

La información que contiene el ADN para sintetizar proteínas está almacenada en la secuencia misma de nucleótidos, o sea, en una secuencia que combina en una forma particular los nucleótidos A, T, G y C. Supongamos que la información para una proteína que da el color de una flor se encuentra en la siguiente secuencia:

ATTGGAACCCCTGTCACA

¿Cómo sería su cadena complementaria?

Con la regla de la combinación de las bases nitrogenadas podemos conocerla y sería: TAACCTTGGGGACAGTGT entonces tendríamos la doble cadena:

ATTGGAACCCCTGTCACA

TAACCTTGGGGACAGTGT

¿Qué pasa si estas dos cadenas se abren, se separan entre sí y cada una de las dos sirve de molde para hacer otra cadena complementaria?

Escribiendo en colores las bases de la secuencia que teníamos pero separamos las dos cadenas y luego escribiendo en negro las bases complementarias, obtendríamos las siguientes dobles cadenas:

ATTGGAACCCCTGTCACA ATTGGAACCCCTGTCACA
TAACCTTGGGGACAGTGT TAACCTTGGGGACAGTGT

¿Cómo son estas dos dobles cadenas entre sí?

¿Y respecto a la que les dio origen?

Por la **regla de la complementariedad de bases** conseguimos generar dos dobles cadenas de ADN idénticas entre sí e idénticas a la original a partir de cada una de las cadenas simples. En las células ocurre exactamente lo mismo. El ADN que contiene la célula madre se duplica y así ésta puede dividirse en dos células hijas que contienen exactamente la misma información de secuencia que ella tenía. A este proceso lo denominamos Mitosis y sus detalles los dejaremos para el otro capítulo,

¿qué función puede tener este tipo de transmisión de la información de la secuencia de ADN?

Todos los organismos **pluricelulares** crecen a partir de una célula cigota (huevo fecundado) que en general se forma por la unión de una gameta masculina con una gameta femenina. A partir de esta célula, por sucesivas divisiones celulares se generan todas las demás células del organismo. O sea que todas las células (o casi todas) de un organismo, aunque sean completamente distintas en función y morfología, poseen la misma secuencia de bases de ADN y, por lo tanto, la misma información almacenada para la síntesis de proteínas. Algo muy interesante es que existen ínfimas diferencias en la secuencia de bases entre diferentes individuos de una misma especie (por ejemplo entre dos seres humanos) existen algunas diferencias más cuando nos comparamos con otros individuos de otro orden (por ejemplo entre un humano y un ciervo), mayores diferencias si nos comparamos con individuos de otro tipo (por ejemplo con una estrella de mar) y mucho más grandes respecto a los individuos de otros reinos (por ejemplo entre un humano y una planta o un hongo). Incluso el número de moléculas de ADN o cromosomas en que se encuentra almacenada la información es distinta. Por ejemplo,

los perros y pollos tienen 78 cromosomas, las cabras 60, los gatos como los chanchos tienen 38 así como algunas moscas tienen 12 y otras 8. Las plantas, a su vez, también tienen un número muy variable de moléculas de ADN, la planta de papas tiene 48, el manzano 34, el tomate 24 y la planta de lechuga 18. Los seres humanos tenemos toda nuestra información genética almacenada en 46 moléculas de ADN, o sea, que tenemos 46 cromosomas en cada una de nuestras células. ¡Menos cantidad que las papas, los pollos y las cabras!

Dijimos que todas nuestras células poseen la misma información y que, a su vez, es la información proveniente de una única célula original que denominamos célula huevo. Esta célula original...

¿de dónde salió?, ¿la puso la cigüeña?

No, definitivamente no fue la cigüeña ni tampoco el repollo. Esta célula se formó por la unión de dos células primordiales, un espermatozoide proveniente de nuestro padre y un óvulo proveniente de nuestra madre. Pero si nos ponemos a pensar hay algo que es confuso. Si cada célula humana tiene 46 cromosomas y el cigoto que formó todo nuestro cuerpo se generó por la unión de dos células entonces tendríamos que tener $46 + 46$ moléculas de ADN, o sea 92, lo cual sabemos que no es así.

