño e maquetación**

J. M. Gairí

**Edita**

Edicións USC  
[usc.gal/publicacions](http://usc.gal/publicacions)

DOI

<https://dx.doi.org/10.15304/9788419679390>

**MATERIA: Bioloxía Humana**

**TITULACIÓN: Grao en Enfermaría**

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Bloque II. Bioloxía celular.

### **Bloque I. Bioloxía molecular humana**

Tema 1. Visión xeral das células. Procariotas. Eucariotas

Tema 2. O material hereditario: organización, transmisión e expresión

Tema 3. Xenes e cromosomas

Tema 4. Cambios do material xenético: mutacións xénicas e anomalías cromosómicas

Tema 5. Replicación e reparación do DNA

Tema 6. Síntese e maduración do RNA

Tema 7. Síntese de proteínas. Pregamento. Degradación

Tema 8. Ciclo celular. División celular

Tema 9. Bioloxía humana da reprodución: gametoxénese e fecundación

Tema 10. Bioloxía humana do desenvolvemento: segmentación e embrioxénese

### **Bloque II. Bioloxía celular**

#### **Unidade 1. Núcleo e orgánulos celulares**

Tema 11. Núcleo celular

Tema 12. Retículo endoplásmico

Tema 13. Aparato de Golgi e lisosomas

Tema 14. Peroxisomas e mitocondrias

#### **Unidade 2**

Citoesqueleto

Membrana plasmática e transporte de membrana

Sinalización celular. Receptores

Paredes celulares. Matriz extracelular

Interacción entre as células e a súa contorna

Morte e renovación celular

## ÍNDICE

---

### CONTEXTUALIZACIÓN

Presentación

Xustificación

### COMPETENCIAS E OBXECTIVOS

Competencias

Obxectivos

### CONTIDOS

Núcleo celular

Características do núcleo celular

Compoñentes do núcleo celular

Complexo poro nuclear

Bibliografía

Retículo endoplásmico ou endoplasmático

Que percorrido teñen as substancias dentro e fóra das nosas células?

Que diferenza estes tipos de transporte celular?

Cal será o seu destino?

Como se pode trasladar unha proteína entón ao interior do RE?

Bibliografía

Aparato de Golgi e lisosomas

Bibliografía

Peroxisomas e mitocondrias

Cadea de transporte electrónico e fosforilación oxidativa

Bibliografía

### ACTIVIDADES

Actividade interactiva 1. Análise de mostras biolóxicas

Actividade interactiva 2. Grupo sanguíneo

### PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

### AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA

## CONTEXTUALIZACIÓN

---

### Presentación

Esta unidade didáctica enmárcase dentro da materia Biología Humana (4,5 ECTS), que se imparte no primeiro semestre do primeiro curso do grao en Enfermería da Universidade de Santiago de Compostela, no campus de Santiago de Compostela. A materia está dividida en dous bloques temáticos: biología molecular e biología celular. Esta unidade impártese durante o segundo bloque temático desta materia. A unidade, como parte dunha materia de formación básica e de primeiro curso, está dirixida ao estudiantado que inicia a súa formación universitaria no eido da saúde. As persoas que cursan estes estudos adoitan presentar un coñecemento básico axeitado sobre os contidos que se desenvolven nesta materia, xa que recollen o testemuño dos desenvolvidos durante o bacharelato. Mais, dado que non todo o estudiantado accede á formación do grao en Enfermería desde o bacharelato, senón que poden acceder por outras vías como a Formación Profesional ou o acceso a maiores de 25 anos na universidade, esta materia permite revisar e afondar en conceptos esenciais para a formación enfermeira e procura que a totalidade do estudiantado adquira un nivel de coñecementos axeitado sobre ela. O desenvolvemento deste contido permite tamén acrecentar as súas capacidades analíticas e de razoamento crítico.

A unidade didáctica organízase en 4 temas, que se traballan en 6 horas de aulas expositivas presenciais e 4 h de aulas interactivas.

### Xustificación

Esta unidade didáctica busca dotar as futuras enfermeiras de coñecementos sobre o funcionamento básico da célula. As enfermeiras precisan comprender a composición das células para poder razoar os procesos de funcionamento fisiolóxico e as situacións patolóxicas ás que se enfrontarán no futuro. É importante que coñezamos polo miúdo a célula como elemento que nos conforma, que nos constitúe.

Segundo a Lei 2/1974, de 13 de febreiro de colexios profesionais e os Estatutos da Organización Colexial de Enfermería do Estado español, a enfermaría precisa de profesionais que «adquirisen os coñecementos e aptitudes suficientes arredor do ser humano, dos seus órganos, das súas funcións bio-psicosociais en estado de benestar e de enfermidade», e as «intervencións de enfermaría deben de estar baseadas en principios científicos, humanísticos e éticos». Tendo en conta que a biología celular e molecular está na base do funcionamento de todos os seres vivos, queda xustificada a necesidade desta formación no marco do grao en Enfermería.

## COMPETENCIAS E OBXECTIVOS

---

### Competencias

Nesta unidade didáctica trabállanse as seguintes competencias:

- CX1- Ser quen, no eido da enfermaría, de prestar unha atención sanitaria técnica e profesional axeitada ás necesidades de saúde das persoas que atenden, de acordo co estado de desenvolvemento dos coñecementos científicos de cada momento e cos niveis de calidade e seguridade que se establecen nas normas legais e deontolóxicas aplicábeis.
- CX6- Basear as intervencións da enfermaría na evidencia científica e nos medios dispoñíbeis.
- CX7- Comprender sen prexuízos ás persoas, considerando os seus aspectos físicos, psicolóxicos e sociais, como individuos autónomos e independentes, asegurando o respecto ás súas opinións, crenzas e valores, garantindo o dereito á intimidade, a través da confidencialidade e o segredo profesional.
- CX9- Fomentar estilos de vida saudábeis, o autocoidado, apoiando o mantemento de condutas preventivas e terapéuticas.
- CB1- Que o estudiantado amose posuír e comprender coñecementos nunha área de estudo que parte da base da educación secundaria xeral, e que se adoita atopar a un nivel que, aínda que se apoia en libros de texto avanzados, inclúe tamén algúns aspectos que implican coñecementos procedentes da vangarda do seu campo de estudo.
- CB2- Que o estudiantado saiba aplicar os seus coñecementos ao seu traballo ou vocación dunha forma profesional e posúan as competencias que adoitan demostrarse por medio da elaboración e defensa de argumentos e a resolución de problemas dentro da súa área de estudo.
- CB3- Que o estudiantado teña a capacidade de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro da súa área de estudo) para emitir xuízos que inclúan unha reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica ou ética.
- CB5- Que o estudiantado poida transmitir información, ideas, problemas e solucións a un público tanto especializado como non especializado.
- CG6- Basear as intervencións da enfermaría na evidencia científica e nos medios dispoñíbeis.
- CT1- Capacidade de aplicar os coñecementos á práctica.
- CT2- Capacidade para o traballo en equipo.
- CT3- Motivación.
- CT5- Capacidade para a resolución de problemas.
- CT7- Capacidade de análise e síntese.
- CT11- Habilidades interpersoais.
- CT12- Planificación e xestión do tempo.
- CT13- Habilidade para traballaren de maneira autónoma.
- CT14- Habilidades de xestión da información (habildade para buscar e analizar información proveniente de diversas fontes).

