



LA CROMATINA

La palabra **cromosoma** procede del griego y significa "cuerpo que se tiñe". La palabra **cromatina** significa "sustancia que se tiñe". El cromosoma, es el material genético organizado. En el caso de los organismos eucariontes el cromosoma nace fundamentalmente de la interacción entre el ADN, las histonas y las proteínas no histónicas.

Los cromosomas eucarióticos son moléculas muy largas de ADN doble hélice en interacción con proteínas (histonas y no histonas) que se pueden encontrar desde estados relajados o poco compactados como en los núcleos de las células en interfase hasta en estados altamente compactados como sucede en la metafase mitótica.

La cromatina fue inicialmente definida por Fleming (1882) como "la sustancia que constituye los núcleos interfásicos y que muestra determinadas propiedades de tinción". Esta definición, al igual que la inicial de cromosoma es puramente citológica. Sin embargo, desde el punto de vista genético, tanto la cromatina como el cromosoma son el material genético organizado.

LOS CROMOSOMAS

Se denomina cromosomas a las **estructuras altamente organizadas del interior de las células biológicas**, compuestas por ADN y otras proteínas, y en donde reside la mayor parte de la información genética de un individuo. Tienen una forma definida de X, que es perfectamente observable durante las etapas de división o replicación celular (meiosis o mitosis).

Cada cromosoma presenta una forma y un tamaño característicos, y **se encuentran en pares**, por lo general, en idéntico número para todos los individuos de una misma **especie**. Dependiendo de la cantidad de cromosomas que tengan (carga cromosómica), las células puede ser diploides (2n) o haploides (1n). El número cromosómico de la especie humana son 46 pares.

Los cromosomas fueron **descubiertos en células vegetales a finales del siglo XIX** por los científicos Karl Wilhelm von Nägeli (Suiza) y Edouard Van Benenden (Bélgica), de manera independiente, y su nombre proviene justamente de las tinturas empleadas para poder observarlos (del griego: *chroma*, "color", y *soma*, "cuerpo").

Pero hasta el siglo XX no se comprendió el rol de los cromosomas en la herencia y la transmisión genética: hubo que esperar por las leyes de Mendel y las primeras **investigaciones** sobre el **ADN**.

En las células de los seres eucariotas (o sea, provistas de **núcleo celular**), los cromosomas están constituidos por cromatina, la sustancia que conforman el ADN, ARN y otras proteínas, algunas básicas llamadas histonas y otras no-histonas. Todo ello compone nucleosomas, formando grupos inactivos de ADN que conforman los propios cromosomas.

1. Estructura de un Cromosoma

Estructura "macroscópica" o citológica de un cromosoma eucarionte Cuando la célula no está en división la cromatina se observa como "laxa" y hasta "desordenada". No obstante, a medida que progresa el ciclo celular este material se condensa o se compacta y permite la visualización de las estructuras cromosómicas que son descritas por los citólogos.

La estructura de un cromosoma tiene las siguientes partes:

a. El centrómero:

Durante la metafase de la división celular cada cromosoma se observa como compuesto por un par de "cromátidas" cilíndricas que están unidas entre sí gracias a una estructura conocida como centrómero.

El centrómero es una parte muy importante de los cromosomas, pues es el sitio al cual se **une el huso mitótico durante la división**. Esta unión permite que las cromátidas que están unidas a través del centrómero sean separadas, proceso después del cual se conocen como "cromosomas hijas".

El centrómero consiste en un **complejo de proteínas y ADN que tiene forma de “nudo”** y su ubicación a lo largo de la estructura de una cromátida influye directamente en la morfología de cada cromosoma durante la división nuclear.

En una región especializada del centrómero se encuentra lo que los científicos conocen como el **cinetocoro**, que es el sitio particular donde el huso mitótico se une para separar a las cromátidas hermanas durante la división celular.

b. Los brazos:

La posición del centrómero, además, determina la existencia de dos brazos: uno corto o pequeño (p) y otro de mayor tamaño (q). En vista de que la posición de los centrómeros es prácticamente invariable, los citólogos hacen uso de la nomenclatura “p” y “q” durante la descripción de cada cromosoma.

c. Los telómeros:

Estas son secuencias de ADN especializadas que “protegen” los extremos de cada cromosoma. Su función de protección consiste en prevenir que distintos cromosomas se unan entre sí a través de sus extremos.

Gran atención ha recibido estas regiones de los cromosomas, pues los científicos consideran que las secuencias teloméricas (donde el ADN forma unas estructuras un tanto más complejas que una doble hélice) influyen en la actividad de los genes circundantes.

2. Tipos de cromosomas según su ubicación del centrómero

El centrómero es una porción de los cromosomas que contiene una combinación de proteínas y ADN bastante compleja y que tiene una función primordial durante la división celular, pues se encarga de “asegurarse” que ocurra el proceso de segregación de los cromosomas.

