

Curso de Biología 4º

Unidad 2:

¿Cuáles son las “moléculas de la vida”?

¿Cuál es el “alfabeto de la vida”?

¿Cuáles son las “palabras de la vida”?

¿Cuál es el “diccionario de la vida”?

¿Somos simios...; y animales...?

¿Es posible una célula idéntica... a otra?

Si recordamos las **biomoléculas** de las que hablamos en la unidad anterior y que según la ciencia se pueden haber formado en la Tierra primitiva misma (Oparin, Miller, heterogénesis endógena) o fuera de ella en el espacio exterior (heterogénesis exógena), podemos ver qué entre las mencionadas se encuentran unas, denominadas: nucleótidos; los que se conforman de: una **pentosa** (glúcido de **5 carbonos**), enlazada a una **base nitrogenada** (adenina, timina/uracilo, citocina, y guanina), y a un **fosfato**; por lo que tenemos: nucleótidos de **adenina**, **timina** (si la pentosa es una **desoxirribosa**), **uracilo** (si la pentosa es una **ribosa**), **citocina**, y **guanina** respectivamente. Entonces, de acuerdo a esta regla... podemos decir que los nucleótidos del **ARN** (ácido ribonucleico) se conforman de: ribosa (pentosa) + base nitrogenada + fosfato, y pueden ser: nucleótidos de **adenina**, **uracilo**, **citocina**, y **guanina**; mientras que los nucleótidos del **ADN** (ácido desoxirribonucleico) se conforman de: desoxirribosa (pentosa) + base nitrogenada + fosfato, y pueden ser: nucleótidos de **adenina**, **timina**, **citocina**, y **guanina**.

Ahora bien... como dije, la pentosa es un glúcido (azúcar) de 5 carbonos (**1' – 5'**); y agrego, que dicha **pentosa** siempre se enlaza a su respectiva **base nitrogenada** por el carbono **1'**, y al **fosfato** por el carbono **5'**. Los nucleótidos pueden agruparse (enlazarse químicamente) formando cadenas lineales, uniéndose cada uno entre sí a través del **fosfato** que establece un tipo de **enlace puente** entre el carbono **5'** de la respectiva **pentosa** de **uno** y el carbono **3'** de la respectiva (idéntica) **pentosa** del **otro**.

La adición de sucesivos nucleótidos a una cadena de éstos preformada es siempre en la misma dirección; es decir, **siempre** en enlace: **5' – fosfato – 3'**; dicho de otra manera... el inicio de la cadena es siempre en el carbono **5'** de la **primera pentosa**, y el final de la cadena es siempre en el carbono **3'** de la **última pentosa**; es decir, un extremo de la cadena está en el carbono **5'** de la **pentosa inicial**, y el otro extremo está en el carbono **3'** de la **pentosa final**.

Ahora bien... cuando los nucleótidos que se unen linealmente entre sí son de **ribosa** (pentosa) y bases nitrogenadas: **A, U, C, o G**, la **única cadena** que se forma es la molécula de **ARN** (ácido ribonucleico). Y cuando los nucleótidos son de **desoxirribosa** (pentosa) y bases nitrogenadas: **A, T, C, o G**, dichos

nucleótidos forman **2 cadenas** lineales, **complementarias** entre sí a través del acoplamiento de sus respectivas bases nitrogenadas (A-T y C-G), y **antiparalelas** (no olvidar que las cadenas lineales de nucleótidos siempre corren en dirección **5' → 3'**); y la molécula formada es de **ADN** ([ácido desoxirribonucleico](#)). Algo importante... ambas moléculas (**ARN** y **ADN**) tienen forma helicoidal; es decir, presentan giros sucesivos hacia la derecha (sentido horario); y es ésta una forma de distribuirse en el espacio, producto de las fuerzas que se establecen entre los distintos enlaces de sus tres tipos de componentes: **pentosas**, **bases nitrogenadas**, y **fosfatos**.