¿Cómo es entonces?

Ese óvulo y ese espermatozoide se generaron a partir de una célula de 46 cromosomas pero por un mecanismo distinto del que se da cuando una célula madre se divide por Mitosis en dos células hijas. Este tipo de división, que conocemos como **Meiosis**, se da únicamente durante la formación de las células germinales (que son aquellas involucradas en la reproducción de los organismos por formación de gametas como son los óvulos y los espermatozoides) y les otorga una característica muy particular, su número de cromosomas es la mitad del resto de las células de nuestro cuerpo. O sea que tienen...

¿cuántos cromosomas?

Tienen exactamente 23 cromosomas y así solucionamos el problema, si dos células de 23 cromosomas se unen para formar el cigoto, éste tendrá 46 cromosomas y cuando se divida por Mitosis dejará dos células con 46 cromosomas y así sucesivamente hasta la formación de un ser humano completo.

Prestemos bien atención a los nombres de estos dos procesos: Meiosis y Mitosis.

¿Cuál es cuál? ¿Cuál es la diferencia?

No sabemos quién tuvo la idea de llamar a estos dos procesos, tan asociados desde el punto de vista de la célula pero tan distintos conceptualmente, de una manera tan parecida. Tratemos de hacer algo para que podamos diferenciarlos. Podemos recordar cuál es cuál pensando que la palabra “meiosis” se parece a “medio”, “la mitad” y recordar que ese proceso cuyo nombre nos hace acordar a la palabra “mitad” debemos asociarlo a aquél que genera células con la mitad de cromosomas que las células originarias y el otro, por descarte. Al menos, hasta que estemos más familiarizados con estos procesos y sus nombres.

Por lo tanto una célula, por ejemplo humana, puede sufrir dos tipos de división celular distintos: la Mitosis en que una célula de 46 cromosomas se divide en dos células exactamente iguales a ella con 46 cromosomas y la Meiosis en que una célula de 46 cromosomas, que denominamos germinal, puede dividirse en cuatro células con la mitad de la información genética, 23 cromosomas. Tratemos de comprender cada uno de estos dos procesos, cuándo ocurre cada uno y la importancia que ambos tienen en el desarrollo de la vida.

Sabemos que la información contenida en el ADN, por ejemplo para “formar” un ser humano, está almacenada en 46 cromosomas de los cuales vimos que 23 provienen de un óvulo materno y otros 23 de un espermatozoide paterno. Pero con esto no estamos contando la verdad verdadera, en realidad, tanto la información de los 23 cromosomas paternos como los 23 cromosomas maternos son los que tienen la información necesaria para “formar” a un ser humano.

Entonces...

¿tenemos toda la información dos veces?

Exactamente así es. La información para la síntesis de cada proteína está representada una vez en uno de los 23 cromosomas maternos y la otra vez en el mismo cromosoma pero paterno. Lo más interesante es que la información para la síntesis de una proteína está dos veces pero, sin embargo, no siempre informan lo mismo.

¿Qué quiere decir eso?

Veamos un ejemplo. La proteína B que tiene la información para el color de los ojos está tanto en un cromosoma paterno como en uno materno pero el paterno puede decir “que sean de color marrón” y el materno “que sean de color azul”. Así, a pesar de que la información está dos veces, no tiene por qué decir exactamente lo mismo. Más adelante veremos esto nuevamente y con más detalle.

Debemos recordar que el ADN contiene información, principalmente, para la síntesis (formación) de proteínas. Sin embargo, no todo el ADN tiene información, pero...

¿cuáles son las partes que poseen información y cuáles no?

