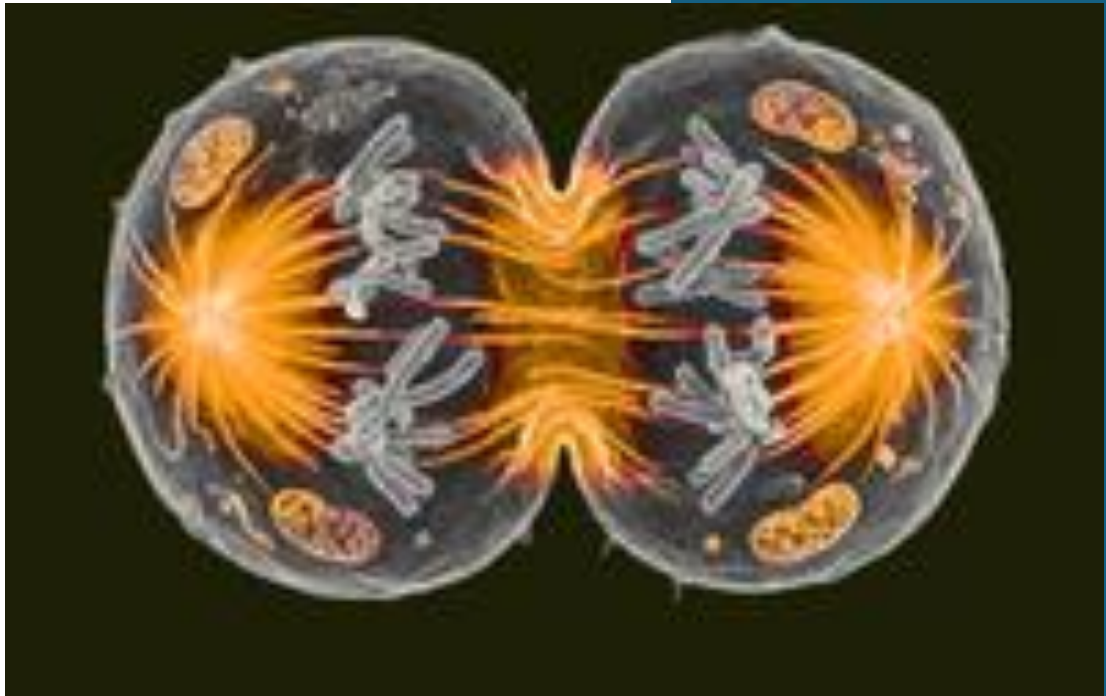


PAU 2026

Tema 9. División celular y Cáncer



1. El ciclo celular

- 1.1. Concepto de ciclo celular
- 1.2. Fases del ciclo celular
- 1.3. Mecanismos de regulación del ciclo celular

2. La mitosis y la meiosis

- 2.1. Mitosis
- 2.2. Meiosis

3. El cáncer

- 3.1. Cáncer y alteraciones del ciclo celular
- 3.2. Correlación entre el cáncer y hábitos de vida perjudiciales
- 3.3. Importancia de los estilos de vida saludables

AUTOEVALUACIÓN

TEMA 9. DIVISIÓN CELULAR Y CÁNCER

1. El ciclo celular

1.1. CONCEPTO DE CICLO CELULAR

El ciclo celular es el conjunto ordenado y regulado de procesos que conducen al crecimiento y división de una célula. Constituye la base fundamental de la reproducción celular, permitiendo la transmisión precisa del material genético a las células hijas. A través de este ciclo, las células crecen, duplican su ADN y se dividen, asegurando la continuidad de los organismos tanto en crecimiento como en reparación de tejidos.

El ciclo celular no es un proceso continuo sin control: está estructurado en fases bien definidas y regulado mediante mecanismos estrictos que garantizan la fidelidad de la replicación y división celular.

Fases del ciclo celular

El ciclo celular eucariota se divide en dos grandes períodos: la **interfase**, donde la célula se prepara para dividirse, y la **fase M**, donde ocurre la mitosis y la citocinesis.