Bueno... con lo explicado hasta aquí ya sabemos qué son el **ARN** y el **ADN**; ahora intentemos responder **para qué sirven**, cuáles son sus **razones de existencia** en la naturaleza; es decir, en la célula. Y para ello les propongo plantear la siguiente **analogía**...

Pensemos por un instante en el **alfabeto occidental**; ¿para qué sirve el mismo?; la respuesta es: ...; ¿y las palabras para qué sirven?; la respuesta es: ...; ¿y para qué precisamos las frases?; la respuesta es: ...; entonces ¿las palabras qué son?; la respuesta es: ...

Ahora bien... ¿cuántas letras contiene el alfabeto occidental?; la respuesta es: ...; ¿y cómo hacemos para construir palabras con esas 27 letras?; la respuesta es: ...; ¿y cuántas palabras podemos construir con ese procedimiento en nuestro idioma (castellano); dónde las podemos encontrar a todas ellas juntas?; la respuesta es: ...; ¿pero si el idioma es portugués, inglés, alemán, francés, italiano, etc. (occidental), qué alfabeto vamos a utilizar para construir palabras, y dónde vamos a encontrarlas todas ellas juntas?; la respuesta es: ...

Entonces siguiendo este razonamiento, ¿si estamos en clase y precisamos pedir el lápiz prestado al compañero/a, cómo nos comunicamos con él/ella?; una manera puede ser: **por favor, ¿tenés un lápiz para mí?**; ahora, si el compañero/a fuera un/a estudiante de intercambio y hablara sólo idioma inglés y no castellano, ¿cómo le comunicamos el pedido a él/ella?; una forma puede ser: **please, ¿have you got a pencil for me?** Pregunta... ¿comprenderá el/ella compañero/a lo que precisamos de su persona?; ¿nuestro pedido realizado en la lengua inglesa es el mismo que en el idioma castellano?; en fin... ¿habremos logrado comunicarnos a pesar de la barrera idiomática?; ¿qué alfabeto utilizamos para construir las correspondientes palabras en inglés que nos permitió pedir el lápiz prestado?; es decir, que nos facilitó la comunicación exacta de nuestra necesidad (un lápiz); la respuesta es: ... Y así llegamos a la **conclusión**: que podemos formar palabras cuyo significado (simbolizan) es el mismo (lápiz=pencil) en cualquier idioma occidental (castellano, portugués, inglés, francés, alemán, italiano, etc) combinando letras en cantidades indistintas y extraídas todas ellas del alfabeto occidental (27 letras en total); esas palabras las encontramos todas juntas en el diccionario respectivo de cada idioma; y las mismas las utilizamos para construir frases y comunicarnos en las respectivas lenguas occidentales (castellano, portugués, inglés, francés, alemán, italiano, etc.). Todo esto nos conduce al concepto: de que los idiomas occidentales, los pueblos de occidente, utilizan el mismo alfabeto

(occidental) para comunicarse; es decir, para codificar la misma información; iguales necesidades; sería lo mismo expresar qué el alfabeto occidental es universal para los pueblos de occidente; y que el conjunto de los respectivos diccionarios occidentales (castellano, portugués, inglés, alemán, francés, italiano, etc.) contiene todas las palabras posibles construidas con dicho alfabeto; entonces, todos esos diccionarios juntos, conforman un mismo código de comunicación; es decir, son capaces de permitirnos ensamblar (**por favor, ¿tenés un lápiz para mí?**) y transmitir (**please, ¿have you got a pencil for me?**) las mismas necesidades a la hora de comunicarnos, independientemente del idioma (lengua); las palabras y frases que utilicemos para ello. El código es único; es universal.