- CT16- Habilidades de investigación.
- CT17- Habilidades básicas de manexo de computadores.
- CE1- Coñeceren e identificaren a estrutura e función do corpo humano. Comprenderen as bases moleculares e fisiolóxicas das células e os tecidos.

### Obxectivos

Os obxectivos xerais da materia son coñecer e identificar a estrutura do corpo humano e comprender as bases moleculares e fisiolóxicas de células e tecidos. Outros obxectivos máis específicos veñen determinados polas competencias a desenvolver, e detállanse a continuación. (Indícase entre parénteses aquelas competencias que se traballan).

- Posuír e comprender os coñecementos de bioloxía básica e ser capaces de desenvolver habilidades de aprendizaxe e investigación de xeito autónomo (CB1, CB5, CT3, CT13, CT16, CE1).
- Ter capacidade de interpretar información sobre a bioloxía, aplicala para a resolución de problemas e casos clínicos, de xeito individual ou en grupos (CB1, CB3, CG6, CT1, CT2, CT5, CT7, CT11, CT13).
- Formular, argumentar e expoñer ideas oralmente así como elaborar documentos escritos sobre enfermidades xenéticas, adaptarse a uns prazos e normas, colaborar con outras persoas, empregando unha terminoloxía técnica axeitada (CB2, CB4, CT2, CT12, CT14, CT16, CT17, CE1).
- Relacionar os contidos da materia coa súa aplicación no desenvolvemento embrionario (CB1, CT1, CE1).
- Participar activamente nas clases teóricas e prácticas, mostrar unha actitude positiva cos seus compañeiros, os docentes e os materiais e medios dispoñíbeis. (CT3, CG23).

## CONTIDOS

---

### Núcleo celular

#### *Características do núcleo celular*

O núcleo é o orgánulo de maior tamaño das células eucariotas. Xeralmente é esférico e adoita localizarse na parte central da célula. Porén, a súa forma poderá variar segundo a célula que observemos. Deste xeito, pode ter forma de fuso nas células musculares ou nos fibroblastos, pode ser bilobulado nos eosinófilos ou multilobulado en células como os neutrófilos. Tamén en canto ao número de núcleos que atopamos nas nosas células poden existir diferenzas: podemos atopar células uni ou binucleadas coma os hepatocitos, ou sen núcleo coma os eritrocitos.

Poderíamos dicir que o núcleo contén o «manual de instrucións das nosas células»: o material xenético. Outra parte deste material atopámolo nas mitocondrias. Ademais garda no seu interior as enzimas e proteínas encargadas de desenvolver

os procesos de replicación e transcrición deste ADN. Ese material xenético é común en todas as células dun organismo, que se diferenciarán e desenvolverán funcións distintas dependendo de como utilicen esta información.

### Compoñentes do núcleo celular

Nucleoplasma	Medio líquido onde se disolven os solutos do núcleo
Matriz	Rede fibrilar que contén proteínas
Envoltura nuclear	Membrana interna, externa e espazo perinuclear
Cromatina	Formada por ADN e proteínas asociadas
Nucléolo	Onde se sintetizan ARNribosómicos e se forman as subunidades ribosomais

O **nucleoplasma** constitúe o medio interno do núcleo. Trátase dunha fase acuosa que contén: ATP, NAD, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg...

A **matriz nuclear**, pola súa banda, serve como sustentación ou esqueleto nuclear. Contén proteínas que se unen entre si e a secuencias de ADN (rexións de unión á matriz ou MAR).

A **envoltura nuclear** representa un elemento fundamental na estrutura do núcleo, xa que lle imprime as súas características funcionais ao actuar como unha barreira entre núcleo e citoplasma. Separa o contido do núcleo do citoplasma e proporciónalle unha «armazón» estrutural. A envoltura do núcleo non é completamente impermeábel dado que permite o paso dalgúns compoñentes de maneira selectiva.

Esta envoltura está constituída por unha dobre membrana (membrana interna e membrana externa) que se fusiona nalgúns lugares para fomar poros de comunicación, entre o citoplasma e o núcleo celular, recubertos de complexos proteicos. Estes poros permiten o intercambio controlado de moléculas (como certas proteínas e ARN), fundamental para manter a composición interna nuclear e a regulación da expresión do material xenético.

A respecto da estrutura desta envoltura, cabe mencionar que a *membrana interna* conta con maior número de proteínas que se unen á **lámina nuclear** conformando puntos de ancoraxe para a heterocromatina. Pola súa banda, a *membrana externa* continúaase canda á do retículo endoplásmico, motivo polo que pode ter ribosomas. Así, o *espazo perinuclear* vaise continuar co lumen do retículo endoplásmico. Subxacente á membrana nuclear interna atópase a *lámina nuclear*, unha rede fibrosa que dá soporte estrutural ao núcleo. Entre as súas funcións atopamos a de reconstruír a membrana nuclear despois da división celular e formar poros oclusivos coincidentes cos da membrana externa do núcleo. As fibras que a conforman dan



sostén á envoltura nuclear, permiten a ancoraxe de proteínas á envoltura nuclear e a da cromatina á envoltura nuclear interna. Durante a profase e a metafase, a envoltura nuclear desmóntase para que sexa posíbel o reparto do material xenético entre células fillas. Na telofase (fin da mitose) volve ensamblarse arredor dos grupos de cromosomas.

### **Complexo poro nuclear (nuclear pore complex)**

Este complexo é unha estrutura responsable do paso selectivo de proteínas e ARN entre núcleo e citoplasma. Son as únicas canles de paso entre núcleo e citoplasma. Conformado por distintos aneis (citoplasmático, radial, nuclear) con proteínas que axudan a estruturar o propio complexo e ao paso das moléculas a través del e pola cisterna perinuclear que cambiará de forma perante o paso das moléculas. Estas canles, cuxo rol é chave para a fisioloxía da célula eucariota, están formadas por nucleoporinas.

As moléculas de ARN que se sintetizaron no núcleo deben exportarse ao citoplasma e as proteínas necesarias para as funcións celulares deben introducirse no núcleo, desde os lugares de síntese no citoplasma. Diversas proteínas que se forman no citoplasma, como as láminas nucleares ou as histonas, deben ser transportadas ao núcleo. Do mesmo xeito, ARN e as subunidades ribosómicas deben ser dirixidos ao citoplasma para a tradución. Este proceso require enerxía e desenvólvese a través do complexo do poro nuclear.

Para que se poida producir o paso destas moléculas, principalmente atopamos 2 procesos:

- **Difusión pasiva** en ambas as direccións (paso de moléculas pequenas).
- **Transporte selectivo** maioría de proteínas e ARN. Recoñecidas por sinais específicos que dirixen o transporte en ambas as direccións.