De acuerdo con la ubicación estructural de dicho “complejo” (el centrómero), algunos científicos han clasificado a los cromosomas en 4 categorías, a saber:

a. Cromosomas metacéntricos:

Son aquellos cromosomas cuyo centrómero se encuentra en posición central y divide al cromosoma en 2 brazos iguales

b. Cromosomas submetacéntricos:

Son aquellos cromosomas cuyo centrómero está alejado ligeramente del punto central, de tal

forma que las cromátidas poseen brazos ligeramente desiguales.

c. Cromosomas acrocéntricos:

Aquellos cromosomas cuyo centrómero se halla casi en el extremo del cromosoma, de tal manera que las cromátidas presentan brazos muy desiguales y los brazos cortos presentan los satélites. En el cariotipo humano corresponden a los cromosomas 13, 14, 15, 21, 22.

d. Cromosomas telocéntricos:

Aquellos cromosomas en donde el centrómero se encuentra a la altura del telómero, por lo tanto, no existe en la cromátida el brazo corto. Estos cromosomas no se encuentran en el cariotipo humano.

EL CARIOTIPO HUMANO

Es el conjunto de cromosomas que presentan las células de un individuo; es decir, la constitución cromosómica de un individuo, tomando en cuenta la forma y tamaño de los cromosomas.

Un idiograma, es la representación esquemática del tamaño, forma y patrón de bandas de todo el complemento cromosómico, los cromosomas se sitúan alineados por el centrómero, y con el brazo largo siempre hacia abajo.

Los grupos que comprende el cariotipo humano son los siguientes:

- **Cromosomas grandes**

Grupo A: (cromosomas 1, 2 y 3), meta y submetacéntricos

Grupo B: (cromosomas 4 y 5), submetacéntricos

- **Cromosomas medianos**

Grupo C: (cromosomas 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y además los cromosomas X), submetacéntricos

Grupo D: (cromosomas 13, 14 y 15) acrocéntricos

- **Cromosomas pequeños**

Grupo E: (cromosomas 16, 17 y 18) submetacéntricos

Grupo F: (cromosomas 19 y 20) metacéntricos

Grupo G: (cromosomas 21 y 22) acrocéntricos
Por acuerdo los cromosomas sexuales X e Y se separan de sus grupos correspondientes y se ponen juntos aparte al final del cariotipo.

1. CARIOTIPO EUPLOIDE

Se llama así cuando el número cromosómico de un individuo, así como la morfología de los cromosomas corresponde al de la especie.

Los cariotipos los podemos clasificar en haploides, diploides y poliploides

- **Cariotipo haploide**

Se refiere a la presencia de un solo juego de cromosomas.

- **Cariotipo diploide**

Se refiere a la presencia de dos juegos de cromosomas. Condición que se observa en la mayoría de los animales.

- **Cariotipo poliploide**

Se refiere a la presencia de tres o más juegos de cromosomas. En la poliploidía cada cromosoma puede estar representado tres, cuatro, seis o más veces, siendo respectivamente triploide, tetraploide, hexaploide, etc.

2. CARIOTIPO ANEUPLOIDE

Se llama así cuando el número cromosómico de un individuo no corresponde al número de la especie, sino que ha sido alterado. En algunos casos existe menos cromosomas, alteración conocida como monosomía; en otros casos, hay mayor número de cromosomas en el cariotipo, alteración conocida como trisomía. Ello puede ocurrir en los cromosomas somáticos o autosómicos o en los cromosomas sexuales o alosómicos.

Son más comunes en el hombre las anomalías cromosómicas llamadas aneuploidías. Que consisten en la ausencia de cromosomas o la presencia de más cromosomas. Un individuo con un cromosoma adicional, que tiene tres cromosomas del mismo tipo, recibe el nombre de trisómico. Los individuos que carecen de un cromosoma se denominan monosómicos.

La causa principal de las trisomías y monosomías en la no disyunción cromosómica durante la meiosis. La no disyunción puede ocurrir en la meiosis I o en la meiosis II. La no disyunción es la no separación de cromosomas que conlleva a un reparto desigual de cromosomas dando como consecuencia gametos anómalos.

LA GENETICA

La herencia genética es el conjunto de mecanismos de transmisión de caracteres de un

individuo a su descendencia regidos por las leyes del código genético.

La Genética es la ciencia que estudia la transmisión, expresión y evolución de los genes, segmentos de ADN, que controlan el funcionamiento, el desarrollo y la apariencia final de los organismos.

El carácter hereditario es una característica morfológica o fisiológica que se transmite a la descendencia, como el color de los ojos, el color de pelo o la estatura.

