

O CICLO CELULAR

O ciclo celular é o conxunto de procesos que acontecen dende que unha célula se divide ata que unha das súas células fillas se volve dividir.

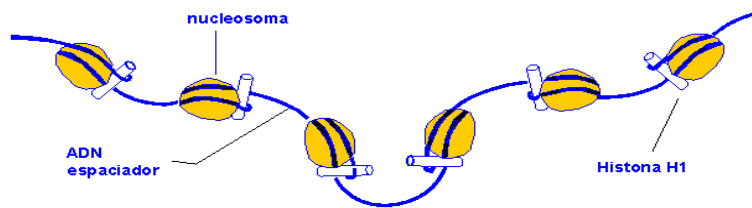
O ciclo celular divídese en dúas etapas: **etapa de crecemento ou interfase** e **etapa de división celular**.

- Etapa de crecemento ou interfase:

Ocupa a maior parte do ciclo celular. Nesta etapa teñen lugar os seguintes procesos:

- As células aumentan de tamaño.
- As células cumpren as funcións que lles son propias.
- O ADN replícase.

Durante a interfase o ADN atópase asociado a proteínas formando a **cromatina**. Na cromatina a dobre hélice de ADN preséntase coma un fío que de cando en vez se enrola a proteínas, o cal lle dá un aspecto de “colar de perlas”, de feito dise que na cromatina o ADN ten **estrutura de colar de perlas**.



Esta estrutura de colar de perla ás súa vez aparece enmarañada, de tal xeito que cando se ve no microscopio parece un novelo de la (cast: ovillo de lana)

Nesta forma, a dobre hélice de ADN pode abrirse para realizar a transcrición, polo que **se poderán sintetizar proteínas**. Esta é a razón pola cal as células cumpren as labores que lles son propias durante a interfase.

- Etapa de división celular:

Nesta etapa inclúense 2 procesos: A división do citoplasma ou **citocinese** e a división do núcleo ou **mitose**.

OLLO!!! División celular e mitose non son sinónimos, a división celular inclúe á mitose (división do núcleo).

Durante a mitose, que inclúe varias fases, o ADN condénsese: a dobre hélice únese a outras proteínas e empaquétase de tal xeito que ocupa moito menos espazo. Ao facelo forma unhas estruturas con forma de “X” chamadas **cromosomas**.



Cando o ADN se atopa condensado formando cromosomas, atópase tan fortemente empaquetado que a dobre hélice de ADN non se pode abrir para realizar a transcrición, polo que **durante a división celular non se sintetizan proteínas e a célula non pode cumprir as funcións que lle son propias**.

O tamaño e a forma dos cromosomas, así coma o seu número, son característicos de cada especie. **A especie humana presenta 46 cromosomas**.

ESTRUTURA DUN CROMOSOMA

As principais partes dun cromosoma son:

- **Cromátidas:** Dúas estruturas alongadas (unha dereita e outra esquerda) unidas por un punto chamado **centrómero**. Xeralmente o centrómero atópase a media altura, pero pode situarse próximo aos extremos.

- **Cinetocoro:** Proteínas que se anclan a ambos lados do centrómero.

- **Telómeros:** Son os extremos das cromátidas; dous superiores e dous inferiores.

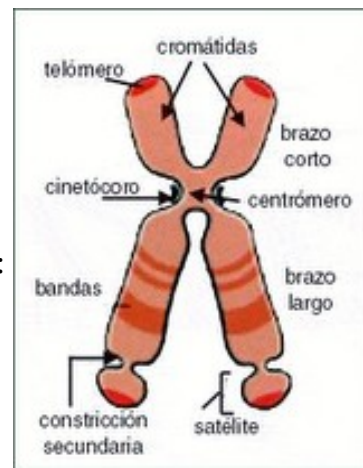
- **Brazos:** Estruturas alongadas que forman as cromátidas e que se atopan divididas polos centrómeros. Polo tanto un cromosoma normal presenta 4 brazos: 2 por riba do centrómero e outros dous por debaixo del.

- **Constricción secundaria:** Non sempre aparece. Estreitamento que aparece na cromátida. A constricción primaria sería o centrómero.

- **Satélite:** Non sempre aparece. Fragmento de cromosoma que queda entre unha constricción secundaria e o telómero (extremo) da cromátida. Xeralmente contén o ADN que conforma o nucleolo.

- **Bandas:** Para poder ver os cromosomas deben ser tinguidos con colorantes; de aí o seu nome, cromosoma significa corpo coloreado. Existen zonas nos que o ADN acada un maior grao de empacotamento, tingúndose máis intensamente e formando estas bandas.

As dúas cromátidas que conforman un cromosoma (unha esquerda e outra dereita) son idénticas en tamaño, forma e bandas, razón pola cal se denominan **cromátidas irmás**.



FASES DA MITOSE

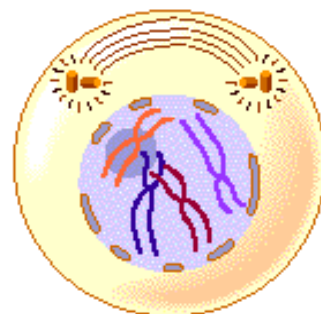
- PROFASE:

- A cromatina condénsase formando cromosomas.

- A membrana nuclear e o nucléolo desaparecen.

- Os centríolos, que ao igual que o ADN se duplicaron durante a interfase, móvense a polos opostos da célula.

- Entre os centríolos, a partir do citoesqueleto, fórmanse uns filamentos chamados **microtúbulos**. Todos estes filamentos reciben o nome de **Fuso acromático** e permitirán o desprazamento dos cromosomas durante a mitose.

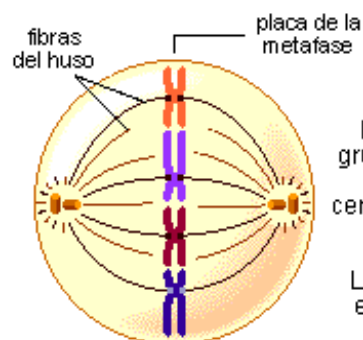


- METAFASE:

- Os cromosomas acadan o máximo grao de empacotamento. É cando mellor se ven.

- Algúns microtúbulos do fuso acromático atrapan aos cromosomas polos cinetocoros. Estes microtúbulos pasan a chamarse **microtúbulos cinetocóricos**.

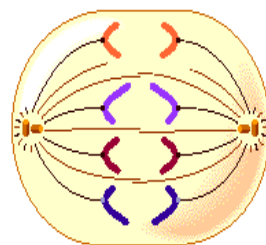
- Cando os microtúbulos cinetocóricos atrapan aos cromosomas, fórzanos a aliñarse no centro do fuso acromático (Cast: huso acromático) en posición perpendicular aos microtúbulos. Esta estrutura recibe o nome de **placa ecuatorial ou placa metafásica**.



- ANAFASE:

- Os microtúbulos cinetocóricos acúrtanse e tiran das cromátidas irmás en sentidos opostos, separándoas.

- Cada cromátide irmá pasa a chamarse cromosoma fillo e desprázanse cara polos opostos da célula.



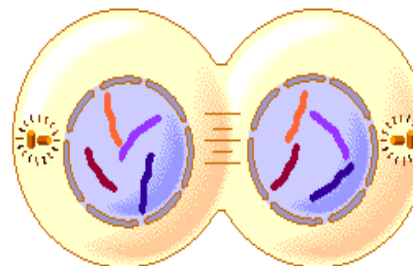
- TELOFASE:

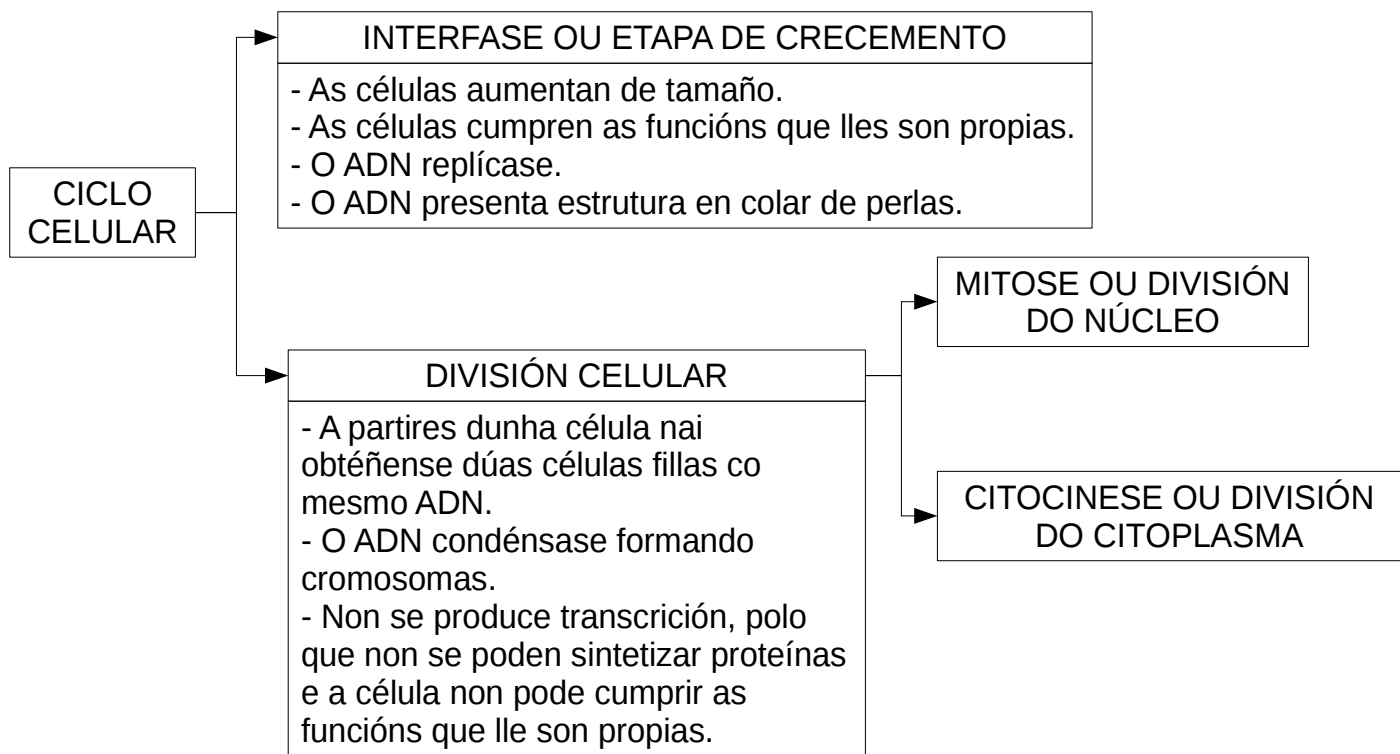
- As antigas cromátidas irmás (agora cromosomas fillos) sitúanse en extremos celulares opostos.