Ahora bien... **cómo relacionar todo lo planteado con la función que cumplen el ARN y el ADN** en la naturaleza; es decir, ¿qué o quién determina que una célula sea procariota, eucariota vegetal o eucariota animal?; y ¿cómo sabe la célula cuál es su destino...?; y ¿dónde está codificada (expresada, guardada) esa información?; la respuesta es: en el **ARN** y el **ADN**. Y entonces, ¿cómo se codifica dicha información?; acaso ¿existe un “alfabeto de la vida”?; y de existir, ¿de cuántas “letras” se compone?; y como tal, ¿se pueden construir “palabras” con dicho “alfabeto”?; y ¿cuáles y cuántas son esas “palabras” posibles?; y ¿cuántas “letras” precisa la naturaleza combinar para formarlas?; y ¿existe una sola y única forma de codificarlas (expresarlas, deletrearlas) o varias y distintas maneras de secuenciar dichas “letras” combinadas, y que refieren a un mismo significado; es decir, más de una “palabra (secuencia de letras)” puede ser utilizada para representar exactamente lo mismo?; y ¿todas las “palabras” posibles se componen del mismo número de “letras”?; y ¿se puede establecer un “diccionario (código)” que contenga la totalidad de esas únicas “palabras” posibles?; y ¿la naturaleza sólo puede y siempre utiliza las mismas “palabras” contenidas en el mismo y único “diccionario (código) de la vida”?; es decir, procariota, eucariota vegetal y animal; y por lo tanto todos los seres vivos existentes ¿qué código, qué “diccionario” utilizan; de dónde extraen las únicas, limitadas en número, y posibles “palabras” para codificar su información específica y propia de cada uno de ellos? Y la respuesta a todas estas interrogantes es: **sí**; hoy sabemos (la ciencia) que existe un “alfabeto de la vida”, compuesto por tan sólo **4 “letras”** (**A, T/U, C, G**); y que la naturaleza se las ha ingeniado para realizar **combinaciones de sólo 3 “letras”** siempre (**tripletes**) tomadas de las 4 posibles que conforman dicho alfabeto; y que estos tripletes (ATC, GUA, TCA, etc) **codifican 20 únicas posibles “palabras de la vida”** (**aminoácidos**) que existen en la naturaleza; y **que varios distintos tripletes pueden codificar (simbolizar, representar) una misma “palabra” (aminoácido)**; y por lo tanto, existen un **total de 61 tripletes** de los que la naturaleza elige los correspondientes y **sólo los correspondientes** para codificar los **20 aminoácidos** posibles; y que dichos tripletes conforman un **mismo y único “diccionario (código) de la vida”** que contiene las 20 posibles y únicas “palabras” que existen en la naturaleza y qué ésta las construye con el “alfabeto universal de la vida” (**A, T/U, C, G**); y las cuáles siempre se codifican (expresan) en las

“moléculas de la vida”: el **ARN** y el **ADN**. Este “diccionario (**código**) de la vida”, la ciencia lo denomina: el **código genético**; y el mismo **es igual para todos los seres vivos**; es **universal**; es decir, éstos **sólo** tienen la posibilidad de utilizar las únicas y posibles 20 “palabras de la vida” (**aminoácidos**) que existen en la naturaleza, **y sólo esas**, para codificar su información **respectiva propia** de cada uno de ellos.