Un **GEN** es un fragmento de ADN que determina un carácter hereditario. Al Gen se le representa con una letra mayúscula o minúscula. Si es letra mayúscula será el gen dominante y si es letra minúscula el gen recesivo

Los **genes alelos** son las variantes de un Gen que se denominan genes alelos o alelos. Los genes alelos son las variantes de un gen que controlan las diversas expresiones para un determinado carácter.

Nuestras células somáticas portan 2 alelos para cada carácter los cuales pueden ser iguales (**homocigoto** AA, aa) llamado también raza pura, o distinto (**heterocigoto** Aa, Aa) llamado también híbrido.

El **genotipo** es el conjunto de genes que un individuo hereda de sus progenitores, mientras que el **fenotipo** es el conjunto de caracteres que manifiesta un organismo.

LAS LEYES DE MENDEL

El monje austríaco **Gregorio Mendel** (1822-1884), en 1866, publicó los resultados de sus experimentos demostrando que la herencia biológica era un hecho explicable y predecible a través de una serie de leyes. Esta publicación pasó totalmente desapercibida. Sin embargo, el descubrimiento de los cromosomas y su comportamiento durante la división celular, a finales del siglo XIX, así como la mayor utilización de las Matemáticas en los trabajos de Biología, propiciaron que, en 1.900, volvieran a salir a la luz las leyes de Mendel.

Mendel controló que las plantas sobre las que comenzó a llevar su estudio fuesen líneas puras para los caracteres estudiados, esto quiere decir que las sucesivas generaciones obtenidas por autofecundación siempre eran constantes y semejantes a los progenitores. Una vez

controlado este aspecto, Mendel podía llevar a cabo fecundación cruzada entre varias líneas puras, es decir, colocar sobre el estigma de las flores de una línea pura el polen de otra. Dado que las plantas del guisante son autógamias, Mendel evitaba la autofecundación, cuando el experimento lo requería, cortando los estambres antes de que estuviesen maduros; así sólo el polen seleccionado por él podía fecundar al óvulo de la flor elegida. Estas circunstancias le permitieron obtener un conjunto de resultados que ponían de manifiesto que la herencia biológica seguía unas leyes. Las Leyes de Mendel, son las siguientes

a. LEY DE LA UNIFORMIDAD.

La **1ª ley de Mendel** o ley de la uniformidad indica que cuando se cruzan dos líneas puras que difieren en un determinado carácter, todos los individuos de la **F1** presentan el mismo fenotipo independientemente de la dirección de cruce. Mendel cruzó plantas de dos líneas puras, la denominada **generación parental o P**, unas que tenían semillas de color amarillo con otras que tenían color verde.

La descendencia obtenida de estos cruces presentó en todos los casos las semillas de color amarillo. Constituía la **primera generación filial o F1** que, por tratarse de descendientes de dos líneas puras, Mendel los llamó también híbridos. Al carácter que se manifiesta en los híbridos de la F1 lo denominó dominante y al que no se manifiesta lo llamó recesivo.

b. LEY DE LA SEGREGACIÓN.

La **2ª ley de Mendel** o ley de la segregación dice que los caracteres recesivos enmascarados en la F1 heterocigoto, resultante del cruzamiento entre dos líneas puras (homocigotas), reaparecen en la **segunda generación filial o F2** en una proporción de 3:1 debido a que los miembros de la pareja alélica del heterocigoto se segregan sin experimentar alteración alguna durante la formación de los gametos.

Tras obtener la F1, Mendel dejó que las plantas de esta generación se auto fecunden, obteniendo una generación F2 donde aparecían plantas con semillas de color amarillo y plantas con semillas de color verde (el carácter recesivo volvía a surgir); pero el número de plantas de uno y otro color de la semilla no era similar. Mendel obtuvo una proporción de 3:1 a favor de las plantas con semillas de color amarillo.

c. LEY DE LA COMBINACIÓN O DISTRIBUCION INDEPENDIENTE.

Según la **3ª ley de Mendel** o ley de la combinación independiente o de la distribución independiente de los factores, los miembros de parejas alélicas diferentes se segregan o combinan independientemente unos de otros cuando se forman los gametos.

Una vez comprobado cómo se heredan las variables de un solo carácter, Mendel estudió la herencia simultánea de dos caracteres diferentes, tales como el color de la semilla (amarillo o verde) y el aspecto de ésta (lisa o rugosa). Para ello cruzó dos líneas puras, una de plantas con semillas amarillas y lisas y otra cuyas semillas eran verdes y rugosas. Las plantas obtenidas en la F1 presentaban todas semillas amarillas y lisas, con lo que se seguía cumpliendo la 1ª ley para cada carácter. Por otro lado, los resultados indicaban que tanto el carácter amarillo como el liso eran dominantes mientras que los caracteres verde y rugoso eran recesivos.