Fase G1 (Gap 1)

- Es la primera fase tras la división celular.
- Se caracteriza por un intenso crecimiento celular y síntesis de proteínas.
- La célula incrementa su tamaño y sintetiza componentes necesarios para la replicación del ADN.
- Es un punto crítico donde la célula decide si continúa el ciclo o entra en un estado de reposo (G0).

Fase S (Síntesis)

- Ocurre la replicación del ADN: cada cromosoma se duplica, formando dos cromátidas hermanas unidas por el centrómero.
- También se duplican centrosomas y otros orgánulos clave para la división celular.
- El contenido genético se duplica de forma precisa para ser repartido equitativamente entre las células hijas.

Fase G2 (Gap 2)

- Segunda fase de crecimiento y preparación antes de la división.
- La célula continúa sintetizando proteínas, en especial aquellas implicadas en la mitosis.
- Se verifica que el ADN se haya replicado correctamente; cualquier daño es reparado antes de proceder.

Fase M (Mitosis y Citocinesis)

- En esta fase tiene lugar la distribución equitativa de los cromosomas replicados entre dos células hijas.
- Comprende la **mitosis** (división del núcleo) y la **citocinesis** (división del citoplasma).
- Es el único período visible al microscopio óptico convencional debido a la condensación de la cromatina en cromosomas.

Mecanismos de regulación del ciclo celular

El ciclo celular está estrictamente controlado por mecanismos internos que aseguran su correcta progresión, previniendo errores que puedan comprometer la viabilidad celular o favorecer transformaciones malignas.

- **Puntos de control (Checkpoints):** Son mecanismos de vigilancia que detienen el ciclo celular si se detectan errores:
 - ✓ **Punto de control G1/S:** verifica el tamaño celular, condiciones ambientales y la integridad del ADN antes de la replicación.
 - ✓ **Punto de control G2/M:** garantiza que la replicación del ADN se haya completado sin errores antes de la mitosis.
 - ✓ **Punto de control de metafase:** asegura que todos los cromosomas estén correctamente unidos al huso mitótico antes de la separación de las cromátidas hermanas.
- **Ciclinas y quinasas dependientes de ciclina (CDKs):** Las ciclinas son proteínas reguladoras cuya concentración varía a lo largo del ciclo. Las CDKs son enzimas que, al unirse a las ciclinas, se activan y fosforilan proteínas clave, impulsando el ciclo celular hacia la fase siguiente. La regulación estricta de la actividad ciclina-CDK es fundamental para evitar divisiones erróneas.
 - ✓ **Factores externos e internos de regulación**
 - ✓ **Factores de crecimiento:** señales externas que estimulan la entrada de la célula en el ciclo celular.
 - ✓ **Genes reguladores:** como los protooncogenes y los genes supresores de tumores, que controlan la progresión o detención del ciclo.
 - ✓ **Daño en el ADN:** activa mecanismos de reparación o, si el daño es irreparable, induce apoptosis para evitar la proliferación de células defectuosas.

2. La mitosis y la meiosis

2.1. MITOSIS

Concepto y función biológica

La mitosis es un proceso de división celular que da lugar a dos células hijas genéticamente idénticas a la célula progenitora. Es fundamental en organismos multicelulares para el crecimiento, el desarrollo y la reparación de tejidos. En organismos unicelulares eucariotas, la mitosis constituye un mecanismo de reproducción asexual.

La mitosis mantiene constante el número de cromosomas característico de la especie, asegurando una transmisión fiel de la información genética.

Fases de la mitosis

La mitosis se divide clásicamente en cinco fases sucesivas:

Profase:

- La cromatina se condensa en cromosomas visibles.
- Cada cromosoma consta de dos cromátidas hermanas unidas por un centrómero.
- Desaparece el nucleolo y comienza la desintegración de la envoltura nuclear.
- Se forma el huso mitótico, una estructura de microtúbulos organizada por los centrosomas.

Prometáfase:

- Se completa la fragmentación de la envoltura nuclear.
- Los microtúbulos del huso se unen a los cinetocoros de los cromosomas.

Metafase:

- Los cromosomas se alinean en el plano ecuatorial de la célula (placa metafásica).
- Cada cromátida hermana queda unida a polos opuestos del huso mitótico.

Anafase:

- Las cromátidas hermanas se separan en el centrómero y migran hacia polos opuestos.
- Es el momento en que el número de cromosomas en cada polo se duplica temporalmente.