Ahora bien... hasta aquí ya sabemos que existe un “alfabeto de la vida”, con el que la naturaleza construye las 20 “palabras de la vida”, y que las mismas la ciencia las ha agrupado en un “diccionario universal” llamado: el código genético; **pero ¿cómo sabe la célula cuáles de esas “palabras” están codificadas en una secuencia de nucleótidos?**; es decir, **¿cómo hace para identificar su propio destino (funciones a cumplir) contenido en la información que lleva consigo el ARN o ADN como “moléculas de la vida” que son?** Y la respuesta de la ciencia hoy es... A través de un proceso denominado **transcripción del ADN**, la célula **copia** la información codificada en una **secuencia de nucleótidos cualquiera** en un **momento determinado**, y solamente de **una de las hebras** (la que tiene dirección **3' → 5'**) que componen la doble hélice del **ADN** contenido en su **núcleo** respectivo. En este proceso participan las enzimas: **helicasa** que abre y separa las dos hebras del **ADN**, y la **ARN polimerasa** que forma la cadena de **ARNm antiparalela** (dirección **5' → 3'**) a la **hebra descubierta** (dirección **3' → 5'**) adicionando los **nucleótidos complementarios** a la misma. Todo este proceso acontece en el **núcleo** y una vez formado el **ARNm**, éste **sale** del mismo atravesando la envoltura nuclear por sus **poros**, y llega a los **ribosomas** que se encuentran en el **RER** dentro del **citoplasma**. Ya en los ribosomas, comienza el proceso de **traducción del ARNm** a los respectivos **aminoácidos** que se **corresponden** con cada **triplete** de la cadena de **ARNm** en cuestión; es decir, un **ARNt** que resulta **específico** de cada **aminoácido** va a identificar su **triplete codón complementario** y **antiparalelo** expuesto en el **ARNm** a traducir dentro del **ribosoma**; y así sucesivamente hasta completar la lectura de **toda la cadena de ARNm**; y una vez leídos (identificados) **todos** los **aminoácidos** de ésta, los mismos se ensamblan construyendo una **proteína**; todo esto posible debido a la existencia y formación en el nucléolo de la célula de **tres tipos de ARN**: el **mensajero (ARNm)**, el **ribosómico (ARNr)**, y el de **transferencia (ARNt)** en número de **20 (uno para cada aminoácido)**. Finalmente, el que se trate de una **proteína** u otra, siempre depende de **cuáles y cuántos aminoácidos** contiene, así como del **orden y repetición** de los mismos en ésta.

Ahora bien... ya podemos (la ciencia) responder cómo hace la célula para extraer (decodificar) la información contenida en su ADN, así como interpretar (traducir) la misma a proteínas. **Pero, ¿esa información codificada en el ADN, siempre se corresponde (es específica) con el mismo número y tipo de proteínas?**; es decir, **¿siempre expresa con las mismas “palabras” (aminoácidos) en idéntica secuencia (ordenamiento) las mismas “frases” (proteínas) y no otras posibles?** Y la respuesta es: ... las posibles **frases**

de la vida (las **proteínas**) siempre, **cada una** de ellas o **varias** (splicing alternativo) se **codifican** en un sector **único, propio, y específico** (exones) de la molécula de **ADN**, el cuál consiste en una **determinada e independiente** secuencia de nucleótidos (**cadena de tripletes** codones que se **corresponden** con los **respectivos aminoácidos**); y a la que por ser **localizada** (fija en la molécula) y **propia** (codifica **una/s proteína/s determinada/s**) se le denomina: **gen**. El conjunto de **genes** contenido en el **ADN** del núcleo/**nucleoide** de la célula es el **genoma** (que se **corresponde** con la **totalidad** de las **proteínas codificadas por éste**); y es **único** así como **propio** de cada **especie**; es decir, el **genoma** de una bacteria **no** es el mismo que el de un protozario, un hongo, un vegetal, o un animal; y dentro de un mismo reino también se presentan diferencias... pues, el **genoma** de una mosca **no** es igual que el de una abeja, ni el de un gato al de un perro, así como el de un simio **no** lo es al genoma del ser humano; en síntesis... es **específico** de cada **especie** y aun dentro de un mismo reino.

Bien... entonces hasta aquí ya podemos (la ciencia) decir que el **genoma** (la totalidad de los genes) de una **especie** dada **codifica** un **número y tipo** de **proteínas determinado**; y es esta regla de la biología la que explica el **porqué** de las **diferencias y/o pertenencia** de un **ser vivo** a **una u otra** especie. Y agregar... que un **gen** cualesquiera **perteneciente** a ese **genoma específico** de una especie **puede** codificar **una o varias proteínas** en **número** y también en **tipo**; **cambiando** así hoy en día (2010) el **viejo concepto**: que un gen siempre codifica la misma y única proteína.