La autofecundación de las plantas de la F1 proporcionó una generación F2 constituida por las cuatro combinaciones posibles para los caracteres estudiados: semillas amarillas y lisas, amarillas y rugosas, verdes y lisas y verdes y rugosas, con unas proporciones respectivas de 9:3:3:1. Considerados de forma independiente, cada carácter seguía presentándose en una proporción 3:1, es decir, se cumplía la ley de la segregación. Por otro lado, en la F2 habían aparecido combinaciones que no estaban presentes ni en la P ni en la F1, lo cual implicaba que los caracteres color y aspecto de las semillas se habían transmitido de forma independiente.

EL CICLO CELULAR

1. Definición: Es una secuencia ordenada de acontecimientos, donde primero duplican su contenido y luego se dividen para repartirlas de manera equitativa hacia las células hijas.

2º. Períodos: De acuerdo al tipo de célula, son:

En procariontes: crecimiento y división celular directa (por fisión binaria).

En eucariontes: el ciclo celular se diferencia en dos etapas: una inicial de larga duración, en que la célula presenta núcleo, denominada **interfase** (consta de tres fases G1, S y G2), y una final corta, en la que se observa cromosomas, denominada **división celular** indirecta, en la que se genera dos células hijas. Su regulación del

ciclo celular, depende de la fase del ciclo, y se clasifican como:

ciclinas (D, E, A, B) o como **quinasas dependientes de ciclinas** (CDK 4, 6, 2, 1), las cuales forman complejos que poseen actividad enzimática.

En las especies eucariotas pluricelulares se pueden distinguir dos tipos de células:

las **células diploides**, que son las que tienen dos juegos de cromosomas, y se simbolizan como células **2n**, y las **células haploides**, que son las que tienen un solo juego de cromosomas, y se simbolizan como células **n**. Por ejemplo, en el cuerpo humano está conformado por **células somáticas**, que tienen 46 cromosomas, mientras que las células haploides que son los que sirven para generar nuevos individuos se denominan **células reproductoras**, tienen 23 cromosomas.

a. Interfase:

Es el periodo que se presenta entre una mitosis y otra mitosis o entre una meiosis y otra meiosis. Y presenta tres etapas **G1**, **S** y **G2**.

Fase G1. Es la primera etapa de la interfase, se inicia después de la mitosis y termina cuando se inicia la etapa S. La duración de esta etapa es muy variable, llegando incluso a durar un día, un mes, un año o más (es la de mayor duración). Sus eventos son los siguientes:

- ❖ Aumento del tamaño celular de las células hijas postmitóticas pequeñas en relación a la célula madre.
- ❖ Duplicación de organelos, ya que estos se repartieron equitativamente entre ambas células hijas.
- ❖ Síntesis de ARN, proteínas y enzimas que participan en la autoduplicación del ADN, por lo tanto, es la etapa de mayor actividad biosintética.

Fase S. Se denomina S por llevarse a cabo la **síntesis** del ADN (replicación del ADN). Los últimos estudios señalan la presencia de un punto **R** o de **restricción**, que cuando la célula la supera inicia la fase S. Sus eventos son los siguientes:

- ❖ En esta fase ocurre la síntesis de ADN, por lo tanto, se duplica la cromatina y con ella las histonas (2c a 4c).
- ❖ Aquí también se produce la duplicación del centrosoma (centriolos).
- ❖ Es la etapa de mayor actividad biosintética.
- ❖ Dura de 6 a 8 horas.

Fase G2. Se inicia al culminar la etapa S y finaliza cuando se inicia la mitosis. Al

terminar esta etapa la célula está lista para iniciar la mitosis o la meiosis según fuera el caso. Sus eventos son los siguientes:

- Las células se preparan para la división celular.
- Se corrigen los errores de la etapa S (reparación del ADN).
- Se sintetizan proteínas útiles para la división, como la tubulina.
- Se acumula energía que será utilizada en la división celular.
- Dura de 4 a 5 horas.

b. División celular o fase M

Está representada por la mitosis y la meiosis. En ambos tipos de reproducción se presenta dos procesos importantes que son:

- **Cariocinesis.** Considerado como el primer proceso de la división celular, en la que el núcleo se divide en dos, permitiendo la repartición del material genético, a las dos células hijas, en cantidades iguales. Presenta profase, prometafase, metafase, anafase y telofase.
- **Citocinesis o citodieresis.** Considerado como el segundo proceso en la división celular, en la que el citoplasma de la célula se estrangula para darnos dos células hijas, permitiendo la repartición del material citoplasmático.

Hay dos tipos de mitosis, una que se realiza en las células animales denominada **astral**, por presentar centrosomas y otra en las células vegetales, llamada **anastral**, por carecer de centrosomas.