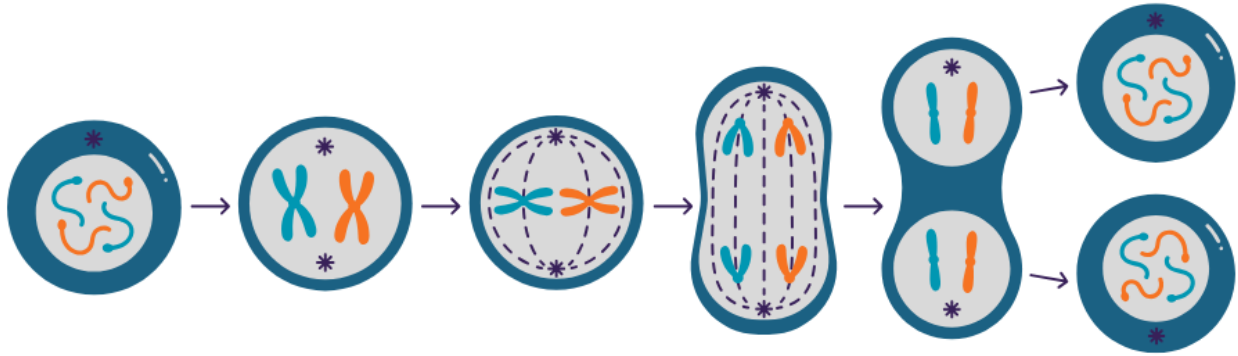
Telofase:

- Los cromosomas llegan a los polos y comienzan a descondensarse en cromatina.
- Se reorganizan las envolturas nucleares en torno a los conjuntos de cromosomas. Reaparecen los nucleolos.

Citocinesis

- Es el proceso de división del citoplasma que sigue a la mitosis:
- En células animales, se forma un anillo contráctil de filamentos de actina que estrangula la célula madre en dos células hijas (citocinesis por estrangulación).
- En células vegetales, se construye una nueva pared celular en la región ecuatorial (fragmoplasto), formando la placa celular.

El resultado final son dos células hijas con idéntico contenido genético.



2.2. MEIOSIS

Concepto y función biológica

La meiosis es un tipo especializado de división celular que ocurre en células germinales para producir gametos (óvulos y espermatozoides) en organismos animales o esporas en plantas. Consiste en dos divisiones celulares sucesivas tras una sola replicación del ADN, dando lugar a cuatro células hijas con la mitad del número de cromosomas (haploides).

La meiosis es esencial para:

- Mantener constante el número de cromosomas en las generaciones sucesivas.
- Generar variabilidad genética mediante la recombinación y la segregación independiente de los cromosomas.

Fases de la meiosis

La meiosis consta de dos divisiones consecutivas: **meiosis I** y **meiosis II**.

Meiosis I (reduccional)

Profase I:

- ✓ Fase prolongada y compleja donde ocurre la sinapsis (apareamiento de cromosomas homólogos) y el entrecruzamiento (crossing-over), que permite el intercambio de fragmentos entre cromátidas homólogas.
- ✓ Se forman los quiasmas como evidencia de recombinación.

Metafase I:

- ✓ Los pares de cromosomas homólogos se alinean en el plano ecuatorial.

Anafase I:

- ✓ Los cromosomas homólogos se separan y migran hacia polos opuestos, pero las cromátidas hermanas permanecen unidas.

Telofase I y citocinesis:

- ✓ Se forman dos núcleos haploides y las células se dividen.

Meiosis II (ecuacional)

Muy similar a la mitosis:

- **Profase II:** Los cromosomas se condensan nuevamente.
- **Metafase II:** Los cromosomas se alinean en el ecuador celular.
- **Anafase II:** Las cromátidas hermanas se separan y migran a polos opuestos.
- **Telofase II y citocinesis:** Se forman los núcleos y las células se dividen.