- Os cromosomas fillos comezan a descondensarse para dar lugar á cromatina.

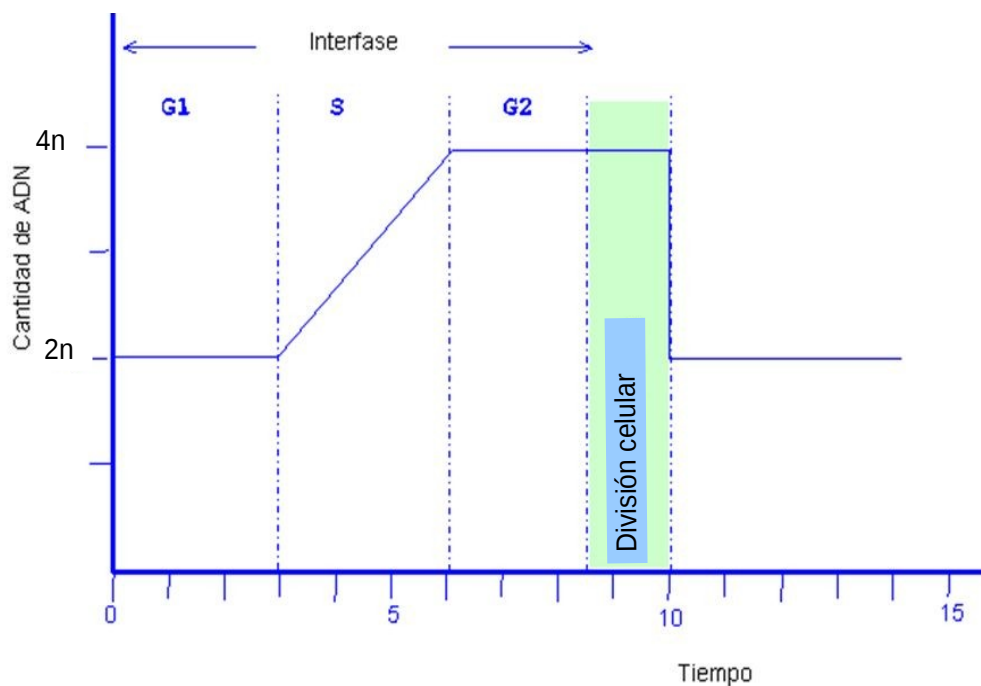
- O fuso acromático desaparece.

- Reaparecen o nucléolo e a membrana plasmática.





Exercicio 1- Na seguinte gráfica amósase a variación do contido de ADN ao longo do ciclo celular. Observaa e contesta ás seguintes cuestións.



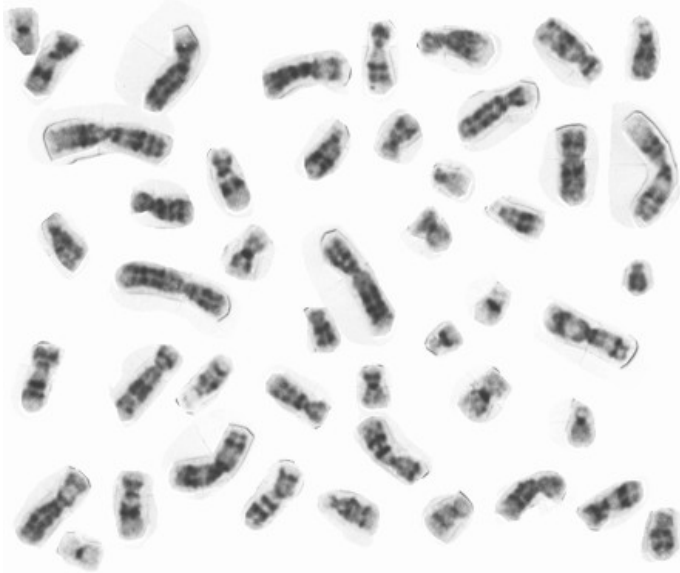
- Nesta gráfica, cantas unidades de tempo ocupa o ciclo celular? Cantas desas unidades de tempo se corresponden coa interfase e cantas coa división celular?
- Explica que sucede na fase que na gráfica ven marcada coa letra "S".
- Por que ao rematar a división celular a cantidade de ADN pasa de ser "4n" a "2n"?
- Que significa a "n"?

O CARIOTIPO

A especie humana presenta 46 cromosomas dispostos en 23 parellas. Os dous cromosomas dunha parella denomínanse **cromosomas homólogos** e son idénticos en forma, tamaño e disposición das bandas.

Existen 22 parellas nas que isto é así, son os chamados **autosomas**, e unha única parella na que os dous cromosomas homólogos non teñen por que ser iguais, son os chamados **cromosomas sexuais**, e denomínanse así porque determinan o sexo dos individuos: se os dous cromosomas sexuais son iguais (XX) trátase dunha muller, mentres que se son diferentes (XY) trátase dun home.

O conxunto de cromosomas de cromosomas dun individuo denomínase **cariotipo ou idiotipo**. Se ordeamos os cromosomas dun cariotipo por parellas de cromosomas homólogos en función do tamaño d, teremos un **cariograma ou idiograma**.



Cariotipo: Conxunto de cromosomas dun individuo

Cariograma: Conxunto de cromosomas dun individuo ordenados por parellas e en función do seu tamaño.

Cada cromosoma dunha parella de cromosomas homólogos presenta información para os mesmos caracteres, pero esta pode ser distinta en cada un deses dous cromosomas.

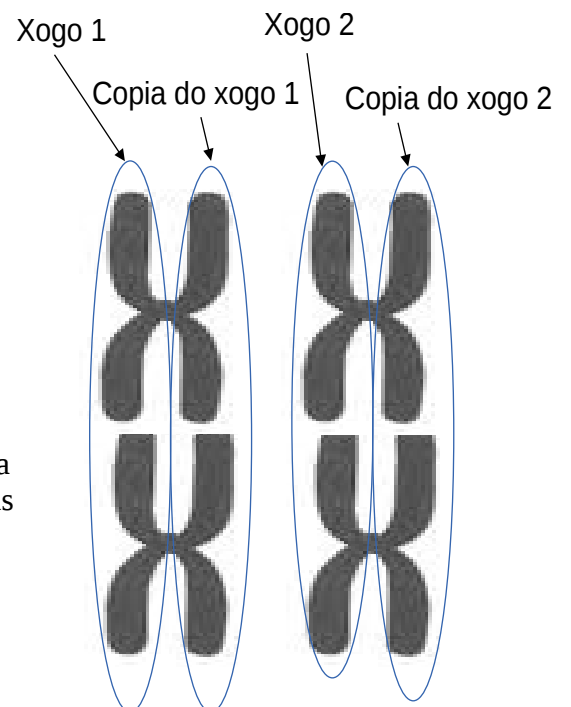
Por exemplo: Na parella de cromosomas homólogos 1, podemos ter información para a cor de ollos e cor de pelo. Iso quere dicir que os dous cromosomas conterán información para esas características, pero non teñen por que ter a mesma información. Un cromosoma pode determinar cor de ollos azuis e o outro cor de ollos marrón.

Isto repítese en tódalas parellas de cromosomas homólogos, polo que se collemos 1 cromosoma de cada unha das 23 parellas, poderíamos facer unha persoa cunhas determinadas características, mentres que se collemos os 23 restantes poderíamos facer outra persoa con outras características.

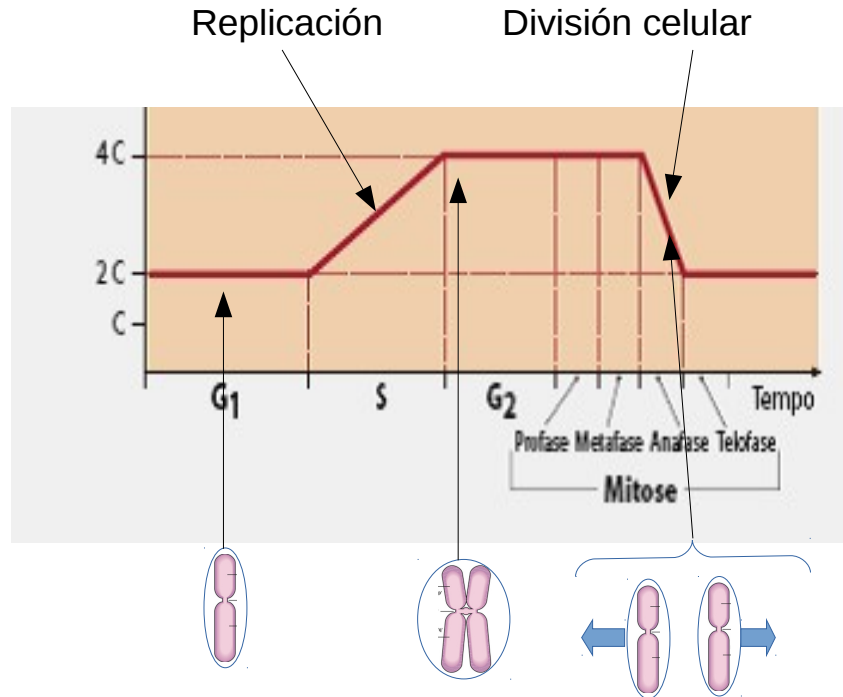
É dicir, **temos 2 xogos cromosómicos, é por iso se di que a nosa especie é diploide ou $2n$** , sendo “n” o número de parellas de cromosomas homólogos ($n=23$, logo temos 46 cromosomas en total). Existen **especies que só posúen un xogo cromosómico** e que polo tanto serán **haploides ou n**.