PREGUNTAS RESUELTAS

1. Al término de la mitosis, el número de cromosomas:
 - a) Se duplica
 - b) Se reduce a la mitad
 - c) Se mantiene constante**
 - d) Aumenta en 48
 - e) Se reduce a 22

RESPUESTA: LETRA c: Al término de la mitosis se forman 2 células hijas cada una con el mismo número de cromosomas que la célula madre, es decir se mantiene constante.

2. En el ciclo celular, el periodo G1, es llamado también:
 - a) Máxima actividad celular
 - b) Pre síntesis de ADN**
 - c) Post síntesis de ADN
 - d) Síntesis de ADN
 - e) Latencia

RESPUESTA: LETRA b: El periodo G1 de la interfase es llamado post mitótica o de Pre síntesis de ADN.

3. La formación del huso acromático es un evento que ocurre en:

- a) **Profase**
- b) Metafase
- c) Anafase
- d) Telofase
- e) Citocinesis

RESPUESTA: LETRA a: La profase es la primera etapa de la fase de división en la que ocurre entre otras, la formación del huso acromático.

4. La descondensación de los cromosomas y la formación de las nuevas membranas nucleares de las células hijas, se realizan en

- a) Metafase
- b) **Telofase**
- c) Anafase
- d) Interfase
- e) Profase

RESPUESTA: LETRA b: En la telofase, ocurre la descondensación de los cromosomas para constituir la cromatina.

5. Presenta el cariotipo 45, X0:

- a) Síndrome de Down
- b) Síndrome de Klinefelter
- c) Síndrome de Patau
- d) Síndrome de Edwards
- e) **Síndrome de Turner**

RESPUESTA: LETRA e: El síndrome de Turner es una monosomía al cual le falta un cromosoma sexual X, cuyo cariotipo es 45,X0

PREGUNTAS PROPUESTAS

6. De los cromosomas, marque la respuesta incorrecta:

- a) Está constituida por ADN e histonas
- b) Se forma por condensación de la cromatina
- c) Su número varía según la especie
- d) **Las cromátidas están unidas por el telómero**
- e) La célula humana presenta 46 cromosomas

7. Sobre los cromosomas, es falso:

- a) Anafásicos = presenta una cromátida
- b) Acrocéntrico = presenta satélites
- c) Cromosoma X = Sub metacéntricos
- d) **Cromosoma Y = telocéntrico**
- e) Metafásicos = cromosomas con 2 cromátidas

8. Las _____ suelen ser el resultado de una división celular anormal causada por la _____.

- a) Aneuploidias – constricción secundaria
- b) **Aneuploidias – no disyunción cromosómica**
- c) Poliploidias – no disyunción cromosómica
- d) Aneuploidias – sinapsis
- e) Euploidias – constricción primaria

9. Es una enfermedad ligada a cromosoma sexual X.

- a) Síndrome de Down
- b) Hipertricosis auricular
- c) Daltonismo
- d) Calvicie
- e) Síndrome de Edwards

10. Si en el ser humano se produce la siguiente alteración cromosómica 46 + 1; se trata de una:

- a) Monosomía
- b) Poliploidía
- c) **Trisomía**
- d) Triploidía
- e) Monoploidía

11. Una trisomía es consecuencia de la unión:

- a) Un gameto normal (n) con uno anormal (n-1)
- b) Un gameto anormal (n+1) con uno anormal (n-1)
- c) **Un gameto normal (n) con uno anormal (n+1)**
- d) Un gameto normal (n) con uno normal (n)
- e) Un gameto anormal (n+1) con uno anormal (n+1)

12. Si una especie animal, los gametos tienen 20 cromosomas; un individuo que presenta 41 cromosomas, tendrá una:

- a) Poliploidía
- b) Monosomía
- c) Monoploidía
- d) **Trisomía**
- e) Triploidía

13. La ausencia de un cromosoma sexual en un cariotipo humano es

- a) Hiperploidía
- b) Monosomía somática
- c) Polisomía sexual
- d) Trisomía autosómica
- e) **Monosomía sexual.**