As proteínas que se translocan en dirección ao núcleo posúen a **NLS** (*nuclear localization sequence*), unha secuencia de localización nuclear. Estas deben unirse no citoplasma a unhas proteínas transportadoras, as **importinas**, que recoñecen as NLS das proteínas a transportar. O complexo de unión proteico así formado interacciona con proteínas do poro nuclear, as cales permiten o seu paso de xeito activo ao interior do núcleo mediante un gasto de GTP (**sistema Ran GTP-GDP**).

As proteínas que saen do núcleo cara ao citoplasma únense a proteínas denominadas **exportinas** tamén a través de secuencias de aminoácidos específicas ou sinais de exportación nuclear (**NES**, *nuclear export signals*).

Unha vez coñecemos os procesos de transporte dentro e fóra do núcleo, preguntáronos pola organización ou distribución que ten o material xenético que contén o núcleo. Por iso no seguinte apartado abordaremos esta cuestión:

No referente á organización dos cromosomas, resulta de interese coñecermos as seguintes cuestións:

Cando nos referimos a «**territorios cromosómicos**», sabemos que os cromosomas individuais ocupan distintos territorios no núcleo. Divídense en grandes dominios en bucle que actúan como unidades independentes.

A **replicación** do ADN sucede dentro de grandes complexos que conteñen distintos furcos de replicación.

A **transcrición** tamén se produce en lugares agrupados (enriquecidos con ARN-polimerases e factores de transcrición).

#### **Cromatina:**

- Material basofílico que se aprecia no núcleo dunha **célula interfásica**.
- Conformado por ADN xunto a proteínas asociadas, coma as **histonas**.

No núcleo interfásico pódense distinguir dúas formas nas cales se organiza a cromatina:

\**Heterocromatina*: é a forma de cromatina transcricionalmente inactiva.

\**Eucromatina*: é a cromatina dispersa no nucleoplasma pouco condensada e transcricionalmente activa. A cantidade de heterocromatina e eucromatina adoita relacionarse coa actividade celular. Para que o ADN ocupe menos sitio e o poidamos condensar na división celular, está unido a histonas, que permiten tal condensación.

Tipos de Heterocromatina:

- **Constitutiva**: Formada por segmentos de ADN que se atopan na forma condensada. Representa o ADN «silenciado». Función estrutural/protección (centrómeros...).
- **Facultativa**: Máis variábel, dado que nalgúns tipos celulares formaríase parte da heterocromatina e noutros non. Inactiva de maneira específica durante certas fases da vida dun organismo ou en células específicas.

Para rematar este primeiro tema, é preciso referirnos a unha estrutura chave neste núcleo celular:

No **nucléolo** ten lugar a síntese dos ARNribosómicos así como o ensamble das subunidades ribosomais, polo que participa na fabricación dos ribosomas. Está conformado por ADN (1-3 %) que codifica para ARNr (*organizadores nucleolares*) (**tamén coñecido como «centro fibrilar»**); ARN (10-30 %); proteínas: compoñente maioritario, principalmente enzimas necesarias para sintetizar e procesar o ARNr/outras que forman parte das subunidades ribosomais. Tamén coñecido como **«Compoñente granular»**.

Para poder fabricar as proteínas que constrúan estes ribosomas, precisamos outros situados fóra do núcleo, [citoplasma - (proteínas ribosomais)].

#### **Bibliografía**

COOPER GM. La célula. Capítulo 11. 8ª Edición. Ed. Marbán. Mc Graw Hill. 2022.

CALVO A. Capítulo 7, 137-171. Biología celular biomédica. Elsevier. 2015.

GALÁN ROMERO R. Biología Fundamental y de la salud. Elsevier. 2015.

## Retículo endoplásmico ou endoplasmático

Os orgánulos, delimitados por membranas, constitúen un sistema de endomembrana, que traballa de xeito coordinado e posibilita a síntese e transporte de materiais a distintos compartimentos celulares e ao exterior da célula.

Imos recoñecer as relacións morfolóxicas e funcionais desta trama organular. Por iso, aínda que comezaremos por situar o foco nun dos elementos constituíntes deste sistema, sabemos que os orgánulos do sistema endomembranoso forman unha **rede dinámica integrada** na que os materiais se envían e retornan dunha parte a outra da célula.

Os orgánulos deste sistema poden estar **intercomunicados** entre si de dúas maneiras: ben por contacto directo ou ben pola transferencia de segmentos de membrana en forma de vesículas que se van mover polo citoplasma transportando substancias de maneira dirixida grazas a proteínas motoras do citoesqueleto.

### ***Que percorrido teñen as substancias dentro e fóra das nosas células?***

As proteínas, os lípidos, ou os polisacáridos complexos, poden ser sintetizados na célula e transportados a diferentes localizacións. Poderán existir substancias que atravesen desde a envoltura nuclear en dirección ao retículo endoplásmico, para pasar ao aparello de Golgi e de alí ao citoplasma, para mesmo rematar atravesando a membrana celular e saíndo ao exterior das nosas células. Como tamén será posíbel un camiño inverso. Para que este primeiro percorrido que mencionamos poida ter lugar, poderanse ir formando vesículas que conteñan estas moléculas e que pasen desde o que coñeceremos como a cara *cis* á cara *trans* do retículo endoplásmico (RE) para emitir o seu contido mediante unha vía secretora regulada ou continua/ constitutiva. Por outra banda tamén existirá a opción da vía endocítica, na que os materiais atravesarán a membrana plasmática desde o exterior cara ao interior da célula.

### ***Que diferenza estes tipos de transporte celular?***

As dúas primeiras son procesos de exocitose, caso no que as substancias buscan exercer a súa función fóra da célula, mentres que no caso da endocitose ocorrerá xustamente o proceso contrario.

Nas *vías secretoras reguladas*, teremos unha formación de vesículas que serán liberadas por mor un determinado estímulo, mentres que no caso da *vía secretora continua* a secreción dáse de xeito constante.

Mais antes de afondar nisto, precisamos coñecer unhas estruturas chave para que estes procesos transportadores teñan lugar:

En primeiro lugar, o **retículo endoplásmico ou endoplasmático (RE)**. Forma o sistema endomembranoso celular xunto ao aparato de Golgi e outros orgánulos.

Trátase dun orgánulo membranoso constituído por sáculos ou cisternas conectadas por túbulos. O seu interior interior é o lumen, rodeado por membrana. Está conectado directamente coa membrana nuclear, cuestión que se relaciona coas súas funcións, e mediante vesículas co aparato de Golgi. Forma unha rede de membranas interconectadas que abarca gran parte do citoplasma. Ten unha estrutura altamente dinámica con recambio e reorganización continuos. No seu interior maduran moi-

tas proteínas, enzimas e hormonas proteínicas que foron sintetizadas nos ribosomas adheridos a el. As enzimas presentes na súa membrana poden modificar quimicamente algunhas destas proteínas (glicosilación). Desde o retículo endoplásmico pasan ao aparato de Golgi ou ben pasan a formar parte doutros orgánulos (lisosomas, peroxisomas...).