Para saber esto hay que analizar la secuencia de las moléculas de ADN y de esa manera encontraríamos espaciadamente una región con información para la síntesis de alguna proteína. Estas regiones quedan separadas por otras regiones que no contienen información (como la publicidad de nuestro programa LOGO). Llamaremos “**gen**” a cada secuencia con información para formar proteínas. Por lo tanto, cada vez que hablemos de un gen vamos a saber que nos referimos a una región de ADN que se encuentra en alguno de los cromosomas y que tiene información para fabricar, al menos, una proteína. Volviendo al ejemplo que vimos del color de los ojos podemos decir que un cromosoma paterno tiene un gen que tiene la información para el color de los ojos y que dice “que sean de color marrón” y que un cromosoma materno tiene un gen que dice “que sean de color azul”.

Sigamos juntos la información genética a lo largo de la división por Meiosis, o sea, durante la formación de las gametas (ya sean masculinas o femeninas). Pero para esto necesitamos un esfuerzo grande para ir pensando cada paso y que vayamos contestando

las preguntas que van apareciendo antes de leer la respuesta. Si solamente leemos y no pensamos en lo que estamos leyendo no aprehendemos ni aprendemos nada de nada. Sabés qué quiere decir aprehender ¿no? Si logramos entender este proceso podremos comprender mejor todo esto y sobre lo que hemos venido hablando, lo que veremos en los siguientes capítulos y una de las principales causas de la vida, la autoperpetuación.

Vamos a comenzar con una célula germinal del padre de algún amigo o el nuestro propio, pero...

¿de dónde surgió, a su vez, la primera célula que formó a nuestro papá?

Sabemos que no fue la cigüeña ni el repollo sino que se habría formado por la unión de las gametas de nuestra abuela y nuestro abuelo, generándose una célula huevo que luego se fue dividiendo por Mitosis generando miles de células con la misma información en sus 46 cromosomas y finalmente el cuerpo entero de nuestro padre. Por lo tanto, las células que van a dar origen a sus espermatozoides provienen de una célula que, como todas las demás de su cuerpo, tiene 46 cromosomas que contienen la información que, a su vez, proviene de nuestros abuelos.

¿Cuántas veces nos dijeron “sos igual a tu abuelo” o “tenés los ojos de tu abuela”?

Por ahí viene el tema. Sigamos, estas células germinales se van a dividir por Meiosis generando espermatozoides de 23 cromosomas que, por fecundación con un óvulo de nuestra madre, pueden dar personitas como vos o como yo.

Sigamos los dibujos de la figura 2 para que sea más claro el camino de la información genética y pensemos que la célula germinal de nuestro padre tiene 4 cromosomas en vez de 46, sólo para que sea más gráfico, igual, el proceso de Meiosis es exactamente el mismo. Comenzamos por una célula de 4 cromosomas y generando cuatro células con 2 cromosomas cada una, o sea con la mitad de la célula original.

Hasta este momento la célula del ejemplo posee 4 cromosomas, 2 de los cuales tendrán la información de tu abuela y otros 2 que tendrán la información de tu abuelo, esto quiere decir que la información para la síntesis de cada proteína estará dos veces. El paso previo a que la célula entre en la división por Meiosis es la duplicación del ADN, por el mismo mecanismo de duplicación que utilizamos antes con la regla de la complementariedad de bases (A con T y C con G). Una vez que esto ocurre,

¿cuántos cromosomas tiene la célula?

Exactamente, ahora la célula tiene 8 cromosomas, los 4 cromosomas de siempre más otros cuatro exactamente iguales a los anteriores que surgieron de la duplicación del ADN.

Pensemos algo más, luego de la duplicación del ADN, la información para cada proteína,

¿cuántas veces está?

Si la proteína B que determina el color de los ojos estaba dos veces,

¿cuántas veces está ahora?

Ahora está cuatro veces la información para la síntesis de la proteína B, pero dos veces la información dice lo mismo “que sean de color azul” que era la información de tu abuela y otras dos veces dice “que sean de color marrón” que era la información de tu abuelo.