14. Periodo donde una célula pierde la capacidad de división y adquiere características de célula adulta:

- a) Periodo G2
- b) **Periodo G0**
- c) Interfase
- d) Periodo G1

- e) Periodo S
15. Sobre la etapa de la interfase, marque la respuesta correcta:
- Periodo G₂: reactiva la transcripción y la traducción
 - Periodo S: duplicación de centriolos
 - Periodo G₁: de mayor variabilidad en el tiempo
 - Periodo S: duplicación del material genético
- La respuesta es:
- VVVV**
 - VVVF
 - VVFF
 - VFVF
 - FFFF
16. En la Interfase del Ciclo Celular, se observa las siguientes estructuras, excepto:
- Nucléolo
 - Carioteca
 - Carioplasma
 - Cromatina
 - Cromosomas**
17. Durante la _____ del ciclo celular _____:
- interfase – se produce la cariocinesis
 - Fase G₁ – se duplica los organelos**
 - Fase G₂ – el ADN empieza a sintetizarse
 - Fase S – las células se especializan
 - Fase S – se duplican los organelos
18. En la fase S de la _____ se duplica _____:
- Interfase – el número de cromosomas
 - División – número de células
 - Interfase – la cantidad de ADN**
 - Cariocinesis – los núcleos
 - Interfase – el número de cromatina
19. Las células resultantes de una división meiótica completa son:
- Haploides, con igual cantidad de ADN que la célula madre en G₁
 - Haploide, con la mitad de ADN que la célula madre en G₁**
 - Diploides, con la mitad de ADN que la célula madre en G₂
 - Diploides, con un cuarto de ADN que la célula madre en G₂
 - Diploides, con igual cantidad de ADN que la célula madre en G₁
20. Marque la opción correcta a las siguientes afirmaciones:
- La meiosis I es ecuacional y la meiosis II es reduccional
 - La mitosis solo ocurre en individuos con reproducción sexual
 - El crossing over es la única fuente de variabilidad en la mitosis
- d) La mitosis de una célula diploide genera dos células hijas diploides**
- e) La mitosis es una división reduccional
21. Si en el anafase mitótica dos cromátidas hermanas migran juntas hacia el mismo polo, entonces las células hijas tendrán:
- Igual número de genes que la célula madre.
 - Igual número de genes entre sí, pero diferente a la célula madre
 - Diferente número de genes entre sí, pero igual al de la madre
 - Diferente número de genes entre sí y diferente al de la célula madre**
 - No existe variación en el número de genes
22. No corresponde a la mitosis:
- Ocurre en células somáticas
 - Se observa en células diploides de organismos pluricelulares
 - Es un proceso más corto que la meiosis
 - Se reduce a la mitad el número de cromosomas.**
 - Al final se obtiene dos células hijas
23. En el ciclo celular, las células que tiene doble dotación de ADN, se hallan en el:
- Periodo G₁
 - Periodo S
 - Periodo G₂**
 - Periodo G₀
 - Periodo pre mitótica
24. Fase de la mitosis donde ocurre la desintegración del nucléolo y de la carioteca:
- Interfase
 - Profase**
 - Metafase
 - Anafase
 - Telofase
25. El Crossing Over es importante porque:
- Permite la regeneración celular
 - Permite la reparación de los tejidos
 - Permite la variabilidad genética**
 - Permite la reproducción celular
 - Permite el crecimiento celular
26. Sobre la Profase I de la meiosis, relacione lo siguiente:
- Cigonema
 - Paquinema
 - Diplonema
 - Leptonema
- Recombinación génica
 - Cromosomas delgados
 - Sinapsis de cromosomas
 - Formación de quiasmas
- La respuesta es:
- IC, II,A, IIID, IVB**
 - IA, IIB, IIIC, IVD