Está dividido en 2 subcompartimentos:

Retículo Endoplásmico Liso	Retículo Endoplásmico Rugoso
Elementos curvos e tubulares/tubaxes aplanadas	Rede de sacos aplanados, cisternas; contén ribosomas na súa superficie).
<b>Síntese de lípidos:</b> triglicéridos, fosfoglicéridos, hormonas esteroideas... Modificación química de proteínas (lipoproteínas)	<b>Síntese de proteínas</b> en ribosomas unidos á membrana (a maioría) ou en ribosomas libres
<b>Detoxificación</b> de tóxicos (como por exemplo barbitúricos e etanol - hepatocitos). Degradación de substancias como alcohol, que produce como substancia residual o acetaldehido, un tóxico. Transformación de moléculas liposolúbeis a hidrosolúbeis para que poidan ser eliminadas	<b>Transporte intra celular</b>
Obtención de <b>glicosa</b> libre mediante hidrólise de glicóxeno (hepatocitos)	<b>Glicosilación</b>
Retención e liberación regulada de <b>calcio</b> para a contracción muscular. Nas células musculares-retículo sarcoplásmico [ciclo de acumulación de $Ca^{2+}$ e a liberación ao citosol. Bombas de $Ca^{2+}$ : relaxación/contracción muscular]	

Se falamos dun orgánulo cheo de ribosomas, teremos que preguntarnos polo destino desas proteínas que se van estar producindo de xeito continuado. Neste senso, debemos lembrar que as proteínas se poden sintetizar en dous lugares diferentes da célula:

Ribosomas unidos á superficie citosólica das membranas do RE rugoso:	En ribosomas «libres» ou polirribosomas
Proteínas que serán secretadas pola célula	Proteínas destinadas a permanecer no citosol (p.e. enzimas da glicólise e proteínas do citoesqueleto)
Proteínas integrais de membrana	Proteínas periféricas da superficie interna da membrana plasmática (p. e. Espectrinas)
Proteínas de certos orgánulos (p. ex., aparato de Golgi, lisosomas)	Proteínas transportadas ao núcleo
	Proteínas que se incorporan nos peroxisomas e mitocondrias

### ***Cal será o seu destino?***

Dada a complexidade da organización interna das células eucariotas, dirixir as proteínas aos seus destinos resulta unha tarefa que debemos procurar coñecer.

As proteínas integrais de membrana, as de secreción e as enzimas lisosomais, rematan a súa síntese (transporte *cotraducional*) no interior do RE rugoso (REr). O feito de que a proteína se sintetice nun ou outro sitio depende da secuencia de aminoácidos na porción *N*-terminal do polipéptido, que é a primeira que xorde do ribosoma durante a síntese proteica: coñecida como péptido sinal (secuencia de sinal). (Péptido sinal, ou partícula de recoñecemento do sinal - PRS).

No REr existen, entre outras, tres proteínas integrais de importancia:

- Proteína de recoñecemento do sinal (proteína de acoplamento);
- Proteína receptora de ribosoma (riboforina I e II);
- Proteína de poro.

### ***Como se pode trasladar unha proteína entón ao interior do RE?***

A distribución das proteínas pode darse cando aínda está sucedendo a súa tradución. As proteínas destinadas ao retículo endoplasmático, ao aparato de Golgi, aos lisosomas, á membrana plasmática e a ser secretadas sintetízanse nos ribosomas que están unidas ao retículo endoplásmico.

A maraxe que determina que os ribosomas se unan á membrana do RE é a secuencia de aminoácidos da cadea polipeptídica que se está sintetizando. Cando o *péptido sinal* específico para o RE está presente, é recoñecido pola PRS (partícula de recoñecemento da sinal) situada no citosol.

- A PRS interactúa co péptido sinal detén a síntese e o ribosoma únese ás membranas do RE onde se localizan as riboforinas (receptores de ribosomas). Tamén hai receptores para a PRS.
- Unha vez adherido o ribosoma ás membranas reticulares, o péptido sinal ingresa nunha canle transmembrana, a PRS sepárase e a tradución prosegue no RE.
- A medida que a proteína medra, introdúcese cara ao lumen (interior) do RE: a síntese proteica e a translocación a través da membrana son simultáneas (cotraslación).

No interior do RER existen enzimas encargadas de garantir que as proteínas acabadas de sintetizar sexan modificadas de maneira axeitada para acadar a súa estrutura funcional terciaria e cuaternaria; eliminando as proteínas mal pregadas ou ensambladas o cal constitúe un sistema de control de calidade.

As proteínas que son sintetizadas por este orgánulo serán modificadas a glicoproteínas e terán varias funcións, (proteínas integrais de membrana, enzimas lisosómicas ou proteínas de secreción). Case en canto a cadea polipeptídica ingresou na luz do RE, vaise glicosilar, (proceso de maduración proteica), polo agregado de cadeas laterais de carbohidratos (monosacáridos ou derivados).

### **Bibliografía**

- ALBERTS B, HOPKIN K, JOHNSON A, MORGAN D, RAFF M, ROBERTS K, WALTER P. Introducción a la Biología Celular. Capítulo 15. 3ª Edición. Ed. Médica Panamericana. 2021.
- CALVO A. Biología celular biomédica. Ed. Elsevier. 2015.
- COOPER GM. La célula. Capítulo 12. 8ª Edición. Ed. Marbán. 2022.
- KARP G. Biología celular y molecular. Capítulo 8. 7ª Edición. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. 2019.

### **Aparato de Golgi e lisosomas**

É preciso tamén que coñezamos o outro elemento chave do sistema endomembranoso, o complexo ou aparato de Golgi e os lisosomas, orgánulos dixestivos por excelencia.

Camilo Golgi foi o descubridor deste orgánulo por volta do ano 1898. Está formado por *dictiosomas* e trátase dun orgánulo en constante renovación. Dadas as súas funcións, o aparato de Golgi atópase moi desenvolvido en células que secretan glicoproteínas e é pequeno en células como as musculares.

Todas as funcións relacionadas cos glúcidos desenvólvenas as enzimas glicosil-transferases (engaden glúcidos) e as glicosidasas (eliminan glúcidos). Poden existir arredor de 200 tipos destas enzimas no aparato de Golgi. Nel rematan de sintetizarse as esfingomielinas e os glicolípidos. A ceramida sintetizada no RE é a molécula sobre a que traballan as enzimas do aparato de Golgi para formar tales tipos de lípidos de membrana. No aparato de Golgi tamén se ensamblan as apolipoproteínas como as VLDL.