Pero, ¿y si la célula necesita tener un doble de su ADN; es decir, una copia lo más fidedigna posible (casi idéntica) de la totalidad de sus genes (genoma), puede obtener ese doble; esa réplica de su material genético?; en caso afirmativo ¿cómo lo hace; qué procedimiento lleva adelante para dicha síntesis?; y ¿debe copiar toda la/s molécula/s de ADN; es decir, toda la secuencia de nucleótidos que conforman la totalidad del genoma?; y de ser así ¿copia las dos cadenas de la molécula de ADN; o sólo elige una de ellas como en la transcripción?; y respetando a la regla... la adición de nucleótidos entre sí siempre es en dirección 5' → 3' ¿cómo hace para copiar ambas cadenas antiparalelas al mismo tiempo? Y la respuesta es... la célula puede copiar su **genoma y lo hace a través de un proceso que se denomina: **replicación (duplicación) del ADN** en el cuál se copian **ambas cadenas** antiparalelas, pero **una** de ellas (la que lleva dirección 3' → 5') se copia en forma **continua**; mientras que la otra **antiparalela** (la que lleva dirección 5' → 3') lo hace en **pequeñas** secuencias de nucleótidos (fragmentos de Okazaki) que luego se **unen** entre sí para construir la **cadena entera**. En este proceso al igual que en la transcripción intervienen **enzimas**: una **girasa** que **desenrolla** la doble hélice, la **helicasa** que **abre y separa** las dos cadenas, la **ADN polimerasa** que **construye** las cadenas **complementarias y antiparalelas** de las respectivas **hebras** de la biomolécula, y por último una **ligasa** que **une** los fragmentos de **Okazaki** entre sí. Y así una vez culminado el proceso de **réplica de todo el ADN** contenido en el **núcleo**, éste pasa a tener un **doble** (duplicado) de su **genoma**.**

Ahora bien... hasta aquí ya podemos conceptualizar el Dogma Central de la Biología... qué ya no es un dogma, sino un **principio biológico** comprobado; y además **preguntarnos** acerca de la **relación entre éste y la evolución de los seres vivos** en la diversidad de especies existentes. Y para ello tomemos como ejemplo el **primer ser vivo** en la Tierra (**procariota heterótrofo**)... ¿cómo podemos explicar su evolución a procariota fotosintético anoxigénico...; y posteriormente a procariota fotosintético oxigénico...?; y ¿estos tres seres vivos primitivos tendrían el mismo ADN; es decir, los mismos e idénticos genes (genoma)?; y entonces ¿por qué razón uno de ellos era heterótrofo, el otro realizaba fotosíntesis anoxigénica, y el último, fotosíntesis oxigénica...? Imaginemos por un instante que una **secuencia de nucleótidos** localizada (**gen**) del **ADN** de uno de estos **seres vivos primitivos** procariotas, **codificaba** la información que **mandataba** a la célula (ser vivo) a realizar **fotosíntesis anoxigénica**; pero con el pasar del tiempo, se produjo un **cambio** (**sustitución** de una base nitrogenada por otra, o **destrucción** de alguna de ellas) en un **triplete codón** de esa **primitiva** secuencia de nucleótidos, y por lo tanto una **variación** en el **gen** encargado de ejecutar la mencionada “orden”; entonces la pregunta es: ¿ese **gen** alterado en uno de sus nucleótidos, a partir de ese momento codifica la realización de fotosíntesis anoxigénica; o el mensaje ya cambió...; es otra “orden” la que debe ejecutar desde ahora en adelante...? Y la respuesta es... Una vez que el **gen** sufre una mutación génica altera su **información codificada** y **manda** a la célula procariota (ser vivo) a realizar **otra** función (**fotosíntesis oxigénica**) **distinta** a la previa a la alteración de la **secuencia de nucleótidos** (**gen**) original. Estos cambios (**mutaciones**) acontecen al **azar**, y son **previos** a la **evolución del ser vivo**; es decir, **primero** se **muta** el **ADN** (**genoma**) y luego **evoluciona** el ser vivo a una **nueva especie**; a un **genoma distinto** construido con el **único código genético** (**universal**). Y son los agentes **físicos** (radiaciones, temperatura, humedad, presión, etc.) y **químicos** (componentes de la biosfera, tóxicos, fármacos, alimentos, etc.) que **producen** las **mutaciones** en forma **constante** y diferidas en los **tiempos** de la evolución (**millones de años**).