Ademais, cada cromosoma está formado por dúas cromátidas irmás. Estas dúas cromátidas son idénticas en todo, é dicir, conteñen a mesma información. Así, un cromosoma está formado por dúas copias da mesma información. Por iso cando vai comezar a división celular, temos 2 copias dos 2 xogos cromosómicos.

Ao remate da división celular, cada célula filla só posúe unha copia de cada xogo (1 cromátida de cada cromosoma) e durante a interfase, cando se produce a replicación, fórmase a outra copia.



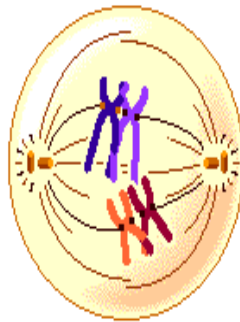
Así pois, se durante a interfase o ADN se mantivese en forma de cromosomas (recorda que ao remate da división celular os cromosomas se desempaquetan e o ADN pasa a ter forma de cromatina), durante a replicación, poderíamos ver como diante de cada cromátida se forma a súa cromátida irmá, a súa copia idéntica. Logo, na seguinte división celular, cada unha desta cromátidas irmás (copias) se irá a unha célula filla diferente.



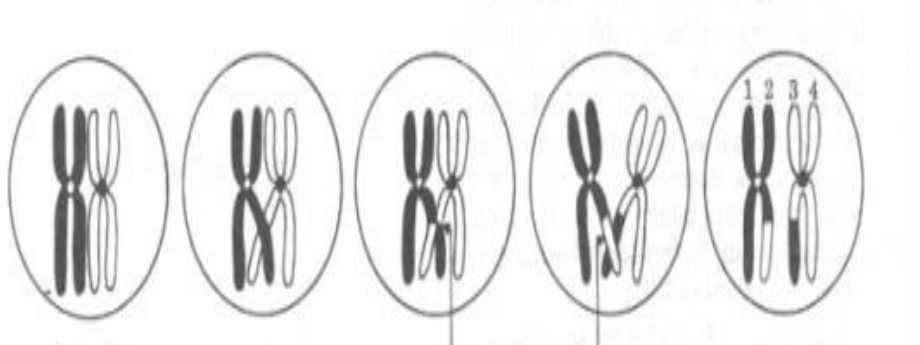
MEIOSE

- PROFASE I:

Condénsase o ADN e fórmanse os cromosomas, dúplícanse os centríolos e desaparece o nucléolo e a membrana nuclear. Ata aquí igual que na mitose, pero a diferenza do que sucede na profase mitótica, os cromosomas non se colocan individualmente, senón que se colocan en parellas de cromosomas homólogos. O proceso mediante o cal os cromosomas homólogos se unen durante a profase I denomínase **sináapse**.



Ao facer isto, nalgúns puntos prodúcese un contacto máis intenso, provocando que se intercambien fragmentos cromosómicos. Este proceso denomínase **sobrecruzamento**:



- METAFASE I:

É moi semellante á dunha división mitótica normal, pero dado que agora os cromosomas se atopan emparellados co seu cromosoma homólogo, na placa ecuatorial non imos a ter os cromosomas individuais, senon parellas de cromosomas homólogos.

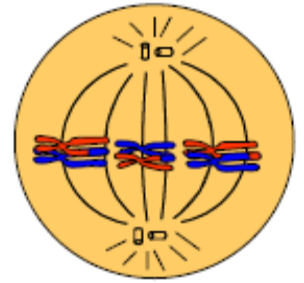


Fig. 10 Meiosis: Metafase I.

- ANAFASE I:

Como na placa ecuatorial temos parellas de cromosomas, agora non se separan cromátidas, senón cromosomas. É dicir, un cromosoma de cada parella viaxará a polos distintos da célula.

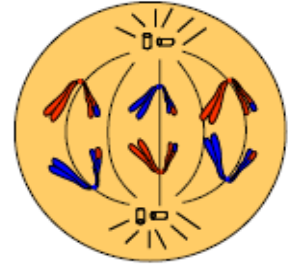
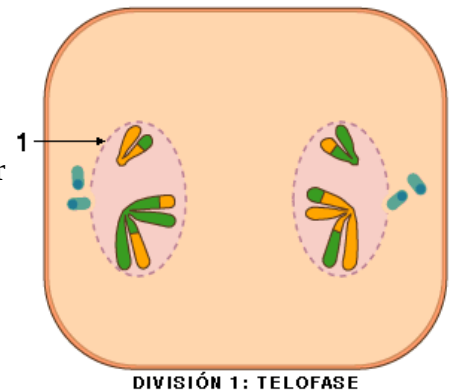


Fig. 11 Meiosis: Anafase I.

- TELOFASE I:

A diferenza cunha telofase mitótica é que en lugar de ter en cada extremo da célula 23 cromátidas, teremos 23 cromosomas.



- SEGUNDA DIVISIÓN MEIÓTICA: É igual que unha división mitótica, coa diferenza de que en lugar de partir con 46 cromosomas partimos con 23.

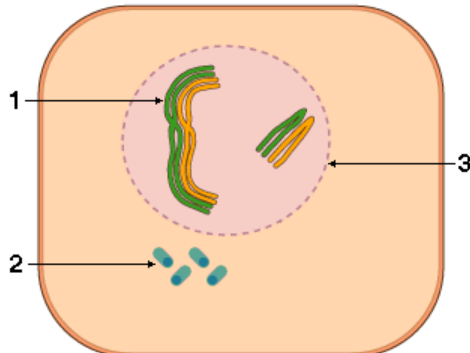
Exercicio 2- Responde ás seguintes cuestións sobre a meiose:

- Se en cada célula filla resultante da meiose I, temos 23 cromosomas, na seguinte interfase, ¿replicarase o material xenético? Por que?
- Cantos xogos cromosómicos terá cada unha das células fillas resultantes da meiose I? E cantas copias de cada xogo ou xogos terá cada célula filla?
- Indica a resposta correcta. Ao final da segunda división meiótica, cada célula filla terá:

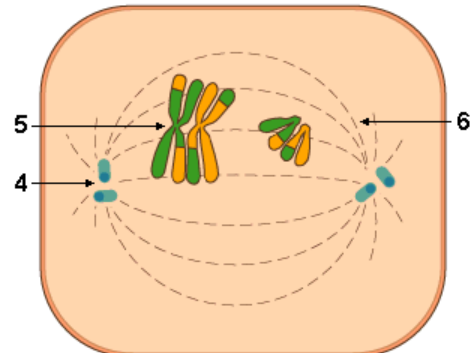
+ 23 cromátidas	+ 23 cromosomas
+ 46 cromátidas	+ 46 cromosomas

Por que?
- Replicarase o material xenético na interfase que segue á meiose II? Por que?
- Serán iguais as 4 células fillas resultantes da meiose? Por que?

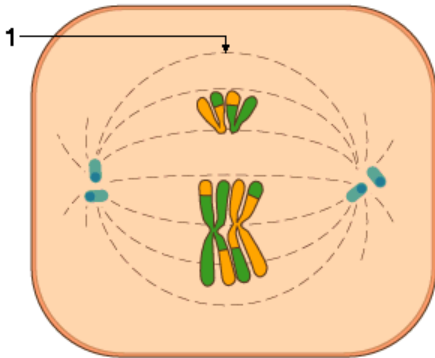
PRIMEIRA DIVISIÓN MEIÓTICA (MEIOSE I)