- c) IB, IIA, IIIC, IVD
 d) ID, IIC, IIIB, IVA
 e) IC, IID, IIIB, IVA
27. No corresponde a la meiosis:
 a) Ocurre en células germinales
 b) La célula madre es diploide y las células hijas son haploides
 c) Se reduce a la mitad el número de cromosomas
d) Su material genético no sufre variación genética
 e) Al final se obtiene cuatro células hijas
28. Es falso sobre el anafase:
 a) Los cromosomas se separan en sus dos cromátidas
 b) Los cromosomas migran a los polos
 c) Los cromosomas son jalados por el huso acromático
d) Los cromosomas se descondensan en cromatina
 e) Se observa cromosomas simples
29. Son acontecimientos que ocurre durante la citocinesis, excepto:
 a) Separación del citoplasma
 b) La célula se estrangula en el plano ecuatorial
 c) Las proteínas contráctiles forman un surco
 d) Los núcleos hijos están formados
e) Condensación de cromatina
30. Una de las siguientes afirmaciones es falsa:
 a) Anafase: separación de las cromátidas
 b) En la mitosis los cromosomas son independientes
 c) La meiosis ocurre en células germinales
d) En la telofase se forma el huso acromático
 e) En la telofase ocurre la citocinesis
31. Respecto a la meiosis:
 I. Cigonema: Crossing Over
 II Diplonema : apareamiento de cromosomas homólogos
 III Profase II: recombinación génica
 IV. Anafase II: separación de cromosomas homólogos
 La respuesta es
 a) VVVV
 b) VVVF
 c) VVFF
 d) VFFF
e) FFFF
32. Fase de la mitosis en donde ocurre el fenómeno de disyunción y citocinesis respectivamente:
 a) Profase – Telofase
 b) Telofase – Anafase
 c) Anafase – Metafase
 d) Interfase – Anafase
e) Anafase – Telofase
33. En la Mitosis, la Profase se caracteriza porque:
 a) Los cromosomas se dividen en dos cromátidas hijas
b) La cromatina se condensa y forma cromosomas
 c) Los cromosomas se ubican en la zona ecuatorial
 d) Los cromosomas migran a los polos
 e) Los cromosomas presentan una sola cromátida
34. En la telofase de la Mitosis, la membrana nuclear se reconstituye a partir de las membranas de:
 a) Envoltura citoplasmática
 b) Aparato de Golgi
c) Retículo Endoplasmático
 d) Ribosomas
 e) Mitocondrias
35. Cuando el fenómeno de la meiosis termina, se ha originado células
a) Con la mitad del número de cromosomas
 b) De menor tamaño que el normal
 c) Con la cuarta parte del número de cromosomas
 d) De mayor tamaño que el normal
 e) Con el doble del número de cromosomas.
36. El corpúsculo de Barr, propia de las células femeninas, se observa en la:
 a) Profase
 b) Metafase
 c) Anafase
d) Interfase
 e) Telofase
37. La primera división de la meiosis debe ser reduccional para permitir:
 a) El cruzamiento de las cromátidas homólogas
 b) La formación de células sexuales maduras
 c) El fenómeno denomina Crossing – Over
 d) La formación de las tétradas
e) La formación de gametos haploides
38. Durante el ciclo celular podemos afirmar que la etapa G_1 tiene comparada con la etapa G_2 :
 a) Igual cantidad de cromosomas e igual cantidad de ADN
b) Igual cantidad de cromosomas y la mitad de cantidad de ADN
 c) Igual cantidad de ADN y la mitad del número de cromosomas
 d) La mitad de la cantidad de ADN y de cromosomas
 e) Igual cantidad de cromosomas y el doble del contenido de ADN

39. El evento básico y fundamental que garantiza el resultado de la división mitótica es la :
- División del nucléolo
 - Duplicación de las proteínas
 - Duplicación de las membranas
 - Condensación de los cromosomas
 - Replicación del ADN**
40. La mitosis a diferencia de la meiosis en que:
- Forma células con 2n de cromatina**
 - Forma células con 4n de cromatina
 - Forma células con 3n de cromatina
 - Forma células con 5n de cromatina
 - Forma células con n de cromosomas.
41. Son características de la meiosis, excepto:
- La meiosis I es reduccional
 - Los cromosomas entran en sinapsis y forman quiasmas
 - Da lugar a 4 productos celulares
 - El número de cromosomas en la división se reduce.
 - Se presenta sólo en células somáticas**
42. Si el número cromosómico de la especie humana es 46, entonces:
- El espermatozoide y el ovulo contiene 46 cromosomas cada uno
 - El espermatozoide contiene 46 cromosomas en los individuos parecidos al padre
 - El espermatozoide y el ovulo contienen 23 cromosomas cada uno**
 - El espermatozoide contiene un número variable de cromosomas dependiendo del individuo
 - El espermatozoide no contiene cromosomas
43. Sobre la mitosis, señale cuál de las siguientes proposiciones es verdadera (V) o falsa (F)
- () Se duplican los cromosomas
 () Las fibras del huso acromático se unen a los cromosomas
 () Se conserva el número de cromosomas
 () Las células hijas tienen el mismo volumen que la célula madre
- VVVV
 - VVVF
 - FVVF**
 - FFVF
 - VFVF
44. En la división meiótica I se separan _____ y en la meiosis II _____ :
- Los cromosomas homólogos – las cromátidas hermanas**
 - Los cromosomas homólogos – los cromosomas bivalentes
 - Las cromátidas del cromosoma homólogo – las cromátidas hermanas
 - Las mitocondrias – los cloroplastos
- e) Los cromosomas univalentes – los cromosomas bivalentes
45. Respecto a los genes recesivos, indicar la respuesta correcta:
- Se expresan en condición heterocigoto
 - Se originan por mutación de los genes dominantes
 - Se expresan solo en condición homocigoto**
 - Generalmente expresan caracteres deletéreos
 - Su expresión es manifiesta por los genes dominantes
46. Es falso sobre la herencia:
- Homocigota: raza pura
 - Heterocigoto: híbrido, se expresa el gen dominante
 - Herencia dominante: expresión del gen dominante
 - Herencia recesiva: se expresa como heterocigoto**
 - Herencia codominante: dominancia intermedia
47. Es falso de las leyes de Mendel:
- 1ra Ley: Uniformidad de caracteres
 - 2da Ley: Segregación de caracteres
 - 3ra Ley: Independencia de caracteres
 - 1ra Ley: Cruce de razas puras
 - 3ra Ley: Referida a un solo carácter**
48. El resultado de la interacción entre los genes de un individuo y el ambiente en que se desarrolla se denomina:
- Holotipo
 - Cariotipo
 - Idiotipo
 - Fenotipo**
 - Genotipo
49. En un par de canes de raza Bull Mastin el macho es grande y de color blanco cuyo genotipo es (GGnn), la hembra es baja de color negro y su genotipo es (ggNN) ¿cuál es el fenotipo de la primera generación?:
- 75% son grandes y negros
 - 25% son bajos y grises
 - 100% son bajos y blancos
 - La mitad son grandes y blancos
 - 100% son grandes y negros.**
50. Para que un niño tenga grupo sanguíneo O. ¿Cuál de los siguientes fenotipos es posible encontrar en los padres?:
- Padre A(heterocigoto) y madre O (
 - Padre AB y madre O
 - Padre O y madre O
 - Padre A y madre AB