Ahora bien... como ya fue conceptualizado... hoy sabemos (la ciencia) que con posterioridad a la procariota fotosintética oxigénica, las formas de vida en la Tierra evolucionaron a **eucariotas** vegetales y animales; por lo tanto para el próximo análisis... vamos a centrarnos en esta última; y dentro de la estructura de la misma (eucariota), hagamos un enfoque sobre el **núcleo**. Es allí **únicamente** dónde se **localiza** la denominada **cromatina** (los ácidos nucleicos); la que puede encontrarse en 2 formas: desenrollada (**eucromatina**) y compactada leve/moderada (**heterocromatina**) o al máximo (**cromosomas**). Y esto nos lleva a la siguiente pregunta... ¿qué relación existe, si es que existe, entre los 2 estados posibles de la cromatina dentro del núcleo y los flujos de la información (Dogma Central de la Biología) codificada en el ADN del mismo?; es decir, ¿en qué estado está o debe estar la cromatina para que la célula transcriba, traduzca, y/o replique su

información codificada en sus genes (genoma)? Y la respuesta es... la **célula** transcribe, traduce, y/o replica su **ADN únicamente** en aquéllos sectores del mismo que se encuentran en estado de **eucromatina** (cromatina **desenrollada**) y cómo es lógico pensar... **nunca** en estado de **heterocromatina** (compactación leve/moderada) o **cromosomas** (máximo de compactación); baste **recordar** los procesos de **transcripción, traducción, y/o replicación** del **ADN**; es decir, el **Dogma Central de la Biología**, para deducir este concepto actual.

Cuando el **núcleo** de una célula se encuentra realizando **cualquiera** de las mencionadas funciones, se conceptúa que éste está en estado de **interfase** del ciclo celular y se le denomina: **núcleo de interfase**; y allí sólo se observa **heterocromatina** y **eucromatina**; la célula está cumpliendo sus **funciones metabólicas**; es decir, **sintetizando** (fabricando **sus proteínas codificadas** en su **genoma**). Pero ¿y el estado de cromosomas (máxima compactación de la cromatina) cuándo se observa; por qué razón el núcleo precisa compactar tanto (al máximo posible) su ADN?; y acabamos de conceptuar... es imposible para la célula transcribir, traducir, y/o replicar la información codificada en sus genes en este estado (**cromosoma**) de su cromatina, entonces ¿qué función cumple la misma en esa situación? Y para poder responder a dichas preguntas... debemos plantearnos una más retomando el concepto de **replicación** del **ADN**... ¿por qué y para qué precisa la célula un doble de su ADN; de su genoma; de su material genético?

La respuesta es... la **célula** precisa **replicar** su **ADN** para obtener una descendencia (**2 células hijas**) lo más **fidedigna** posible con ella; es decir, a través de un proceso de **división** del **núcleo/nucleoide** denominado **mitosis** (eucariota) y fisión binaria (procariota).