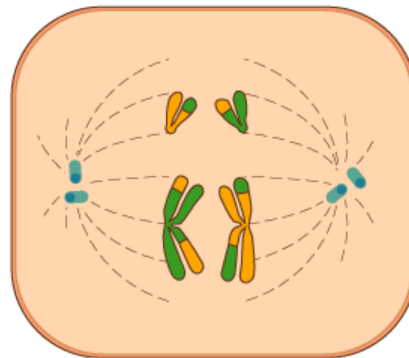
DIVISIÓN 1: PROFASE TEMPRANA



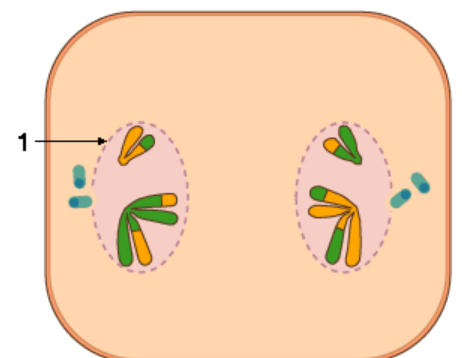
DIVISIÓN 1: PROFASE TARDÍA



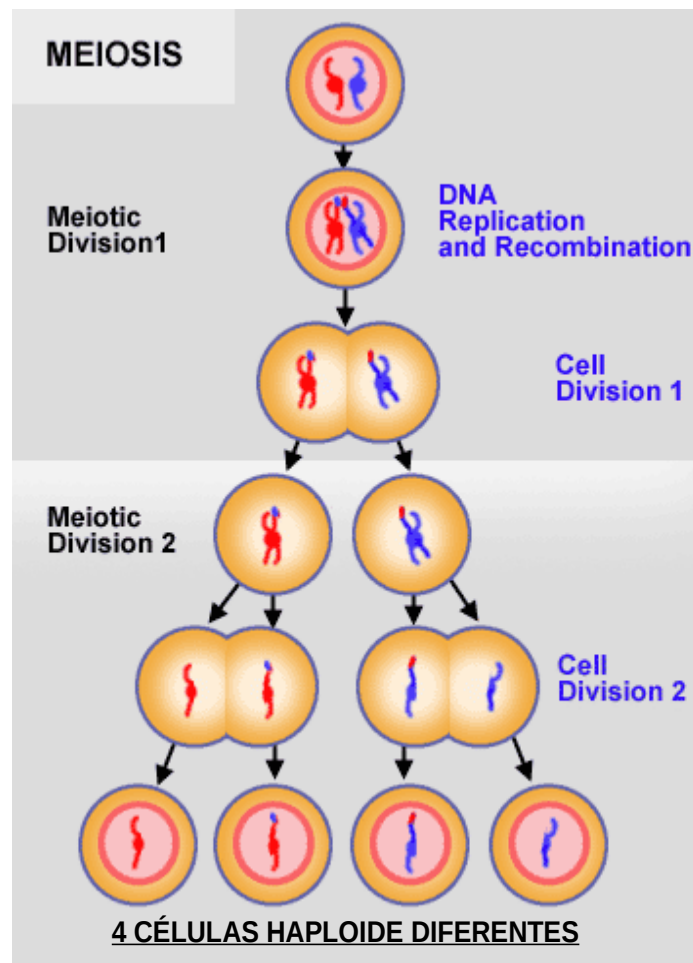
DIVISIÓN 1: METAFASE



DIVISIÓN 1: ANAFASE TEMPRANA



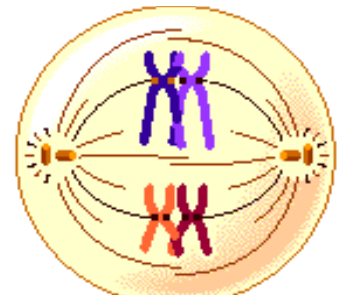
DIVISIÓN 1: TELOFASE



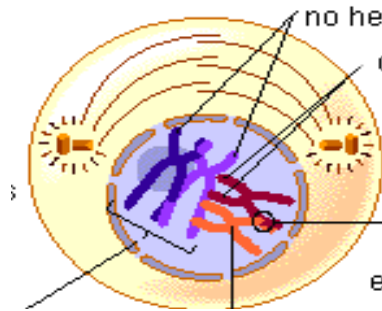
Exercicio 3- Indica con que proceso se corresponde cada unha das seguintes imaxes (mitose ou meiose) e por que.



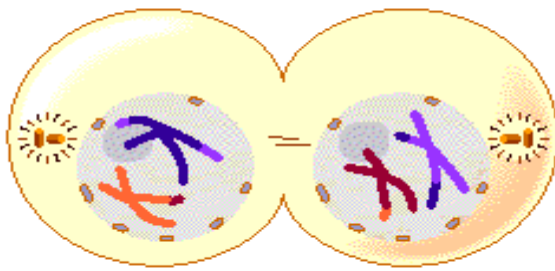
IMAXE 1



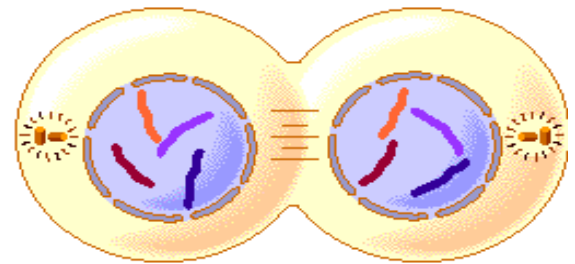
IMAXE 2



IMAXE 3



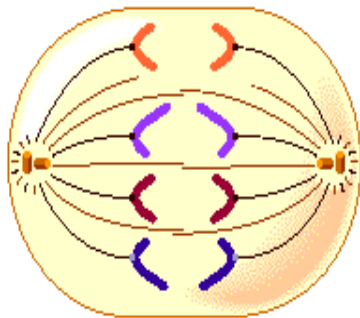
IMAXE 4



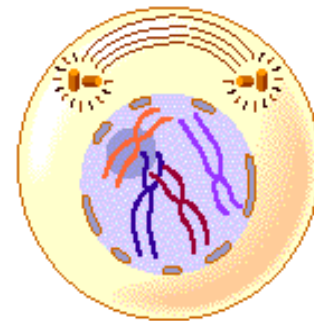
IMAXE 5

Exercicio 4- Observa a seguinte secuencia de imaxes.

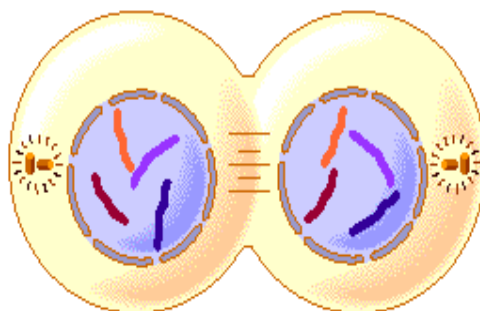
- Trátase dun proceso de mitose ou de meiose? Por que?
- Pon nome a cada unha das fases e ordeas con números.
- Explica o que sucede en cada unha delas.



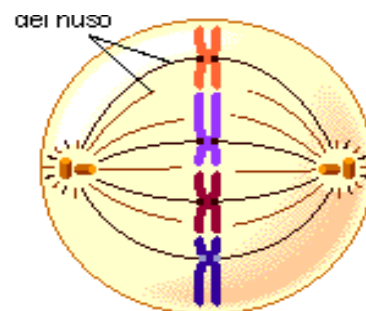
IMAXE 1



IMAXE 2



IMAXE 3



IMAXE 4

A IMPORTANCIA DA MEIOSE

- **Permite a reprodución sexual:** Se os gametos fosen diploides ($2n$), como as células somáticas, en cada xeración se duplicaría o material xenético ($4n$, $8n$, $16n\dots$) o cal sería inviable, imposibilitando a reprodución sexual.

A redución de material xenético que ten lugar durante a primeira división meiótica, e que xera gametos haploides, permite que a cantidade de material xenético permaneza constante ao longo das xeracións, permitindo así a reprodución sexual.

- **Aumenta a variabilidade xenética favorecendo a evolución:** Os organismos con reprodución asexual son xeneticamente idénticos aos seus proxenitores, polo que se as condicións mudan, ao non existir variabilidade na descendencia, é máis probable que a especie se extinga. Pola contra, os organismos con reprodución sexual presentan unha gran variabilidade na súa descendencia. De feito, é practicamente imposible que dous gametos, e en consecuencia dous individuos da seguinte xeración, sexan iguais. Isto lógrase de dúas formas:

+ **Reparto aleatorio de cromosomas na Metafase I:** Durante a primeira división meiótica, cada un dos cromosomas de cada parella homóloga vai a unha célula filla diferente e o feito de que vaian a unha ou a outra é completamente aleatorio, é dicir, o mesmo poden ir os 23 cromosomas paternos para unha célula e os 23 maternos para a outra, como poden ir metade e metade para cada lado ou 1 paterno con 22 maternos e 1 materno con 22 paternos. Deste xeito, pódense xerar un total de 2^n gametos diferentes, sendo “n” o número de cromosomas dun xogo cromosómico.

No caso da nosa especie $2^n = 8.388.608$ de posibles gametos.

+ **Recombinación xenética:** Ten lugar na Profase I e permite o intercambio de fragmentos cromosómicos, facendo que xenes que inicialmente ían en cromosomas homólogos diferentes, acaben no mesmo. Dado que como mínimo se produce un entrecruzamento por parella homóloga e de forma aleatoria, tras unha meiose, tódolos cromosomas son diferentes aos cromosomas dos proxenitores, aumentando a variabilidade xenética da seguinte xeración.