Cuando el ADN ya está duplicado y entra en la división celular por Meiosis lo primero que ocurre es que la membrana del núcleo desaparece y los cromosomas que estaban “relajados” como “fideitos” dentro del núcleo se condensan formándose estructuras completamente visibles al microscopio (Figura 2, Profase I). En el dibujo puedes ver en azul los cromosomas de tu abuelo y en rojo los de tu abuela. Los dos que son “cortitos” son los cromosomas de tu abuelo y de tu abuela que contienen la información para las mismas proteínas (como es el caso de la proteína B que da el color de los ojos) y lo mismo con los dos que son “larguitos”. Esas crucecitas que dibujamos representan los cromosomas que ya están duplicados y que son idénticos, por ejemplo, el cortito de tu abuela queda unido formando una cruz con su copia y lo mismo para el de tu abuelo, es por eso que estás viendo en el dibujo 4 crucecitas en vez de 8.

Ahora sí, un paso clave en la formación de los espermatozoides, la crucecita cortita roja de tu abuela se aparea (se une) a la crucecita cortita azul de tu abuelo y las crucecitas de los cromosomas largos hacen lo mismo, se alinean en el ecuador de la célula y por acción del citoesqueleto van a migrar a cada polo celular una cruz corta y una larga en una combinación al azar respecto a si vienen de tu abuelo o de tu abuela. Una vez que cada polo celular tiene una crucecita larga y una corta,

¿cuántas veces tiene cada polo la información para la proteína X?

Muy bien, la tiene dos veces pero...

¿esas dos veces que está la información, dice lo mismo o dice cosas distintas?,

¿dice una vez “que sean de color azul” y otra “que sean de color marrón” como en la célula original o dice dos veces lo mismo?

Si la información para la proteína B estaba en el cromosoma cortito, en cada polo ahora hay dos cromosomas cortitos pero que son exactamente iguales ya que uno es copia del otro. Entonces, en el polo celular que tenga la crucecita roja con la información de nuestra abuela dirá dos veces “que sean de color azul” mientras que en el otro polo dirá dos veces “que sean de color marrón”.

Sigamos adelante a ver si aclaramos qué pasa con la información, una vez que los cromosomas han llegado a los polos, se rearmen los núcleos y la célula se divide en dos (Figura 2, Telofase I y Citocinesis) pero ahora cada una de esas dos células se va a volver a dividir. Las crucecitas se alinean en el ecuador durante la Metafase II y cada brazo va a viajar a un polo durante la Anafase II.

¿Qué pasa?

Prestemos atención a la célula original y a una de las cuatro células hijas.

¿Qué pasó con el número de cromosomas?

Bueno, en las cuatro células que se formaron vemos que está representada toda la información para “formar” un ser humano, ya que está tanto el cromosoma largo como el corto, pero está sólo una vez cada uno con información de tu abuela o de tu abuelo solamente o con un cromosoma de cada uno. Estas cuatro células serán los espermatozoides de nuestro padre, que en vez de tener 2 cromosomas cada uno tendrán 23. Dado que este proceso también ocurre en la formación de las gametas de nuestra madre,

cuando ocurre la fecundación entre las dos gametas (masculina y femenina) se forma una célula huevo de 46 cromosomas que dará lugar a un nuevo individuo que posee información proveniente nuestros padres, que a su vez viene de nuestros abuelos y, a su vez, de nuestros bisabuelos y así sucesivamente.

Es muy importante que recordemos que a partir de una célula de 46 cromosomas se forman cuatro células con 23 cromosomas que incluyen una variabilidad en la combinación de la información proveniente de tus abuelos, que encima se sumará a la variabilidad proveniente de la formación de las gametas de tu mamá. En fin, si todo esto ocurre correctamente, el resultado será un nuevo individuo. Es por eso que las moscas dan mosquitas, los humanos “humanitos” y las plantas dan plantitas.