Y los pasos o **etapas** en el caso de la **mitosis** son: una vez que la célula (**eucariota**) duplicó su **ADN** (**replicación**) en el estado de **núcleo de interfase**, ingresa a la **profase** (1ª etapa) de la división mitótica, en dónde la **envoltura nuclear** así como el **nucléolo** se **desintegran**, y la **cromatina** comienza a **compactarse** en forma **progresiva** hasta llegar al estado de **máxima compactación** (cromosomas) en la **metafase** (2ª etapa); y es aquí dónde los **cromosomas** se **evidencian** y se disponen en la región **ecuatorial** de la célula. En el siguiente paso, la **anafase** (3ª etapa), los **cromosomas** se **reparten** en **iguales** cantidades hacia ambos **polos** de la célula y comienzan a organizarse en **2 pronúcleos** independientes que poseen **idéntico genoma**, **pero** aun dentro de un **citoplasma en común**. Luego sobreviene una **telofase** (4ª etapa), que se considera la **última** fase de la **mitosis**, y en la que se observan los **2 núcleos** ya formados y consolidados (**restauración** de **envoltura nuclear** y **nucléolo**, así como **heterocromatina** y **eucromatina**) compartiendo un **único** citoplasma. Y hasta aquí es el concepto de **mitosis**... que es el **proceso de división** del **núcleo** de una **célula** en **2 núcleos** “hijos” con **idénticos genomas** al **original**. Al final, para obtener **2 células** “hijas” de la **primera**, se produce la **citocinesis** con **escisión** del **citoplasma en común** a la **mitad**.

Ahora bien... ya hemos conceptualizado que los **cromosomas** se **evidencian** sólo en la **metafase** de la **mitosis**; y agregamos... al **conjunto** de esos **cromosomas** dispuestos en una **fotografía** o **dibujo/esquema** se le denomina: **cariotipo**. Un cariotipo **humano**; es decir, el conjunto de cromosomas de una célula **eucariota** somática (**no** gameto) humana, se compone de un total de **46 cromosomas** (**92** moléculas de **ADN**; pues recordemos su **replicación** previa en el núcleo de **interfase**), entonces... **cada cromosoma** está formado por **2 moléculas** de **ADN** a las que llamamos: **cromátidas hermanas**, que son **idénticas** la una con la otra (**réplicas entre sí**); y este número de **46** cromosomas es la **resultante** de **44 autosomas** y **2** cromosomas **sexuales** (**XX** o **XY**). A este tipo de célula se le denomina: **diploide** ($2n$), en donde **n** es el **número** de **cromosomas** de una célula **haploide** (n) como lo son los **gametos** masculino y femenino.

Ahora bien... hoy sabemos (la ciencia) que durante la **anafase** de la **mitosis** estas **92 cromátidas hermanas** (**92 moléculas** de **ADN**) **agrupadas** de a **2** por **cromosoma**, se **separan**, moviéndose **cada una de estas 2** hacia **uno** de los **polos** de la célula; de tal manera que al **final** de dicha etapa mitótica, en **un polo** van a quedar **46 cromátidas hermanas** y en el **polo opuesto** van a quedar las **correspondientes** otras **46 cromátidas hermanas** **réplicas** (cromosoma a cromosoma) de las **anteriores**. Y **cada** grupo de **46 cromátidas hermanas** (**46 moléculas** de **ADN**) se **corresponde** con los futuros **46 cromosomas** que van a contener los **núcleos** respectivos de las **2 células “hijas”** resultantes de la **suma** de los procesos **sucesivos** de **mitosis** y **citocinesis** ya conceptualizados.

Pero... ¿qué sucede si al momento de separarse las 92 cromátidas hermanas un par de ellas no puede hacerlo y migran las 2 juntas a un polo; en el polo opuesto cuántas cromátidas hermanas van a quedar agrupadas?; y ¿los núcleos respectivos de cada célula “hija” cuántos cromosomas van a contener cada uno de ellos; son esos núcleos y esas células “hijas” copias fidedignas de la célula que los/as originó?; y cuando a cada una de esas células “hijas” les toque dar “descendencia”, ¿los núcleos respectivos de sus células descendientes cuántos cromosomas van a contener cada uno de ellos?; entonces... ¿qué consecuencias son esperables ante esta situación anormal acontecida en la anafase de una célula cualquiera? Y la respuesta es... cuando se produce un error de esta índole en la **anafase** de una **célula cualquiera**, las **2 células “hijas”** descendientes **son** aneuploides; es decir, portadoras de **aneuploidías** en sus respectivos **núcleos**.