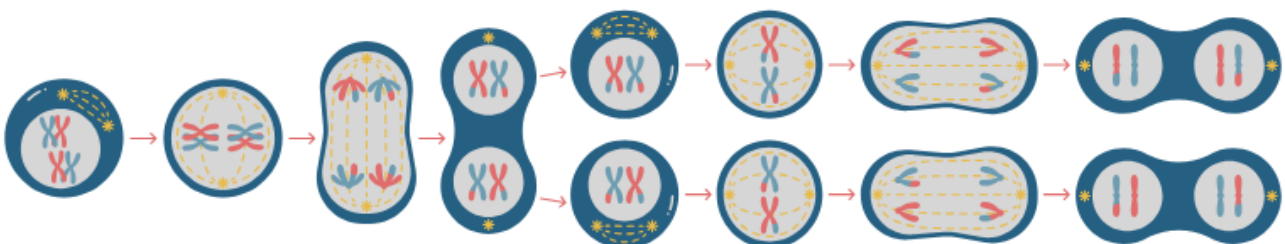
El resultado son **cuatro células haploides** genéticamente distintas entre sí y respecto a la célula original.

Importancia en la variabilidad genética

La meiosis introduce variabilidad genética mediante:

- **Crossing-over** en profase I, que recombina segmentos genéticos.
- **Segregación independiente** de los cromosomas homólogos durante la anafase I.
- **Fusión aleatoria** de gametos durante la fertilización.

Esta diversidad es crucial para la evolución y adaptación de las especies.



3. El cáncer

3.1. CÁNCER Y ALTERACIONES DEL CICLO CELULAR

El cáncer es el resultado de un crecimiento celular descontrolado que invade tejidos y órganos, comprometiendo su función. Se origina a partir de mutaciones genéticas que alteran los mecanismos de regulación del ciclo celular.

Mutaciones en genes de regulación celular

Los genes implicados en el control del ciclo celular se clasifican en dos grandes grupos:

Protooncogenes:

Son genes que, en condiciones normales, promueven la proliferación celular.

Cuando sufren mutaciones activadoras, se convierten en **oncogenes**, promoviendo una división celular excesiva e incontrolada.

Genes supresores de tumores:

Actúan como frenos del ciclo celular, deteniendo la división cuando es necesario y promoviendo la reparación del ADN dañado o la apoptosis (muerte celular programada) si el daño es irreparable.

Mutaciones inactivadoras en estos genes (como p53 o Rb) eliminan los controles naturales del crecimiento celular, favoreciendo la aparición de células tumorales.

El desequilibrio entre señales que promueven y detienen la proliferación celular es el evento clave en la transformación de una célula normal en cancerosa.

Alteración de los mecanismos de control

Los puntos de control del ciclo celular pueden verse comprometidos:

- **Fallo en el punto G1/S:** La célula progresa hacia la replicación del ADN sin verificar la integridad del material genético.
- **Fallo en el punto G2/M:** La célula entra en mitosis con ADN dañado o incompleto.
- **Alteraciones en la apoptosis:** Células dañadas que deberían ser eliminadas escapan de la muerte programada, acumulando mutaciones adicionales.

La acumulación progresiva de mutaciones confiere a las células cancerosas ventajas como proliferación ilimitada, evasión de la apoptosis, angiogénesis (formación de nuevos vasos sanguíneos) y capacidad de invadir tejidos (metástasis).

3.2. CORRELACIÓN ENTRE EL CÁNCER Y HáBITOS DE VIDA PERJUDICIALES

El desarrollo del cáncer es un proceso multifactorial donde los factores genéticos interactúan con factores ambientales y de estilo de vida.

Factores de riesgo asociados a hábitos perjudiciales

- **Tabaco:** Principal factor de riesgo evitable. Contiene carcinógenos como hidrocarburos aromáticos policíclicos y nitrosaminas.
- **Consumo excesivo de alcohol:** Asociado a cánceres de esófago, hígado, mama, entre otros.
- **Dieta inadecuada:**
 - ✓ Dietas ricas en grasas saturadas y pobres en fibra aumentan el riesgo de ciertos tipos de cáncer (colon, mama).
 - ✓ Consumo insuficiente de frutas y verduras reduce la protección antioxidante natural.
- **Sedentarismo:** Contribuye a la obesidad, que es un factor de riesgo independiente para varios tipos de cáncer.
- **Radiaciones:**
 - ✓ Radiación ultravioleta (UV) como causa principal de cáncer de piel.
 - ✓ Exposición a radiaciones ionizantes, como las de origen médico o ambiental.
- **Exposición a agentes químicos:** Sustancias como el asbesto, benceno y otros carcinógenos industriales.
- **Infecciones:** Algunos virus como el Virus del Papiloma Humano (VPH) y el Virus de la Hepatitis B pueden desencadenar procesos tumorales.