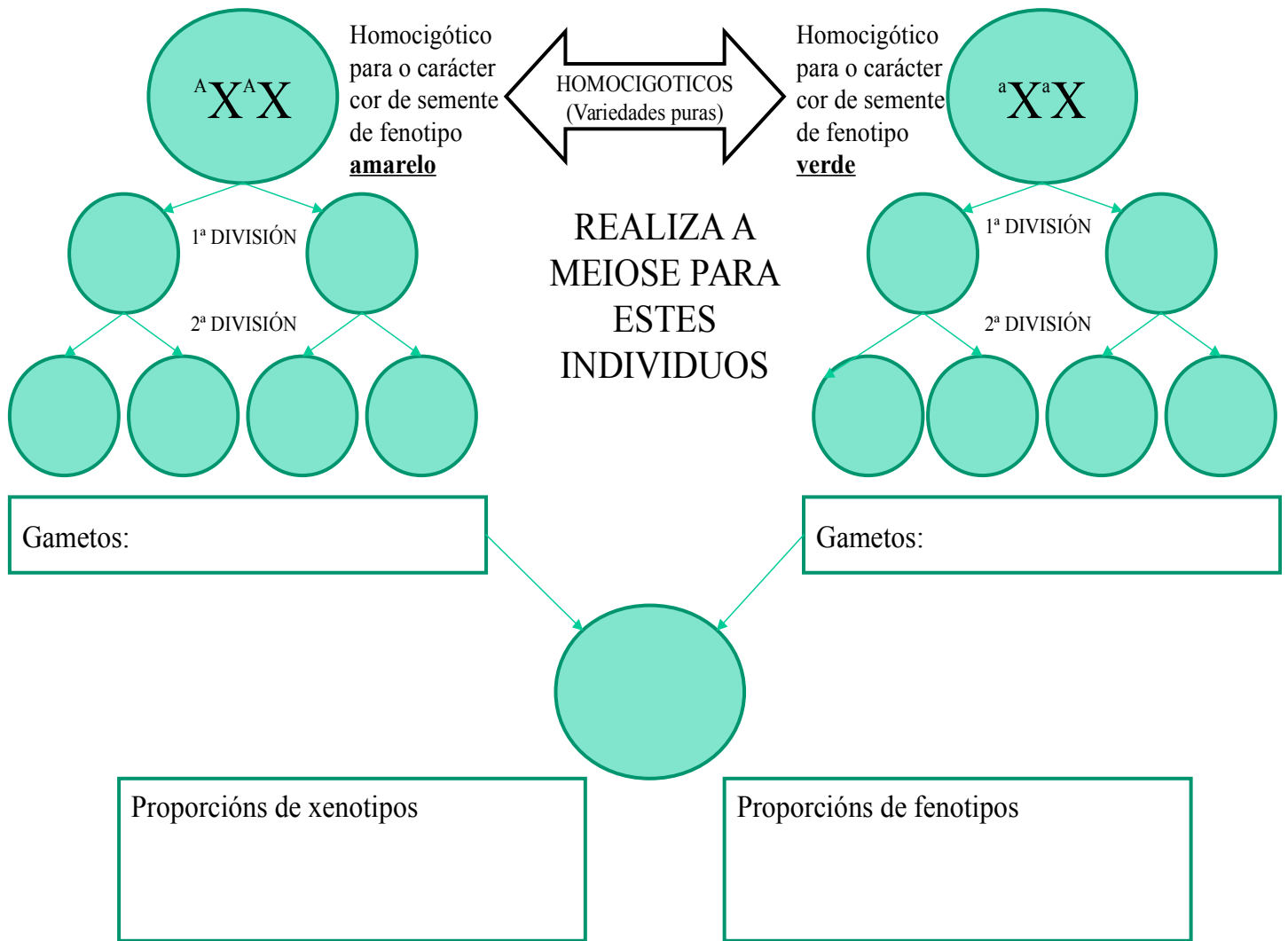
REINTERPRETACIÓN DAS LEIS DE MENDEL

1ª LEI DE MENDEL OU LEI DA UNIFORMIDADE DOS HÍBRIDOS DA PRIMEIRA XERACIÓN FILIAL: Cando cruzamos dúas razas puras que difiren nun carácter (Xeración parental (P)), a primeira xeración filial (F1) é uniforme.



Se cruzamos dous individuos homocigotos para un determinado carácter, na seguinte xeración tódolos individuos serán heterocigotos e, en consecuencia, iguais xenotípica e fenotípicamente, presentando todos o fenotipo dominante.

POR QUE?



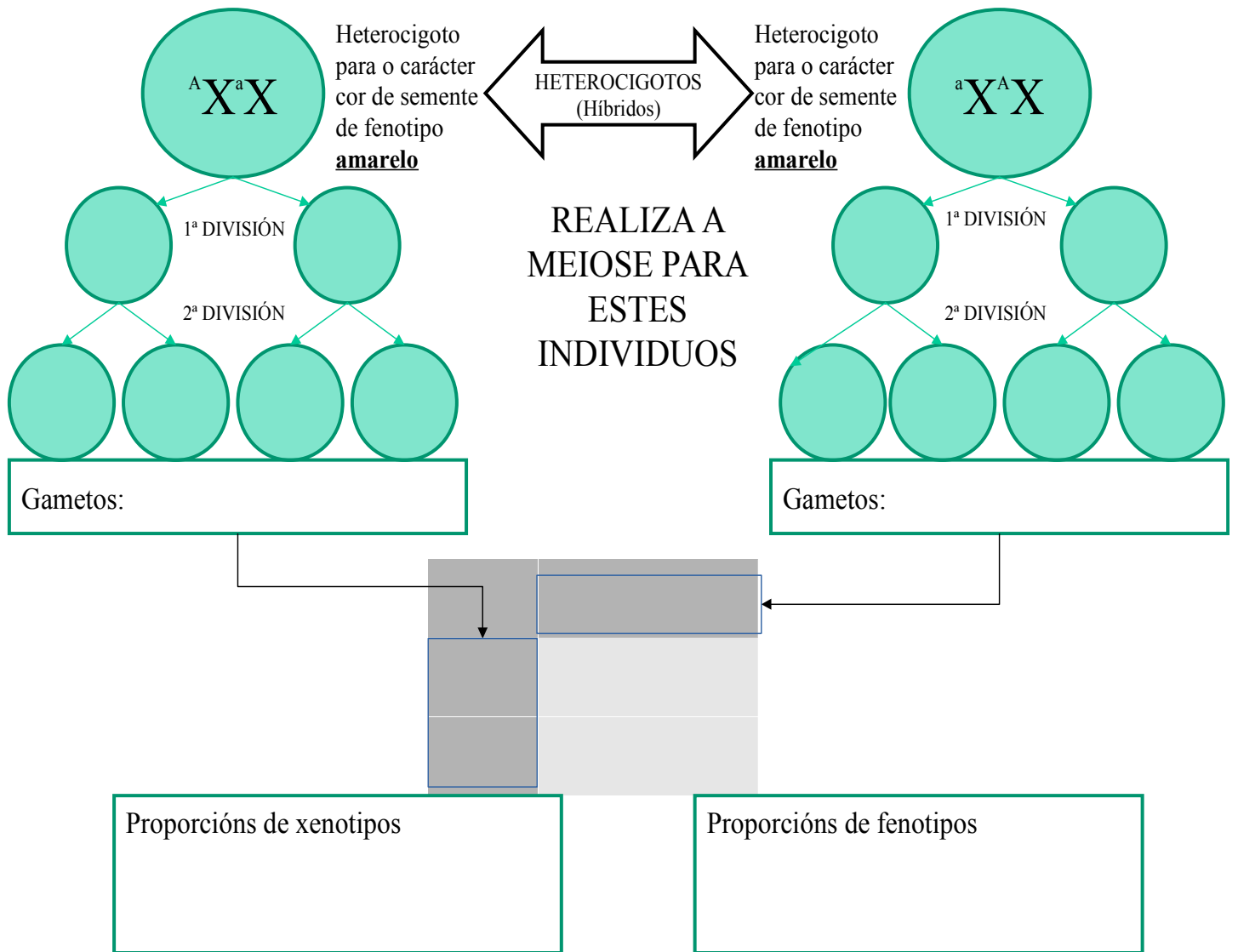
REINTERPRETACIÓN DAS LEIS DE MENDEL

2ª LEI DE MENDEL OU LEI DA SEPARACIÓN OU SEGREGACIÓN DOS CARACTERES ANTAGÓNICOS: Se facemos unha fecundación cruzada entre dous individuos da F1, na F2 reaparece o carácter que desaparecera na F1 nunha proporción 3:1.



Se cruzamos dous individuos da F1 heterocigotos para un determinado carácter, na segunda xeración filial (F2) aparecerán os dous fenotipos, pero por cada individuo co fenotipo recesivo aparecerán 3 individuos co fenotipo dominante.

POR QUE?



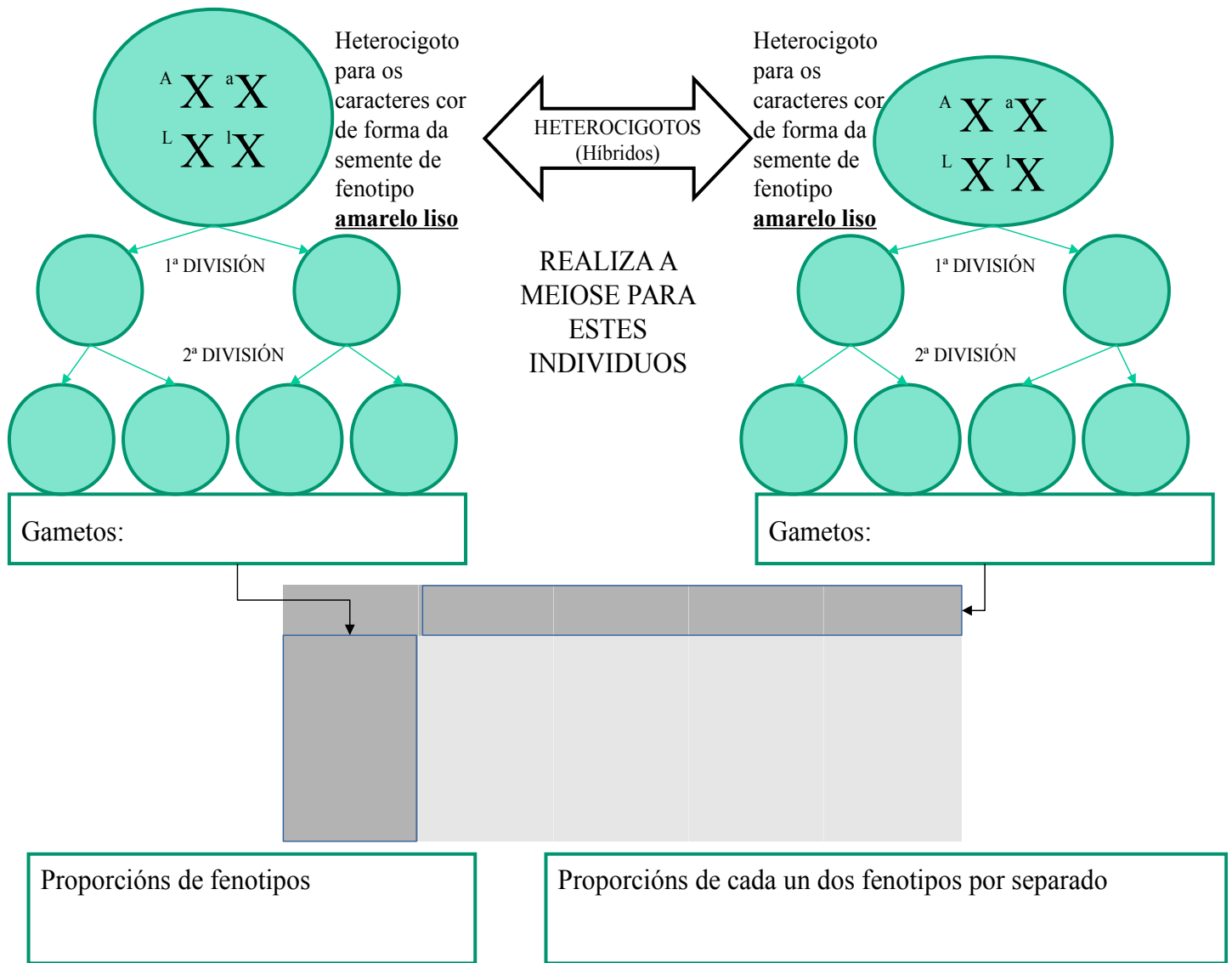
REINTERPRETACIÓN DAS LEIS DE MENDEL

3ª LEI DE MENDEL OU LEI DA INDEPENDENCIA DOS CARACTERES NON ANTAGÓNICOS: Ao cruzar entre si dous dihíbridos (individuos híbridos para dous caracteres distintos), os caracteres hereditarios sepáranse, posto que son independentes, e combínanse entre si de tódalas formas posibles.