O aparato de Golgi poderíamos dicir que funciona como unha especie de máquina na que as proteínas que se reciben do RE se procesan novamente e distribúen para seren transportadas aos seus destinos: a membrana plasmática, os lisosomas, a secreción... Por iso, este orgánulo constitúe unha sorte de «centro de reparto» de moléculas que chegan do retículo endoplasmático ou que se sintetizan no propio aparato de golgi. Unha vez procesadas nel, as moléculas son seleccionadas e empacuetadas en vesículas diferentes para dirixirse aos seus respectivos destinos. Desde o seu lado *trans* saen as vesículas con moléculas seleccionadas cara á membrana plasmática principalmente en dúas rutas: exocitose constitutiva e exocitose regulada.

O aparato de Golgi está formado por dictiosomas, formados por sáculos ou cisternas. Confórmao unha cara *Cis*- que mira para o RE, recibe entón as vesículas de transición do retículo (conteñen no seu interior proteínas). Unha rexión *Medial*- e unha cara *Trans*- (a cara máis próxima á membrana plasmática) da que vai saír a vesícula preparada para a súa función.

Poderíamos facer un resumo das súas principais funcións do seguinte xeito:

Intervén no <b>transporte e distribución</b> de proteínas e lípidos sintetizados no RE.
Modificación molecular (Completa <b>glicosilación</b> de proteínas e glicosila moléculas lipídicas). [función común co REr]
A maioría das proteínas e dos lípidos que abandonan o retículo pasarán ao aparato de Golgi (mediante vesículas ou formas tubulares).
Secreción, modificación de moléculas (fosforilación, glicosilación, hidrólise, exocitose, movemento vesicular... existe transporte <b>retrógrado</b> de cara <i>trans</i> á <i>cis</i> )
<b>Rexenera</b> a membrana plasmática
Forma <b>lisosomas</b> primarios
Forma <b>vesículas</b> e vacúolos que secretan substancias como enzimas, dixestivos, hormonas, anticorpos, neurotransmisores...

O contido e desprazamento de vesículas no aparato de Golgi obedece a patróns definidos; mediante sinalización interna as moléculas acadan o seu destino.

No lado cis existe un proceso continuo de formación de cisternas con material procedente da fusión de compartimentos túbulo vesiculares denominados *ERGIC* (*endoplasmic reticulum golgi intermediate compartment*), os cales se forman con material que procede do retículo endoplasmático. O lado trans tamén posúe unha organización túbulo-vesicular denominada *TGN* (*trans golgi network*), onde as cisternas coas moléculas procesadas se desintegran en vesículas que se dirixen a outros compartimentos celulares.

Por tanto, sucede unha viaxe constante de moléculas desde o lado cis ao trans, pasando polas cisternas intermedias. As vesículas non soamente viaxan en sentido anterógrado (desde a orixe *cis* ao destino *trans*), senón que tamén poden moverse en sentido retrógrado, desde a membrana doadora *trans* á receptora *cis*. É un orgánulo en constante renovación e o fluxo de moléculas afecta á súa organización e ao seu tamaño. Este orgánulo está especialmente desenvolvido en células con forte secreción.

As vesículas fórmanse mediante a xemación da membrana, durante ese proceso as proteínas da membrana doadora incorpóranse á membrana da vesícula e as proteínas solúbeis do compartimento doador únense a receptores específicos. Cando a vesícula se fusiona con outra membrana, as proteínas da vesícula vólvense parte da membrana receptora e as proteínas solúbeis fican secuestradas na luz do compartimento receptor.

As vías de transporte no aparato de Golgi podemos determinarlas do seguinte xeito:

- Vía endocítica
- Vías secretoras ou biosintéticas

[As substancias sintetizadas viaxan: RE → Ap. Golgi → vesículas de secreción á exterior celular]

Pode ser:

- *Regulada*: os materiais almacénanse en gránulos delimitados por membrana e descárganse só en resposta ao estímulo axeitado.
- *Constitutiva ou continua*: os materiais transpórtanse en vesículas secretoras e descárganse ao espazo extracelular de maneira continua.

Para que no transcurso deste sistema de transporte non se perda membrana no RE, nin se dea un exceso de membrana plasmática, ten que darse unha especie de *reciclaxe* dos seus compoñentes. Postúlase que nalgúns casos, os compoñentes quedan inseridos na membrana e por iso hai membranas máis grosas e con diferente composición.

A liberación de moléculas ao exterior celular implica a fusión da membrana da vesícula coa membrana plasmática, da cal rematará por formar parte. Porén, produciuse outra posibilidade un modelo de exocitose nomeado «bica e corre» (*kiss-and-run*). Onde a vesícula se fusiona de xeito incompleto coa membrana, formando un poro que comunica o interior da vesícula co exterior celular por onde liberará o seu contido. Posteriormente pecharase o poro quedando a vesícula baleira no citosol. Nalgúns casos observouse que as vesículas se poden fusionar entre si mais só algunhas o farán coa membrana plasmática. Isto denomínase exocitose composta (contido de varias vesículas mesturado entre si).

#### **Desprazamento sinalizado:**

A fusión selectiva de vesículas asegura un transporte directo e específico.

#### **Etapas:**

1. Movemento da vesícula cara ao compartimento diana específico.  
Mediado sobre todo por microtúbulos
2. Fixación das **vesículas** ao compartimento diana  
**Mediada** por proteínas fixadoras que forman unha ponte molecular entre as dúas membranas
3. Acoplamento das vesículas ao compartimento diana
  - Mediado por proteínas SNARE
  - *v-SNARE*: nas vesículas de transporte
  - *t-SNARE*: nas membranas dos compartimentos diana
4. Fusión entre as membranas da vesícula e do compartimento diana
  - A interacción entre proteínas SNARE son capaces de unir dúas bicapas lipídicas coa suficiente forza como para que se fusionen
  - Unha vez producida a fusión, o complexo SNARE disóciase
  - *v-SNARE*: nas vesículas de transporte
  - *t-SNARE*: nas membranas dos compartimentos diana



Para rematar este apartado da materia imos falar dos **LISOSOMAS**.

Son orgánulos «*dixestivos*» en células animais, poden dixerir calquera polímero biolóxico (proteínas, ácidos nucleicos, carbohidratos e lípidos). Os lisosomas conteñen enzimas hidrolíticas (hidrolases) sintetizadas no RER que acadan a súa actividade óptima nun pH ácido: fosfatases, nucleases, proteases, etc. Ese pH mantense no interior do lisosoma grazas a unha bomba de H<sup>+</sup>. Estes orgánulos compórtanse como unha sorte de sistema dixestivo celular, de xeito que poden degradar material captado do exterior da célula mediante endocitose e tamén conseguen dixerir componentes obsoletos da propia célula.

Os lisosomas participan na defensa do organismo (interveñen linfocitos, macrófagos e neutrófilos que procuran eliminar virus e bacterias). Por exemplo, neles hai lisozima (presente tamén en saliva humana), enzima que permite romper a parede bacteriana. Os lisosomas tamén contribúen á eliminación de células mortas, deterioradas ou envellecidas.

Os lisosomas poden desencadear proceso de *heterofaxia* e de *autofaxia*.