La respuesta es:

- a) I y II
 b) Solo III
 c) I, II y III
d) I y III
 e) I, III y IV
- 51.Cuál es la probabilidad de obtener un descendiente hemofílico del matrimonio entre una mujer portadora y un varón sano:
 a) $\frac{1}{2}$
 b) $\frac{2}{4}$
 c) $\frac{1}{3}$
d) $\frac{1}{4}$
 e) $\frac{3}{4}$
52. Del cruce de $X^D Y$ con $X^d X^d$, los hijos varones son:
 a) 50% son daltónicos
 b) 75% son daltónicos
c) Todos son daltónicos
 d) 25% son sanos
 e) 50% son sanos.
53. Si mi grupo de sangre es AB igual al de mi esposa. ¿Cuál es la probabilidad de que mis hijos tengan el grupo sanguíneo de su madre?
 a) $\frac{1}{2}$
 b) 0
 c) $\frac{1}{4}$
 d) $\frac{1}{16}$
 e) $\frac{3}{4}$
54. Si un hombre cuyo tipo de sangre es B pero que su padre era tipo O, se casa con una mujer cuyo tipo de sangre es AB. Diga cual es el porcentaje teórico de que sus hijos tengan sangre tipo B.
 a) 0%
 b) 25%
c) 50%
 d) 75%
 e) 100%.
- 55.Cuál es la probabilidad de que un matrimonio, conformado por un hombre daltónico y una mujer de visión normal, pero portadora, tenga hijos varones que sean daltónicos.
 a) 75%
b) 50%
 c) 100%
 d) 25%
 e) 0%.
56. La hemofilia se manifiesta por la acción de genes recesivos ubicados en cromosomas sexuales. Cuando se nombra el fenotipo "sana portadora" es porque sus genes alelos son:
 a) Homocigoto recesivo
b) Heterocigoto
 c) Homocigoto dominante
 d) Codominante
 e) Homocigoto.
57. Cuando se cruza una planta de flores rojo (AA) con una de flores blancas (aa), ambas de razas pura, se obtendrá:
 a) 100 % de flores blancas
 b) 100 % de flores rosadas
 c) 100 % de flores jaspeadas
d) 100 % de flores rojas
 e) 50% de flores rojas, 50% de flores blancas
58. Si se cruzan dos individuos con genotipos AA y Aa, se obtendrá:
a) $\frac{2}{4}$ de AA y $\frac{2}{4}$ de Aa
 b) $\frac{4}{4}$ de AA
 c) $\frac{3}{4}$ de AA y $\frac{1}{4}$ de Aa
 d) $\frac{1}{4}$ de AA y $\frac{3}{4}$ de Aa
 e) $\frac{4}{4}$ de Aa
59. Un hombre de grupo sanguíneo A (homocigoto) se casa con una mujer grupo O. Luego su hija se casa con un hombre O homocigoto, sus nietos de la familia serán:
 a) 100 % O
b) 50 % O y 50 % A
 c) 75 % A y 25 % O
 d) 100 % A
 e) 75% O y 25% A
60. Una pareja tiene dos hijos, uno de ellos pertenece al grupo sanguíneo AB, mientras que el otro pertenece al grupo sanguíneo O. Indique qué grupo sanguíneo tienen los padres:
 a) Ambos son del grupo AB
 b) O y A homocigoto
c) A y B heterocigotos
 d) O y B heterocigoto
 e) O y AB
61. El pelo moteado de un conejo es su _____; su condición heterocigoto es el _____, el cual se representa como _____:
a) Fenotipo – genotipo – Aa
 b) Genotipo – fenotipo – Aa
 c) Fenotipo – híbrido – AA
 d) Híbrido – genotipo – aa
 e) Raza pura – genotipo – AA