3.3. IMPORTANCIA DE LOS ESTILOS DE VIDA SALUDABLES

La adopción de hábitos saludables puede reducir significativamente el riesgo de desarrollar cáncer.

- **Prevención primaria del cáncer**
- **No fumar:** Reducción drástica del riesgo de cáncer de pulmón y otros tumores relacionados.
- **Consumo moderado o nulo de alcohol.**
- **Dieta equilibrada:** Aumentar el consumo de frutas, verduras, cereales integrales y legumbres.
- Reducir grasas saturadas, carnes procesadas y azúcares añadidos.
- **Ejercicio físico regular:** Ayuda a mantener un peso saludable y modula factores metabólicos implicados en el desarrollo de tumores.
- **Protección solar adecuada:** Uso de cremas de alta protección, ropa protectora y evitar exposición solar en horas pico.

- **Vacunación:** Prevención de infecciones asociadas a cáncer, como la vacunación frente al VPH y hepatitis B.
- **Detección precoz:** Participación en programas de cribado como mamografías, colonoscopias, citologías

Preguntas competenciales

PAU - 2026

PREGUNTA COMPETENCIAL 1

Un estudio de laboratorio analiza células epiteliales en cultivo. Se observa que algunas células han acumulado daños en su ADN debido a la exposición a agentes químicos, pero a pesar de ello, han pasado de la fase G1 a la fase S sin detenerse.

- a) ¿Qué nombre reciben los puntos críticos del ciclo celular encargados de supervisar que cada fase se complete correctamente? Identifique en qué fase se encuentra el principal punto de control que debería haber actuado en este caso. (0,4 p)
- b) Explique qué proceso ocurre durante la fase S y por qué es peligroso que una célula con el ADN dañado entre en dicha fase. (0,4 p)
- c) Defina brevemente el concepto de apoptosis y su importancia cuando falla la reparación del ADN.

PREGUNTA COMPETENCIAL 2

En el crecimiento de un organismo pluricelular, es fundamental que las células hijas mantengan la misma información genética que la célula madre.

- a) Identifique la fase de la mitosis en la que se separan las cromátidas hermanas migrando hacia polos opuestos. ¿Qué estructura celular es la responsable de este movimiento?
- b) Explique la importancia biológica de la mitosis para los organismos pluricelulares. Mencione dos ejemplos de procesos en los que sea necesaria.
- c) ¿En qué fase de la mitosis se produce la descondensación de los cromosomas y la reaparición de la envoltura nuclear?

PREGUNTA COMPETENCIAL 3

La meiosis es un tipo especial de división celular fundamental para la reproducción sexual.

- a) Durante la Profase I, ocurre un evento crucial denominado sobrecruzamiento (crossing-over). Explique en qué consiste y qué repercusión tiene para la descendencia.
- b) Compare la dotación cromosómica (número de cromosomas) de la célula madre inicial y de las células hijas resultantes tras la Meiosis II. Utilice los términos haploide y diploide.
- c) Explique en qué se diferencia la segregación (separación) que ocurre en la Anafase I de la que ocurre en la Anafase II.

PREGUNTA COMPETENCIAL 4

El cáncer se define como una enfermedad del ciclo celular. Se sabe que mutaciones en ciertos genes pueden desencadenar la proliferación descontrolada.

- a) Diferencie entre un protooncogén y un gen supresor de tumores en condiciones normales.
- b) ¿Qué sucede cuando un protooncogén muta y se convierte en un oncogén? Relaciónelo con el control de la división celular.
- c) Explique el concepto de metástasis y cómo diferencia a un tumor maligno de uno benigno.

PREGUNTA COMPETENCIAL 5

El documento menciona que gran parte de los casos de cáncer están relacionados con factores externos y hábitos de vida.