No caso da **heterofaxia** as substancias que dixire o lisosoma proceden de fóra da célula. Mentres que no proceso de **autofaxia** as substancias que dixire o lisosoma proceden da propia célula. Este fenómeno poderíase sintetizar da seguinte maneira:

- O orgánulo que se vai destruír é rodeado por unha dobre membrana (fagóforo) para producir unha vesícula chamada AUTOFAGOSOMA.
- O autofagosoma fúndese cun lisosoma, xerando un AUTOLISOSOMA
- No autolisosoma degrádase o contido do autofagosoma e a súa membrana interna.

Ao rematar a dixestión, pasa a denominarse CORPO RESIDUAL que, segundo o tipo celular, poderá eliminarse da célula mediante exocitose ou ben conservarse no citoplasma como gránulo de lipofucsina (que aumentan a medida que envellece ese organismo).

Así é como o lisosoma contribúe á renovación de moléculas e orgánulos, á especialización e á supervivencia das nosas células.

### **Bibliografía**

- ALBERTS B, HOPKIN K, JOHNSON A, MORGAN D, RAFF M, Roberts K, Walter P. Introducción a la Biología Celular. Capítulo 15. 3ª Edición. Ed. Médica Panamericana. 2021.
- CALVO A. Biología celular biomédica. Ed. Elsevier. 2015.
- COOPER GM. La célula. Capítulo 12. 8ª Edición. Ed. Marbán. 2022
- KARP G. Biología celular y molecular. Capítulo 8. 7ª Edición. Ed. McGraw-Hill. Interamericana. 2019.

## Peroxisomas e mitocondrias

Pasamos agora a falar de dous compoñentes celulares fundamentais para comprender como se xestiona a enerxía nas nosas células: os peroxisomas e as mitocondrias.

Os **PEROXISOMAS** son corpos alongados ou esféricos rodeados dunha membrana que conteñen varias enzimas. Tamén son coñecidos como microcorpos, polo seu pequeno tamaño (0,2-1  $\mu\text{m}$  de diámetro). A membrana procede do REI e as proteínas do RER e do citosol. Tamén poden proceder doutros peroxisomas (autoreplícanse), mediante crecemento e fisión. Os peroxisomas carecen de ADN. Participan tamén na detoxificación de produtos como o etanol e producen enerxía en forma de calor mediante a formación e degradación de auga oxixenada (grazas ás enzimas *peroxidases*, que producen dito peróxido de hidróxeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )). Dado que o  $\text{H}_2\text{O}_2$  é nocivo para a célula, os peroxisomas conteñen outras enzimas, as *catalases*, que hidrolizan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Tamén participan na oxidación de ácidos graxos, proceso que constitúe unha importante fonte de enerxía metabólica.

Tanto o aumento como a diminución na cantidade destes orgánulos depende das necesidades celulares, en especial a diminución na cantidade destes por vías autofágicas, ou pexofaxia, específica para os peroxisomas.

Outro orgánulo que ten a capacidade de producir calor en certas condicións, como exemplo: en células adiposas de animais que hibernan, deixando de producir ATP, é a **MITOCONDRIA**.

Cabe preguntarse en primeiro lugar se entendemos a mitocondria como un orgánulo máis. Neste censo, crese que as mitocondrias evolucionaron a partir de bacterias que desenvolveron unha relación simbiótica vivindo dentro de células máis grandes (teoría endosimbiótica).

É importante que recordemos a súa estrutura. Conta cunha membrana externa moi permeábel e unha interna impermeábel, que nos vai permitir manter o balance de protóns. Ademais ten cristas, (na súa membrana interna atópanse os complexos proteicos que constitúen a cadea respiratoria ou de transporte electrónico) e na matriz mitocondrial sucede a  $\beta$ -oxidación de ácidos graxos e mailo ciclo de Krebs: procesos catalíticos que nos permitirán obter enerxía en forma de ATP. Debemos recordar que este ATP, adenosín trifosfato, constitúe a nosa moeda enerxética, de feito conseguimos a enerxía mediante a rotura dos seus enlaces de alta enerxía).

O xenoma mitocondrial está constituído por moléculas circulares de ADN, como os das bacterias. Este xenoma codifica 13 proteínas implicadas nos procesos de cadea de transporte electrónico e fosforilación oxidativa.

As proteínas codificadas polos xenes nucleares (arredor do 99 % de proteínas mitocondriais) son sintetizadas en ribosomas citosólicos libres e importadas nas mitocondrias como cadeas polipeptídicas completas. Se temos en conta a estrutura da mitocondria, a dobre membrana que a recobre imprime certa complexidade ao importe destas cadeas polipeptídicas.

**Transferencia de proteínas á matriz da mitocondria:**

1. Unión das presecuencias amino terminal a un complexo proteico na superficie das mitocondrias, que dirixe a súa traslocación a través da <i>membrana externa</i> (COMPLEXO TOM).
2. Logo do paso polo complexo Tom, a presecuencia vaise unir ao complexo <b>Tim 23</b> , situado na <i>membrana interna</i> , de xeito que as proteínas da matriz van atravesar a mb interna a través deste complexo.
3. Na matriz, un complexo importador que contén unha <b>chaperona</b> , hidrolizará ATP para poder alimentar a traslocación desa proteína a través da mb interna.
4. Hai proteínas con dominios transmembrana que saen lateralmente do Tim 23 para a mb interna, mentres que as destinadas á matriz, asociaranse a unhas chaperonas que colaborarán no seu pregamento
5. As presecuencias son eliminadas por unha <b>peptidase</b> na matriz mitocondrial.

De onde obtemos enerxía ou como obteremos estas achegas para poder nutrir as nosas células? É preciso que lembremos uns conceptos chave:

<b>GLICÓLISE:</b> unha molécula de glicosa oxídase a dúas moléculas de ácido pirúvico.
<b>GLICOXÉNESE:</b> síntese de glicóxeno a partir de glicosa 6 fosfato (principalmente no fígado).
<b>GLICONEOXÉNESE:</b> ruta anabólica – biosíntese de glicosa a partir de precursores non glicídicos coma aminoácidos, lactato, glicerol...
<b>LIPÓLISE:</b> proceso catabólico – transformación de lípidos en ác.graxos/glicerol
<b>LIPOXÉNESE:</b> síntese de ácidos graxos para formar graxas (reserva metabólica), proceso oposto á lipólise.

\*En laranxa procesos catabólicos, en azul anabólicos.

Alén disto temos que ter presente que o control hormonal dos niveis de *glicosa* en sangue (glicemia), sucede mediante diversos mecanismos. Dunha banda o rol hormonal de insulina (aumenta o aproveitamento de glicosa por parte das células e diminúe polo tanto o nivel desta no sangue) e doutra o do glicagón (aumenta os niveis de glicosa en sangue), sen esquecer a influencia da acción doutras hormonas como o cortisol ou as catecolaminas (que tenden a aumentar os niveis de glicosa en sangue).

**Cadea de transporte electrónico e fosforilación oxidativa**

A cadea respiratoria está constituída por, polo menos, 67 péptidos, entre 11 - 13 deles son codificados polo ADN mitocondrial (ADNmt). Os demais compoñentes desta cadea sintetízanse no citosol e deben ser incorporados á mitocondria por sistemas de transporte como os referidos anteriormente.