Ao cruzar dous individuos heterocigotos para dous caracteres disitintos os xenes segréganse de forma independente.

POR QUE?

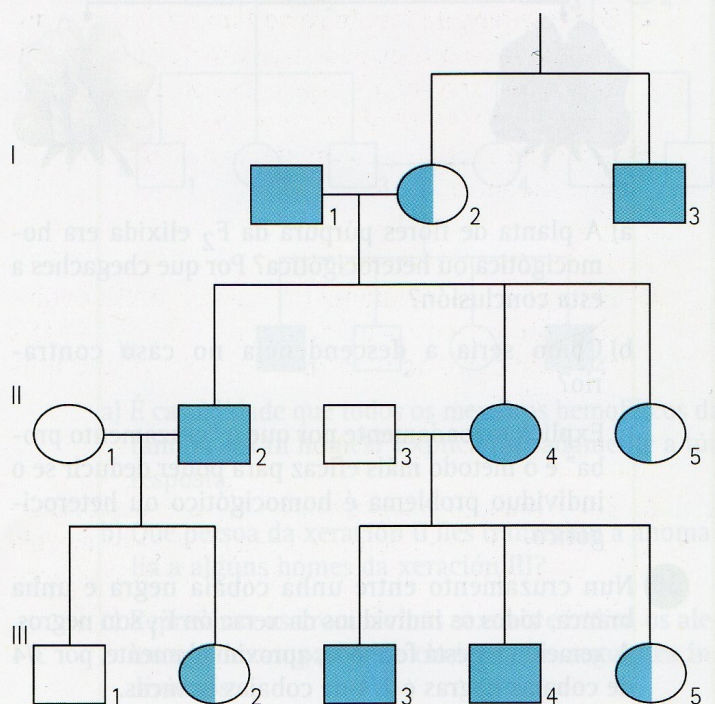


A EXPERIENCIA

Para construír unha árbore xenealóxica utilízanse as seguintes convencións:

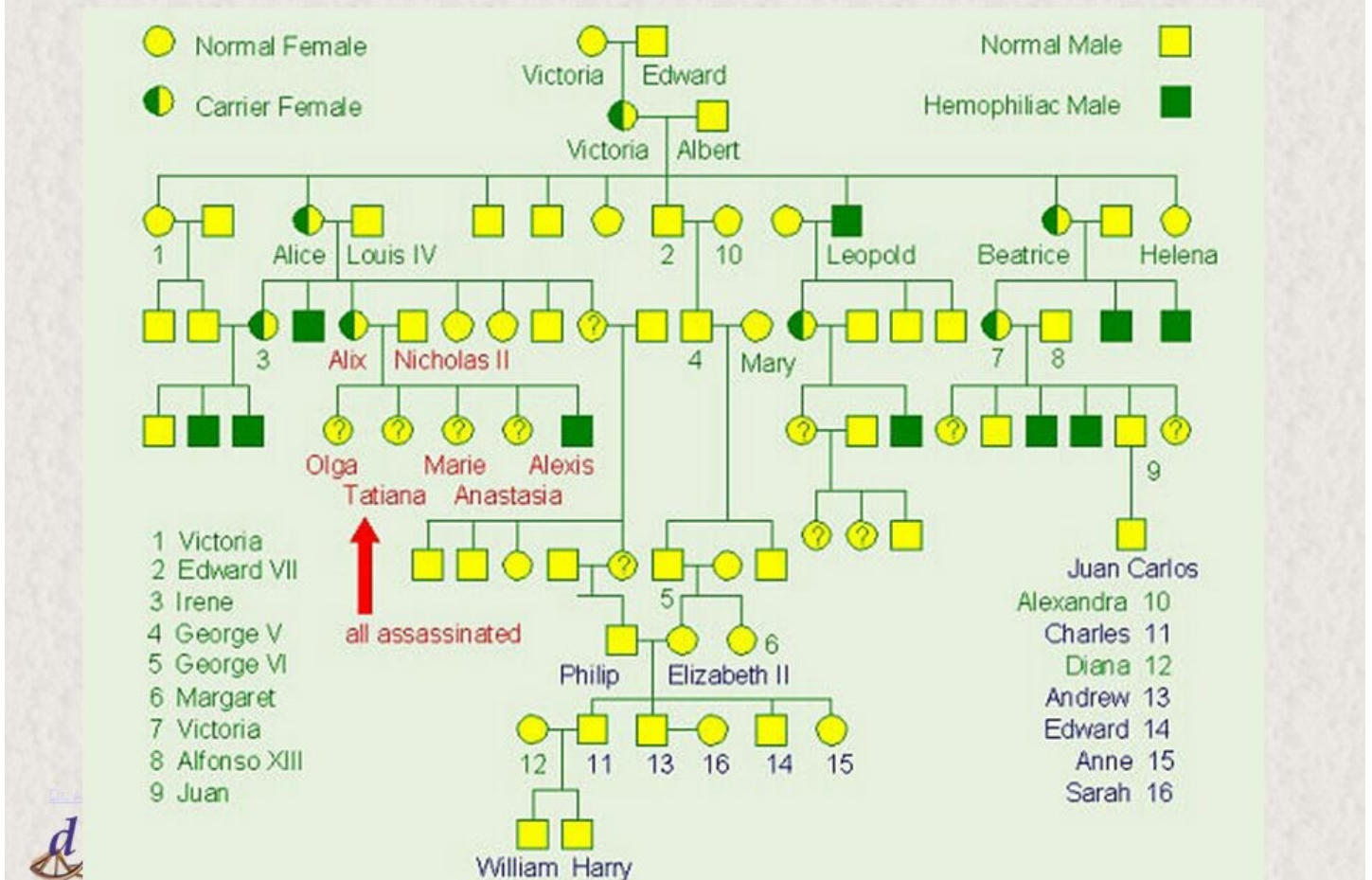
- Os círculos representan a mulleres e os cadrados a homes.
- Estes símbolos sombréanse se representan a individuos que manifestan (no fenotipo) o carácter que se estuda. Aqueles que non manifestan o carácter recesivo pero que se sabe con certeza que son heterocigóticos, teñen só a metade esquerda do cadrado ou círculo sombreada.
- Os pais están unidos por unha liña horizontal e as liñas verticais conducen aos descendentes.
- Todos os descendentes que son irmáns están conectados por unha liña horizontal (F) e simbolízanse con números arábigos (1, 2, 3 etc.).
- Cada xeración simbolízase cun número romano (I, II, III etc.).

Árbore xenealóxica



ÁRBORE XENEALÓXICA DA FAMILIA REAL BRITÁNICA

Herencia de la hemofilia en la genealogía de la reina Victoria de Inglaterra "La enfermedad real"



Tense coñecemento desta enfermidade na realeza europea a partires de Leopoldo de Gran Bretaña. Ata que el naceu, a súa nai, a raíña Victoria, non sabía que era portadora. Victoria tivo nove fillos en total, catro varóns, dos que só un resultou ser hemofílico, e cinco fillas das cales dúas foron portadoras, feito que se sabe porque tiveron fillos hemofílicos. A máis nova, Beatriz, non o soubo ata que tivo un fillo que sangraba sen darse ningún golpe.

Cando Alfonso XIII quixo casar con Vitoria Eugenia de Batengerb, filla de Beatriz, moitas voces alzáronse en contra, xa que se ía introducir a enfermidade no sangue dos Borbón de España, como finalmente resultou ser.

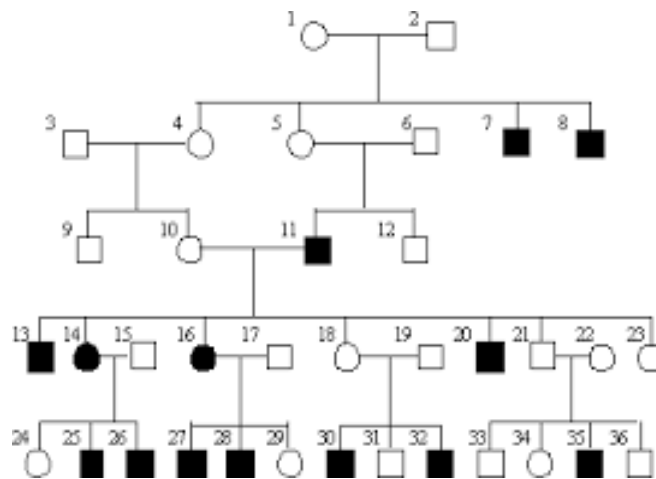
O fillo maior de Alfonso XIII e Victoria Eugenia, Alfonso, era hemofílico e o máis pequeno, Gonzalo, tamén. Ambos finaron en circunstancias semellantes por accidentes de coche nos que non se puideron evitar as hemorraxias. Juan, Conde de Barcelona e pai de Juan Carlos I, naceu exento da enfermidade.

Exercicio 5- Existe a posibilidade de que a familia real española poida ter descendencia hemofílica? Razona a túa resposta.

Exercicio 6- Xoel e Iris presentan unha vista normal e teñen 2 fillos; unha nena de visión normal e un neno daltónico. Resolve as seguintes cuestións:

- Determina os xenotipos desta parella e da súa descendencia.
- Cal é a probabilidade de que a filla sexa portadora?
- Cal é a probabilidade de que teñan unha filla daltónica? E un fillo daltónico?
- Se sabemos que a nai de Iris non era portadora, como era o seu pai?

Exercicio 7- A seguinte imaxe correspóndese coa árbore xenealóxica dunha familia na que hai persoas hemofílicas. Os círculos e os cadrados coloreados representan ás mulleres e aos homes hemofílicos.



- Completa a árbore xenealóxica sinalando os casos de heterocigose.
- Por que a hemofilia é máis frecuente entre os homes?

A anemia falciforme

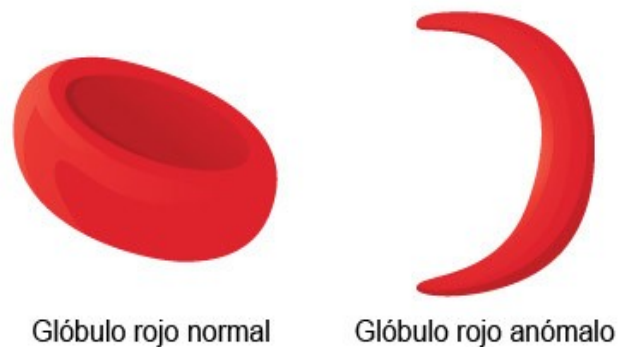
Os glóbulos vermellos son células con forma bicóncava cheas de hemoglobina. Esta proteína é vermella (de aí a cor destes glóbulos e do sangue) e transporta o osíxeno dende os pulmóns ao resto do corpo.

A anemia falciforme é unha enfermidade xenética producida por un alelo que provoca o cambio dun só aminoácido na molécula de hemoglobina normal. Este cambio fai que a hemoglobina adquira unha estrutura tridimensional diferente, facendo que os glóbulos vermellos pasen a ter unha forma de fouce.

Esta forma de fouce fai que estes glóbulos vermellos tendan a agruparse e a atascar os vasos sanguíneos, producindo problemas de circulación. Ademais, debido aos seus extremos puntiagudos, poden chegar a rasgar as veas e as arterias máis finas.

Por se todo isto non fose pouco, un glóbulo vermello falciforme dura 6 veces menos que un glóbulo vermello normal, polo que o corpo non é quen de rexeneralos a unha velocidade suficiente, facendo que haxa menos glóbulos vermellos dos que debería, é dicir, producindo unha anemia.

O alelo que determina a anemia falciforme é codominante co alelo que determina a hemoglobina normal. É dicir, unha persoa heterocigótica para estes caracteres producirá glóbulos vermellos normais (a metade) e glóbulos vermellos falciformes (a outra metade). Aínda así esta persoa podería vivir sen ter que seguir ningún tipo de tratamento, pero este non é o caso dos homocigóticos falciformes que sofren dunha anemia tan severa que non poderían sobrevivir sen medicación.



Glóbulo rojo normal

Glóbulo rojo anómalo

XENES LIGADOS

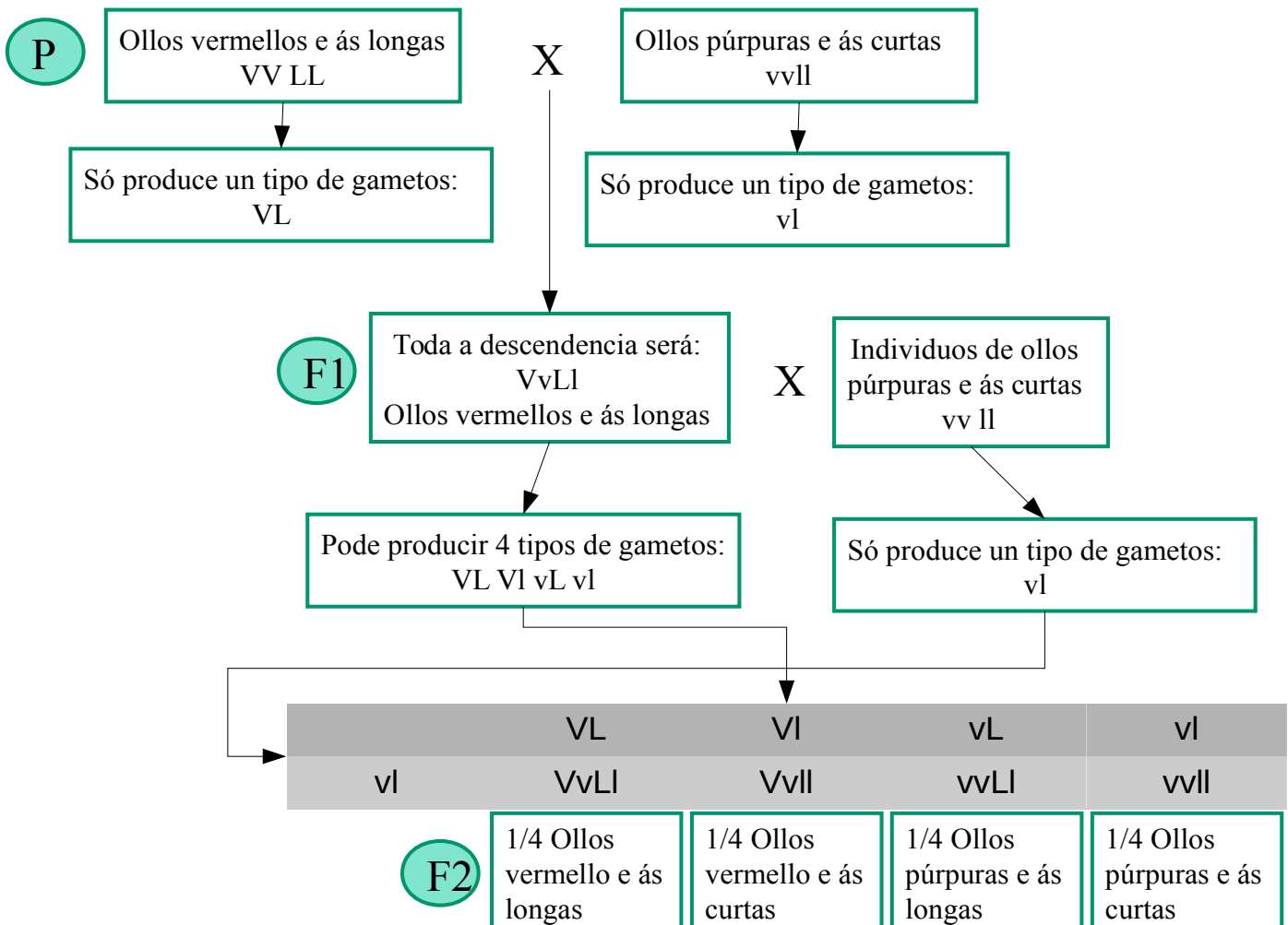
Segundo a terceira lei de Mendel, os xenes segrégasen de forma independente, pero a principios do século XX, pouco despois de que se redescubrisen os experimentos de Mendel, varios científicos atopáronse con casos nos que isto non sucedía.

As moscas da froita poden presentar cor de ollos vermellos ou púrpuras e as curtas ou longas. A cor vermella e as ás longas están determinadas por cadanseu alelo dominante (V e L respectivamente) sobre os alelos que determinan cor púrpura (v) e ás curtas (l).

Cor vermella = V Cor púrpura = v	} V > v	Ás longas = L Ás curtas = l	} L > l
-------------------------------------	--	--------------------------------	--

Cando se cruzaba unha raza pura de cor de ollos vermellos e ás longas (VVLL) con outra raza pura de cor de ollos púrpuras e ás curtas (vvll), na primeira xeración filial (F1) todos os individuos presentaban ollos vermellos e ás longas, como era de esperar segundo a terceira lei de Mendel.

A continuación cruzaron os individuos da F1 (heterocigóticos para ambos caracteres) con individuos de ollos púrpuras e ás curtas (vvll). Segundo a terceira lei de Mendel os resultados deberían ser; 1/4 ollos vermellos e ás longas, 1/4 ollos vermellos e ás curtas, 1/4 ollos púrpuras e ás longas e 1/4 ollos púrpuras e ás curtas.

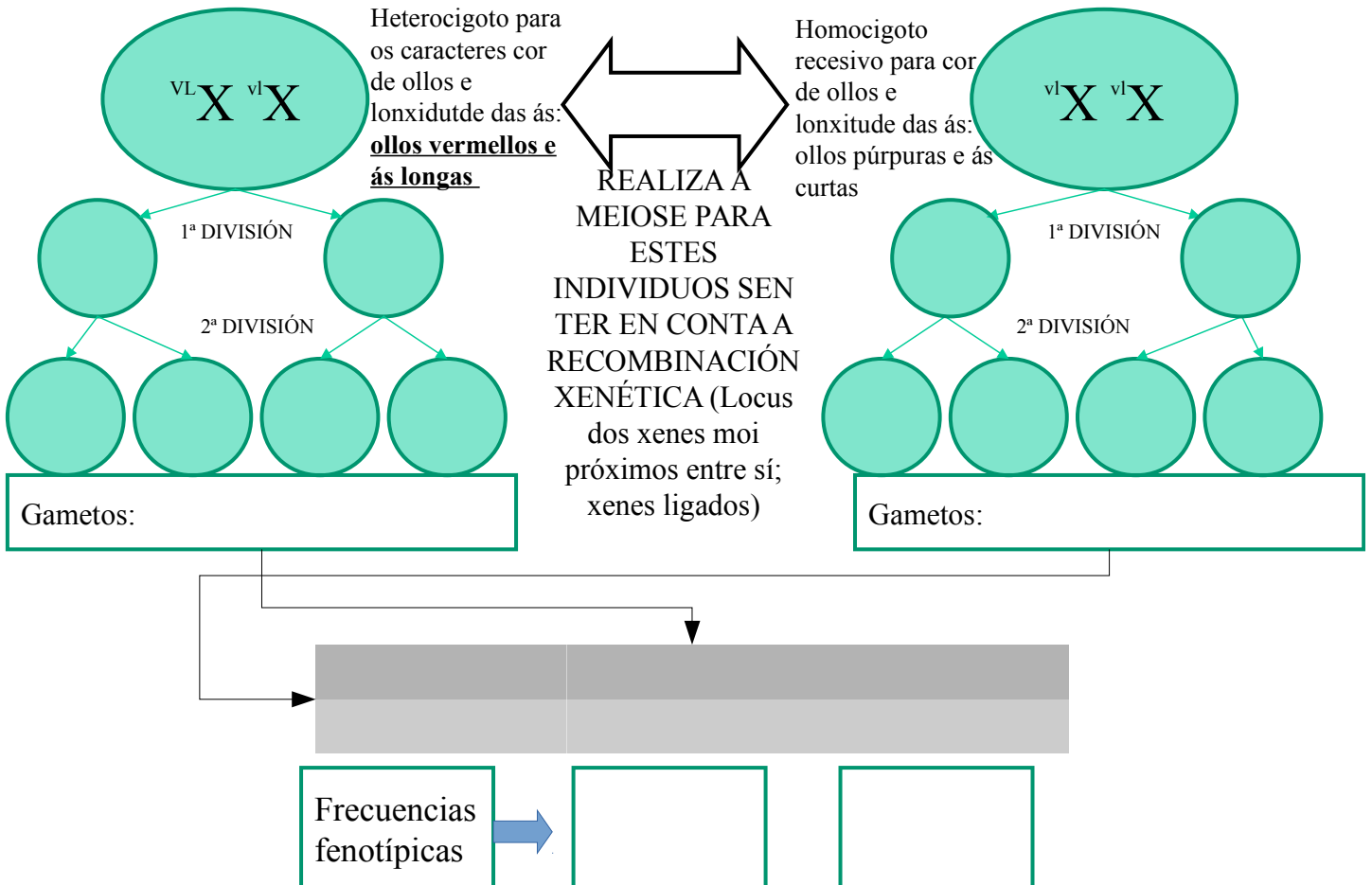


Pero estes non foron os resultados. Na segunda xeración filias a metade dos individuos eran de ollos vermellos e ás longas e a outra metade de ollos púrpuras e ás curtas.

A solución aportouna Thomas Hunt Morgan poucos anos despois, chegou á conclusión de que estes xenes estaban ligados:

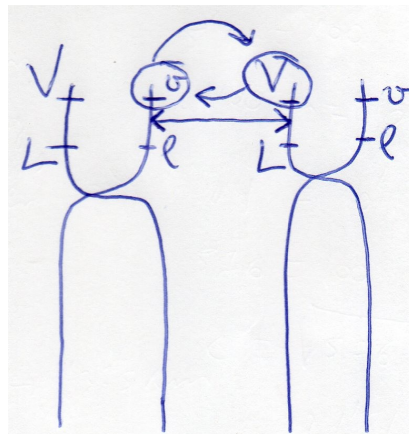
Dise que hai **ligamento entre dous xenes ou que dous xenes están ligados** cando se atopan no mesmo cromosoma. Debido a isto, estes xenes sempre se transmitirán xuntos á descendencia e non de forma independente como predía a terceira lei de Mendel.

Se realizamos a meiose neste caso, asumindo que ambos xenes están nun mesmo cromosoma, o resultado sería o seguinte.



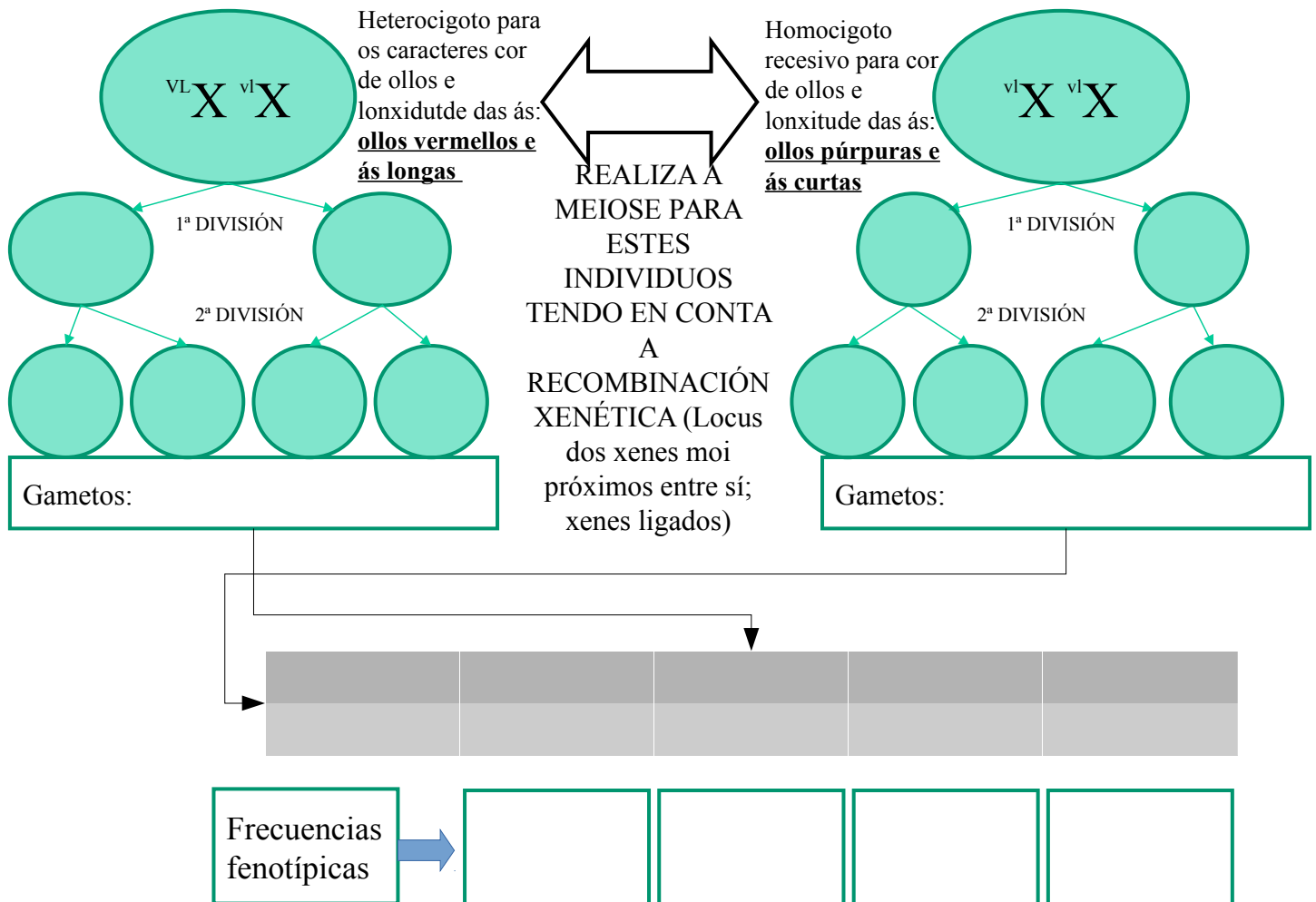
Pero Morgan atopouse con que nalgúns casos, na segunda xeración filial, aparecían individuos con ollos vermellos e ás curtas e ollos púrpuras e ás longas, pero cunha frecuencia moi baixa.

Chegou entón á conclusión de que isto era debido a que se producía a recombinación xenética na zona do cromosoma situada entre ambos xenes. A estes fenotipos que aparecían na segunda xeración filiar cunha frecuencia moi baixa chamounos fenotipos recombinantes.



Canto máis próximos estean dous xenes nun mesmo cromosoma, menor será a probabilidade de que se produza o sobrecruzamento, polo que menor será a frecuencia de fenotipos recombinantes na segunda xeración filial.

Aquí vemos unha vez máis como a recombinación xenética incrementa a diversidade na seguinte xeración.



MENDEL FIXO TRAMPAS

Se Mendel tivese feito os seus experimentos con dous caracteres que estivesen ligados, é dicir, cuxos locus estivesen no mesmo cromosoma e moi próximos o un do outro, non tería obtido os resultados mencionados para os cruces con dihíbridos.

Dado que os chícharos teñen 7 cromosomas, faise moi difícil crer que Mendel acertara por casualidade con 7 caracteres que se atopaban cada un nun cromosoma.

O máis probable é que Mendel tamén fixese as súas experiencias con outros caracteres, pero aos estaren ligados aos caracteres finalmente seleccionados, nos cruces con dihíbridos os resultados eran diferentes, así que simplemente, desbotou eses caracteres.

A ORIXE DAS MUTACIÓNS

Segundo a natureza do axente causante das mutacións estas pódense dividir en:

- **Naturais ou espontáneas:** Son resultado dun erro na maquinaria celular. Este erro pode acontecer durante a replicación, a transcrición ou a tradución.

- **Artificiais ou inducidas:** Causadas por axentes externos que provocan cambios no ADN (axentes mutáxenos). Estes axentes clasifícanse en:

+ **Físicos:** Entre eles destacan as radiacións:

* **Raios X:** A súa capacidade de producir unha mutación é baixa, pero existe, polo que se debe de evitar a exposición a eles. Esta é a razón pola cal cando imos sacar unha radiografía só estamos nós na

habitación e só se irradia a zona de interese. Canto menor sexa a exposición menor será o risco de que se produza unha mutación.

* Raios ultravioleta: Prodúceos o Sol e por iso cando imos á praia debemos botarnos protector solar e evitar as horas do día de maior radiación.

* Radiación nuclear: É a máis perigosa de todas, pois posúe unha enorme capacidade de inducir mutacións. Cando na Segunda Guerra Mundial EEUU bombardeou Hiroshima e Nagasaki, a maior parte dos superviventes morreron como consecuencia dos danos provocados que lles produciu a radiación nuclear. Este é tamén o gran risco que supoñen as centrais nucleares.

+ Químicos: Diferentes substancias químicas que interaccionan co ADN e provocan cambios na súa composición: o alcatrán do tabaco, o gas mostaza incluído en bombas químicas e diversos contaminantes atmosféricos. Incluso os hai entre os aditivos de moitos dos alimentos que mercamos: <http://e-aditivos.com/>