- a) Cite tres factores de riesgo externos (ambientales o de hábito) que puedan dañar el ADN y aumentar la probabilidad de desarrollar tumores.
- b) Relacione el consumo de tabaco con un tipo específico de cáncer mencionado en el tema. ¿Por qué se considera que dejar de fumar es una medida de prevención primaria?
- c) Mencione dos hábitos de vida saludables que ayuden a reducir el riesgo metabólico implicado en el desarrollo de tumores.

PREGUNTA COMPETENCIAL 6

Un estudiante observa una célula con $2n=6$ cromosomas que se encuentra en división.

- a) Si la célula estuviera en la Metafase de la Mitosis, ¿cómo estarían dispuestos los cromosomas en la placa ecuatorial? ¿Cuántas cromátidas tendría cada cromosoma?
- b) Si la célula estuviera en la Metafase I de la Meiosis, ¿qué diferencia fundamental presentaría la disposición de los cromosomas respecto a la mitosis?
- c) ¿En cuál de las dos divisiones anteriores se genera diversidad genética? Justifique su respuesta brevemente.

RESPUESTAS DE LAS PREGUNTAS COMPETENCIALES

RESPUESTA COMPETENCIAL 1

- a) Reciben el nombre de puntos de control (checkpoints). En este caso, debería haber actuado el punto de control situado al final de la fase G1 (antes de entrar en S).
- b) En la fase S ocurre la replicación (duplicación) del ADN. Es peligroso porque, si el ADN está dañado, esas mutaciones o errores se copiarán a las nuevas hebras y se transmitirán de forma permanente a las células hijas.
- c) La apoptosis es la muerte celular programada. Su importancia radica en que permite eliminar de forma segura aquellas células cuyo ADN no ha podido ser reparado, evitando que proliferen y den lugar a tumores.

RESPUESTA COMPETENCIAL 2

- a) Ocurre en la Anafase. La estructura responsable es el huso mitótico (formado por microtúbulos).
- b) Permite la formación de células genéticamente idénticas. Es necesaria para el crecimiento del individuo (aumento del número de células) y para la renovación o reparación de tejidos dañados.
- c) Ocurre en la Telofase.

RESPUESTA COMPETENCIAL 3

- a) Consiste en el intercambio de fragmentos de material genético entre cromátidas no hermanas de cromosomas homólogos. Su repercusión es el aumento de la variabilidad genética en la descendencia (nuevas combinaciones de alelos).
- b) La célula madre es diploide ($2n$), mientras que las cuatro células hijas resultantes de la meiosis son haploides (n), con la mitad del contenido cromosómico.
- c) En la Anafase I se separan cromosomas homólogos (migran a polos opuestos), mientras que en la Anafase II se separan cromátidas hermanas.

RESPUESTA COMPETENCIAL 4

- a) Los protooncogenes estimulan la división celular normal, mientras que los genes supresores de tumores actúan frenando o deteniendo el ciclo celular para reparar daños o evitar divisiones excesivas.
- b) Se produce una ganancia de función permanente, transformándose en un oncogén. Esto provoca una señalización constante de división que lleva a una proliferación celular descontrolada.
- c) La metástasis es la capacidad de las células cancerosas de desprenderse del tumor primario, viajar por la sangre o linfa y colonizar órganos distantes. Esta capacidad es propia de los tumores malignos, mientras que los benignos permanecen localizados.

RESPUESTA COMPETENCIAL 5

- a) Factores de riesgo: consumo de tabaco, exposición a la radiación ultravioleta (UV) del sol y consumo de alcohol.
- b) Se relaciona directamente con el cáncer de pulmón. Es prevención primaria porque actúa antes de que se desarrolle la enfermedad eliminando la causa directa (agentes carcinógenos del humo).

RESPUESTA COMPETENCIAL 6

- a) Los 6 cromosomas estarían alineados individualmente (uno a uno) en el plano ecuatorial. Cada cromosoma tendría dos cromátidas.
- b) En la Metafase I los cromosomas no se alinean individualmente, sino por parejas de homólogos (formando bivalentes o tétradas) a ambos lados de la placa ecuatorial.
- c) Se genera diversidad en la Meiosis, debido al sobrecruzamiento en la Profase I y a la segregación aleatoria de cromosomas homólogos en la Anafase I.