Dun xeito moi xeral, a cadea respiratoria consta de 4 complexos (complexos I,II,III e IV), que se dispoñen na membrana mitocondrial interna. Estes catro complexos son portadores de electróns. Ademais existen dous que actúan como transportadores e se dispoñen de xeito independente: o citocromo c e a ubiquinona.

Os electróns adéntranse na cadea de transporte de electróns procedentes do NADH (ao complexo I) e do  $FADH_2$  (ao complexo II). Desde o complexo I ou II, segundo o caso, os electróns pasarán á ubiquinona. De aí viaxarán ao complexo III e a continuación pasarán ao citocromo c para finalmente transferirse deste ao complexo IV, e despois ao osíxeno para rematar formando auga. A viaxe destes electróns sucede mediante reacción de oxidación e redución das distintas compoñentes desta cadea. A enerxía que se vai liberando durante o paso dos electróns ao longo da cadea transportadora de electróns vai ser aproveitada para bombear protóns a través da membrana mitocondrial interna: darase un bombeo ou unha traslocación de protóns ao espazo intermembrana. Isto aumentará a carga positiva neste espazo intermembrana e a negativa a nivel da matriz mitocondrial. Ese gradiente vai impulsar a síntese de ATP, mediante o proceso chamado fosforilación oxidativa. Isto é posíbel grazas ao rol da ATPsintase, ou complexo V, unha enzima formada por varias subunidades, que tamén se integra na membrana interna da mitocondria. Esta enzima xera unha vía de paso para que os protóns poidan atravesar a favor de gradiente electroquímico. Este paso dos protóns a través da ATPsintase impulsará unha reacción desfavorábel desde o punto de vista enerxético entre P e ADP que formará ATP.

### **Bibliografía**

- ALBERTS B, HOPKIN K, JOHNSON A, MORGAN D, RAFF M, ROBERTS K, WALTER P. Introducción a la Biología Celular. Capítulo 14. 3ª Edición. Ed. Médica Panamericana. 2021.
- CALVO A. Biología celular biomédica. Elsevier. 2015.
- COOPER GM. La célula. Capítulo 13. 8ª Edición. Marbán. 2022.
- KARP G. Biología celular y molecular. Capítulo 5. 7ª Edición. McGraw-Hill. Interamericana. 2019.

### **ACTIVIDADES**

---

Nas prácticas de laboratorio desta parte da materia o estudiantado deberá completar un *checklist* no MSForms ao que terá acceso no campus virtual para facer un rexistro do material utilizado en cada unha das prácticas, coa vontade de traballar a consciencia do uso responsábel dos materiais de un só uso desde o seu inicio formativo na Enfermaría. Aproveitando a oportunidade de traballarmos técnicas básicas que se realizan dun xeito moi rutineiro no eido clínico.

Ademais o estudiantado contará con material complementario que o profesorado facilitará no campus virtual, a respecto das instrucións e desenvolvemento de cada actividade planificada durante a docencia interactiva.

As actividades poderán sufrir modificacións.

### Actividade interactiva 1. Análise de mostras biolóxicas

Xustificación:

Nesta actividade procúrase traballar de xeito interactivo a análise de distintas mostras biolóxicas e a utilidade de distintos test rápidos.

Desenvolvemento:

1. O estudiantado formará 5 ou 6 subgrupos de entre 3 e 4 integrantes segundo o número de estudantes de cada CLIL. Deben seleccionar previamente o subgrupo correspondente no Campus virtual. Ocuparán os seus asentos de acordo ás indicacións da profesora.
2. Na primeira parte da sesión, a profesora explicará os conceptos básicos a ter en conta para a realización da primeira parte da práctica, así coma o procedemento a seguir:  
[Análise tira de urina]
3. A continuación explicarase a segunda parte da práctica, conceptos chave e procedemento:  
[Medición glicemia e cetona capilar].

Obxectivos:

- Que o estudiantado sexa quen de realizar e interpretar unha análise de tira de urina.
- Que o estudiantado sexa quen de realizar e interpretar unha medición de glicemia ou cetona capilar.
- Que o estudiantado adquira coñecementos sobre diferentes tipos de test rápidos non invasivos.

### Actividade interactiva 2. Grupo sanguíneo

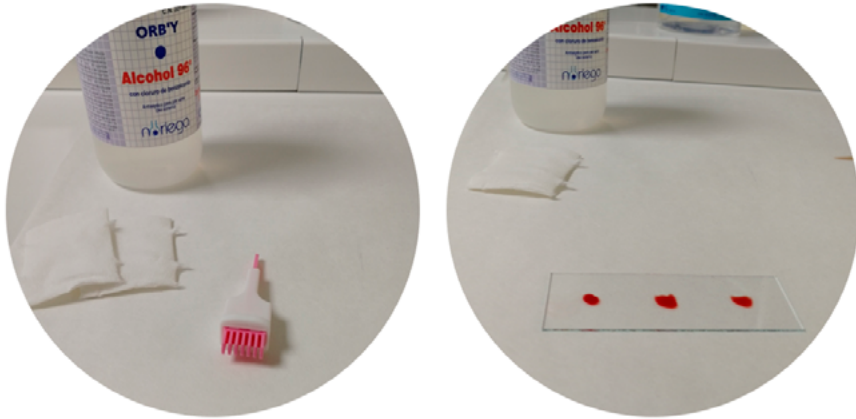
Xustificación:

Nesta actividade procúrase traballar de xeito interactivo o coñecemento do grupo sanguíneo.

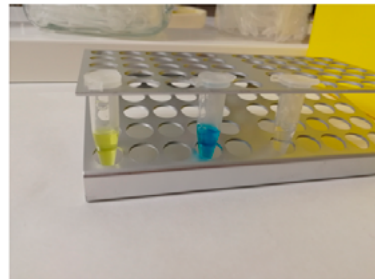
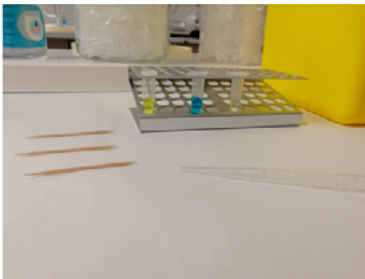
Desenvolvemento:

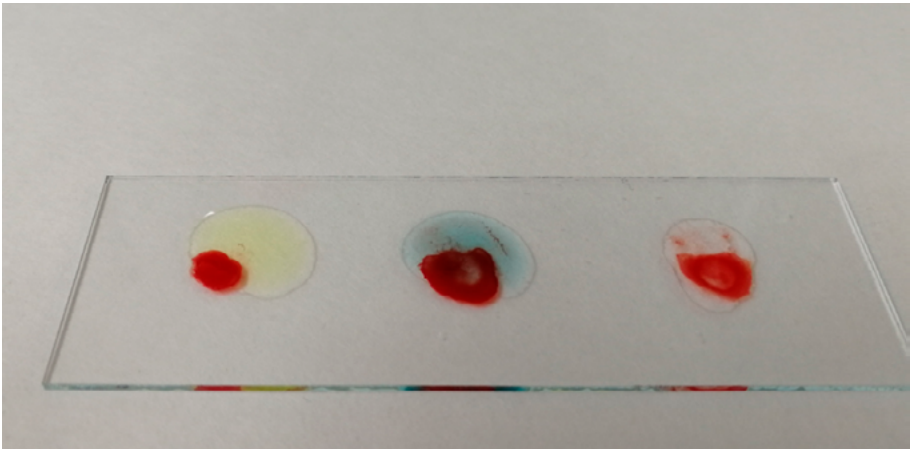
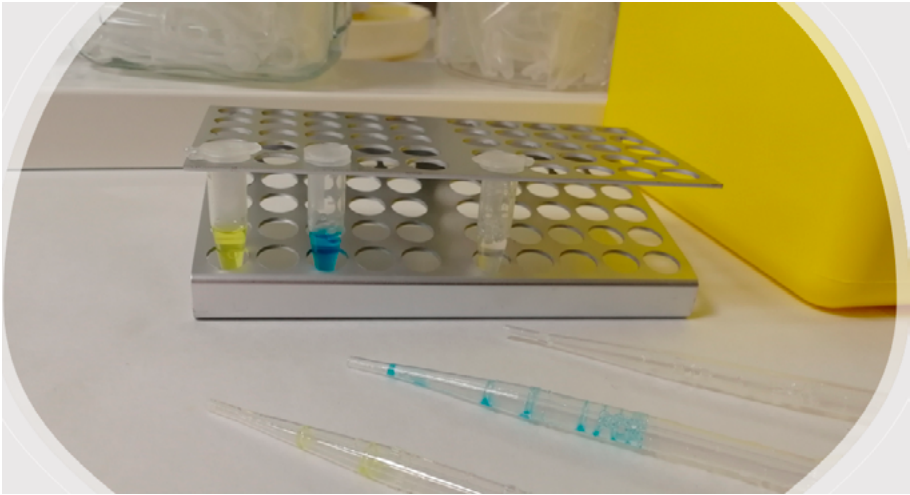
1. Deberase ter revisado o material complementario sobre o desenvolvemento da práctica anexo no cartafol do Laboratorio 2 de Biología celular. (Determinación grupo sanguíneo).
2. O estudiantado formará 5 ou 6 subgrupos de entre 3 e 4 integrantes segundo o número de estudantes de cada CLIL. Ocuparán os seus asentos de acordo ás indicacións da profesora.
3. A profesora explicará o método para a realización da práctica e para a interpretación dos resultados obtidos.
  - Interpretación grupo sanguíneo:
  - GRUPO A: aglutinación con reactivo anti A
  - GRUPO B: aglutinación con reactivo anti B

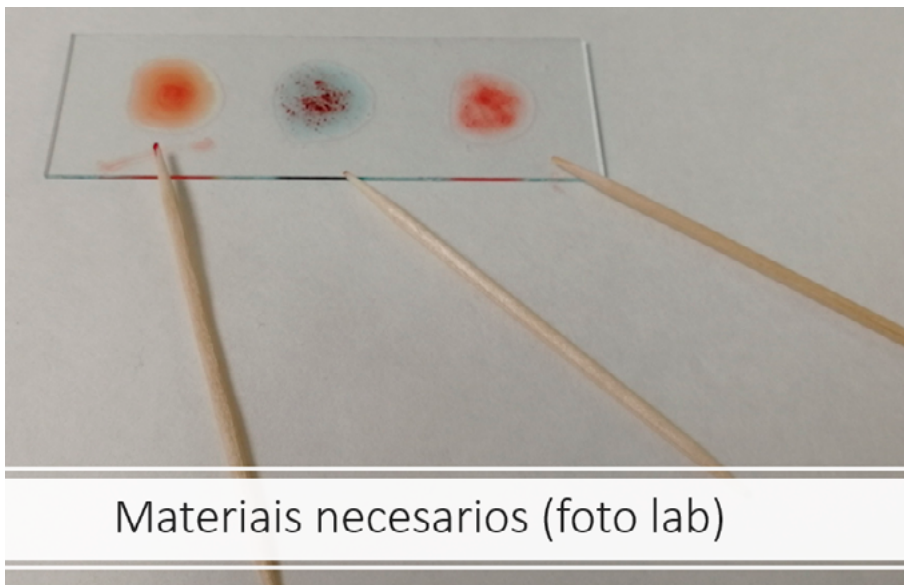
- GRUPO AB: aglutinación con reactivo anti A e anti B
- GRUPO 0: non se produce aglutinación, nin con reactivo anti A nin co anti B
- Rh +: aglutinación con reactivo anti D
- Rh-: non se produce aglutinación con reactivo anti D



### Materiais necesarios (foto lab)







## Materiais necesarios (foto lab)

Obxectivos:

- Que o estudantado sexa quen de realizar e interpretar un test rápido de grupo sanguíneo.

### PRINCIPIOS METODOLÓXICOS

---

É preciso sinalar que o estudantado contará con material complementario ao seu dispor tanto para o desenvolvemento das aulas expositivas coma interactivas.

As actividades formativas nas que intervirá o profesorado que se desenvolverán nesta unidade didáctica son:

- 6 sesións expositivas, nas que a docente explicará os conceptos propios da materia con apoio de medios audiovisuais e informáticos. Pode ter formatos diferentes (teoría, exemplos xerais, directrices xerais da materia e casos clínicos), fomentando o espírito crítico e a participación activa. Ademais fará uso de ferramentas de *gamificación* na aula, con ánimo de aclarar dúbidas e consolidar coñecementos entre o estudantado.
- 2 sesións interactivas de laboratorio, onde o estudantado, en grupos de traballo de entre dúas e cinco persoas, traballan diversas cuestións relacionados cos contidos da unidade didáctica. Estas sesións desenvólvense nos laboratorios de Biología da Facultade de Enfermería, facilitando o coñecemento das técnicas experimentais básicas, así coma o manexo dos equipos apropiados e a interacción entre os estudantado e profesorado. Algúns exemplos de metodoloxías empregadas sería a aprendizaxe baseada en problemas, estudo de casos, aprendizaxe colaborativa, grupos de discusión e *gamificación*.



## **AVALIACIÓN DA UNIDADE DIDÁCTICA**

---

A avaliación desta materia realizarase de forma continua e global mediante os seguintes criterios e ferramentas, que aparecen reflectidos na devandita guía docente:

Docencia expositiva: avaliarase o dominio dos coñecementos teóricos da materia por medio de probas obxectivas. Terá un valor na nota final do 70 %.

Docencia interactiva: avaliarase o dominio dos coñecementos adquiridos tras a realización das prácticas de laboratorio por medio de probas obxectivas e/ou realización de tarefas. Terá un valor na nota final do 30 %.



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA