

## **TEMA 7.**

### **DIVISION CELULAR.**

#### **TIPOS.**

Las células se dividen por un mecanismo de supervivencia. Para ello se duplican los orgánulos y el material genético. Como resultado se obtienen células hijas con el mismo material genético que la célula madre. Hay varios mecanismos:

división directa o amitosis: se da en bacterias o en condiciones patológicas. Puede ser:

bipartición: se forman dos células hijas más pequeñas.

gemación: se emite una yema con material genético que después aumentará de tamaño.

endógena: en el interior celular se forman muchas células hijas, después de lo cual se rompe la membrana.

división multiple: división de núcleos. Posteriormente se produce la división celular.

división indirecta o mitótica: característica de todas las células del organismo a excepción de las células germinales que se dividen por un mecanismo de meiosis para asegurar que en la fecundación la dotación genética se mantenga constante.

La frecuencia de división es variable:

las células nerviosas y las células musculares esqueléticas no se dividen.

las células epiteliales están en constante renovación porque se están eliminando constantemente. Se originan a niveles basales y se van diferenciando a medida que ascienden hacia la superficie.

las células especializadas pueden dividirse en caso necesario: los hepatocitos pueden llegar a dividirse para sustituir a células que se pierden.

Tenemos que diferenciar:

división del núcleo: mitosis o cariocinesis.

división del citoplasma: citocinesis o citodiéresis.

### **CICLO CELULAR.**

En las células no está siempre presente el estado de división. En todas las células ocurren distintos fenómenos bioquímicos y morfológicos que se denominan ciclo celular:

mitosis, que es una parte pequeña.

interfase, que comprende una serie de periodos secuenciales:

G1.

S (síntesis).

G2.

Cuando la célula termina de dividirse, entra en G1. En este periodo la célula comienza a sintetizar proteínas y ARN para la síntesis. Hay una cantidad  $2n$  de material genético. Este es un periodo muy amplio cuya duración depende de la célula:

muy largo en células especializadas.

muy corto en células como las epiteliales.

en las neuronas y las células musculares es un periodo constante del que la célula no sale. Se dice que están fuera del ciclo celular, en una fase de reposo llamada G0.

La fase S es muy importante porque en ella el material genético se duplica, pasando a ser  $4n$ . Además se sintetizan proteínas básicas del tipo de las histonas y algunas proteínas ácidas nucleares.

La fase G2 es en la que la célula se prepara para la mitosis. Primero se duplican los centriolos y comienzan a formarse estructuras rígidas (microtúbulos) que formarán el huso mitótico. El material genético se encuentra como una sustancia basófila y homogénea: la cromatina.

## **MITOSIS.**

ESTUDIO MORFOLOGICO DE CADA UNA DE SUS FASES.

Profase:

Es la fase más larga. Comienza con la formación del huso mitótico. Cada par de centriolos se va a un polo de la célula y se comienzan a organizar microtúbulos:

pequeños, que forman el áster alrededor del centriolo.

polares, que van de un centriolo al otro.

El material genético comienza a condensarse y se forman las cromonemas, ya visibles, unidas por el centrómero. La membrana nuclear se rompe y desaparece. El nucleolo también desaparece.

Metafase:

Es el periodo de la cariocinesis en él que vemos los cromosomas perfectamente enrollados formando cromátidas. En zonas opuestas de los centrómeros se organizan los cinetocoros, que estructuran microtúbulos distintos de los del centriolo. Son más cortos pero muy importantes y se denominan microtúbulos cinetocóricos. Los cromosomas duplicados se orientan en la parte central de la célula y en el mismo plano. La estructura así formada se denomina placa ecuatorial.

Anafase:

Los cromosomas están integrados por dos cromátidas, que se van a separar por un fenómeno de tracción en el que tienen mucha importancia los microtúbulos cinetocóricos, que tiran hacia los polos celulares. A la vez se van despolimerizando, hasta que los cromosomas hijos llegan a los polos celulares. En la membrana citoplasmática se origina una invaginación.

### Telofase:

En cada polo de la célula existe un centrosoma y un conjunto de cromosomas hijos. Comienza la formación de nuevos nucleolos y de la membrana nuclear. El citoplasma se rompe o divide, ocurriendo la citocinesis por invaginación de la membrana plasmática hasta que se forma un surco de división profundo. Los filamentos polares todavía no se han roto y se fusionan en un disco contráctil. Como consecuencia la formación de dos células hijas con la misma dotación genética que la célula madre.

Tenemos que hablar de la inhibición por contacto: las célula se dividen hasta que no tienen espacio. En las células tumorales, el patrón de división es indefinido. Las células que se dividen se localizan porque los cromosomas se ven como líneas densas intensamente basófilas.

## **MEIOSIS.**

### ESTUDIO MORFOLOGICO DE CADA UNA DE SUS FASES.

Todas las células menos los gametos contienen el mismo número de cromosomas dispuestos en pares homólogos. Este número constante es la dotación genética ( $2n$ ). En los animales con reproducción sexual se fusionan en la fertilización dos células con dotación genética  $n$  para que el resultado sea una célula  $2n$ . Para ello es necesaria previamente la reducción en número de los cromosomas a  $n$ . Esto ocurre en la meiosis y como resultado cada célula hija tiene un cromosoma de cada par.

En la meiosis hay una única duplicación del material genético, seguida por dos divisiones secuenciales, de forma que esos cromosomas se dividen entre esas cuatro células hijas. Además, en la meiosis se produce un intercambio de material genético entre los cromosomas de cada par, por lo que los cromosomas no van a ser iguales entre sí.

### Primera división meiótica:

Consta de las siguientes fases:

Profase 1, muy larga, dividida en subfases.

Prometafase1.

Metafase 1.

Anafase1.

Telofase1.

La fase S es un poco más larga que en la mitosis. La célula resultante tiene  $2n$  cromosomas y  $4c$  ADN (dos cromátidas por cromosoma). La primera división meiótica va a dar dos células hijas con  $n$  cromosomas y  $2c$  cromátidas. En la segunda división meiótica va a haber cuatro células hijas con  $n$  cromosomas y  $c$  cromátidas.

La Profase 1 es la fase más larga en cuanto a situaciones distintas: es la más compleja. En ella, en la célula madre, los cromosomas homólogos se aparean, uniéndose estrechamente uno con otro. Cada par de cromosomas intercambia material con su homólogo. Tiene distintas fases:

leptoteno: los cromosomas empiezan a hacerse visibles por condensación de la cromatina. Se ven como filamentos muy delgados y largos (más que en la mitosis). En cada cromosoma se ven engrosamientos llamados cromómeros (zonas muy teñidas). Aparecen en posiciones distintas en los distintos cromosomas. Las

cromátidas todavía no son muy visibles, de forma que no se ven al microscopio óptico y al eléctrico dan una imagen poco definida. En esta subfase se ven tanto los nucleolos como los centrómeros.

cigoteno: los cromosomas homólogos comienzan a aparearse. Este proceso es la sinapsis de los cromosomas. Cada cromómero se une al mismo lugar que el del cromosoma vecino. Entre ambos cromosomas queda un espacio de unos 200 nm en él que se encuentran unas estructuras denominadas complejos sinaptonémicos que unen ambos cromosomas íntimamente. Tienen dos componentes principales:

dos elementos laterales en contacto con un cromosoma cada uno. Son gránulos muy densos con ADN, ARN y proteínas.

un elemento central o componente medial, entre las dos estructuras anteriores.

Uniendo los elementos laterales con el elemento central aparecen las fibrillas transversales.

Esta estructura es la tétrada o bivalente y está formada por dos cromosomas homólogos unidos sinápticamente. Se denomina bivalente porque tiene dos cromosomas y tétrada porque tiene cuatro cromátidas.

paquiten: se completa el apareamiento de los cromosomas. Estos se contraen, haciendo cada vez más pequeños y gruesos. Al microscopio óptico las cromátidas todavía no se diferencian, pero al microscopio electrónico cada vez lo hacen mejor. Los centrómeros no se fusionan manteniendo cada cromosoma el suyo. Hay un intercambio de ADN de una cromátida a la otra: el material pasa físicamente. Esto es la recombinación o sobrecrezamiento. El paso del material se realiza utilizando los complejos de la sinapsis. A nivel del punto de intercambio aparecen estructuras densas formadas por proteínas (100 nm de diámetro) que se denominan nódulos de recombinación. Aparecen en el elemento medial del complejo, pero únicamente donde existe intercambio de material. Su número depende del cromosoma, pudiendo ir desde uno a varios. Además se producen cambios en los nucleolos: la parte granular aumenta de tamaño y se hace más densa, y la parte fibrilar casi desaparece.

diploteno: comienzan a desaparecer los complejos sinápticos: los cromosomas homólogos comienzan a separarse. En esta fase todavía no se separan del todo: aparecen unidos por unos puntos llamados quiasmas. Su número depende de los nódulos de recombinación que se hayan producido, existiendo por lo menos uno por cada cromosoma en esta fase.

diacinesis: los cromosomas se separan para colocarse en la zona del huso meiótico. Los cromosomas están más teñidos y contraídos. Los quiasmas desaparecen por el proceso de terminalización de los quiasmas, en él que estos se desplazan hacia el final del cromosoma.

En la Prometafase 1 los cromosomas aparecen condensados al máximo. Desaparece la envoltura nuclear y los nucleolos. Se forma el huso acromático y los cromosomas se disponen en esa zona. Cada cromosoma homólogo se une a los microtúbulos de forma polar, de forma que cada cromosoma va a ir hacia un polo. Cada cromosoma se va a llevar consigo su centrómero con sus dos cinetocoros.

En la Metafase 1 los cromosomas están en el plano ecuatorial. Todavía se ve algún quiasma terminal, pero ya están desapareciendo.

En la Anafase 1 cada cromosoma homólogo migra hacia uno de los polos de la célula. Ya no existen quiasmas.

En la Telofase 1 los cromosomas han llegado al polo de la célula y comienzan a formarse los nuevos núcleos.

Después se produce un periodo de interfase muy corto y sin que se produzca la duplicación del ADN. Inmediatamente después la célula entra en la segunda división meiótica.

#### Segunda división meiótica:

La primera fase es la Profase II, muy corta y parecida a la de la mitosis.

En la Metafase II los cromosomas se localizan en el plano ecuatorial. Se ha formado ya el huso meiótico, se rompe el centrómero y se separan las cromátidas.

En la Telofase II se separan por completo las cromátidas.

Como resultado se obtienen cuatro células hijas.

### IDEAS GENERALES SOBRE LA ESPERMATOGENESIS Y LA OVOGENESIS.

En el macho la división meiótica ocurre en el testículo, en un proceso llamado espermatogénesis. Como resultado se obtienen espermatozoides. Este proceso comienza en la célula primordial o espermatogonia ( $2n$ ) que tras sucesivas mitosis va a dar espermatocitos primarios. Estas son las células que van a entrar en meiosis. El espermatocito primario, como resultado de la primera división meiótica, va a dar dos espermatocitos secundarios. Estos, tras la segunda división meiótica, dan dos espermátidas ( $n, c$ ). Las espermátidas, tras un proceso de maduración en el que se produce la formación del flagelo y del acrosoma se transforman en espermatozoides.

En la hembra la célula primordial se denomina ovogonia. Por sucesivas mitosis va a dar ovocitos de primer orden, que van a entrar en mitosis. Esta célula puede estar en fase de Diploteno durante meses e incluso años, dependiendo de la especie del animal. Tras la primera división meiótica se produce una célula inviable (corpúsculo polar) y una célula viable (ovocito de segundo orden). Este último, tras la segunda división meiótica, da un segundo corpúsculo polar inviable y un óvulo maduro.