

Cuaderno N° 3, edición 2021**ADN, genes y código genético****Del ADN a la biotecnología moderna**

El conocimiento del ADN (ácido desoxirribonucleico), su estructura y función, fue determinante para el desarrollo de la biotecnología moderna. La estructura de doble hélice del ADN, que los investigadores James Watson y Francis Crick propusieron en 1953 proporcionó respuestas a muchas preguntas que se tenían sobre la herencia. Predijo la autorreplicación del material genético y la idea de que la información genética estaba contenida en la secuencia de las bases que conforman el ADN.

Más aún, con el correr de los años y de las investigaciones, se pudo determinar que todos los seres vivos contienen un ADN similar, formado a partir de las mismas unidades: los nucleótidos. Este código genético mediante el cual se “escriben” las instrucciones celulares es común a todos los organismos. Es decir que el ADN de un ser humano puede ser “leído” dentro de una bacteria, y una planta puede interpretar la información genética de otra planta diferente. A esta propiedad de la información genética se la conoce como “universalidad del código genético”.

El *código genético universal* es uno de los conceptos básicos para comprender los procesos de la biotecnología moderna. Por ejemplo, la posibilidad de generar organismos transgénicos, y que las instrucciones del ADN de un organismo puedan determinar nuevas características en organismos totalmente diferentes.

La función del ADN

El ADN tiene la función de “guardar información”. Es decir, contiene las instrucciones que determinan la forma y características de un organismo y sus

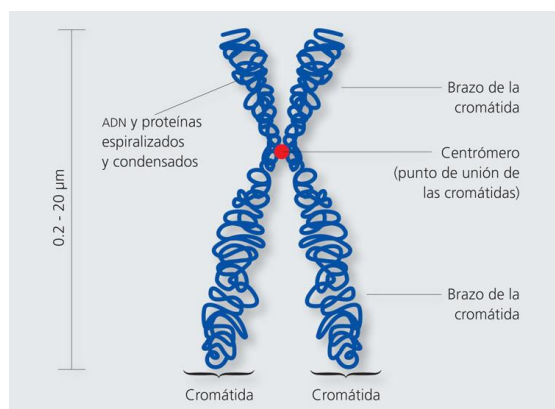
funciones. Además, a través del ADN se transmiten esas características a los descendientes durante la reproducción, tanto sexual como asexual.

Todas las células, procariotas y eucariotas, contienen ADN en sus células. En las células eucariotas el ADN está contenido dentro del núcleo celular, mientras que en las células procariotas, que no tienen un núcleo definido, el material genético está disperso en el citoplasma celular.

La estructura del ADN

El ADN está organizado en cromosomas. En las células eucariotas los cromosomas son lineales, mientras que los organismos procariotas, como las bacterias, presentan cromosomas circulares. Para cada especie, el número de cromosomas es fijo. Por ejemplo, los seres humanos tenemos 46 cromosomas en cada célula somática (no sexual), agrupados en 23 pares, de los cuales 22 son autosomas y un par es sexual. Una mujer tendrá un par de cromosomas sexuales XX y un varón tendrá un par XY.

Cada cromosoma tiene dos brazos, ubicados por arriba y por debajo del centrómero. Cuando los cromosomas se duplican, previo a la división celular, cada cromosoma está formado por dos moléculas de ADN unidas por el centrómero, conocidas como cromátidas hermanas.



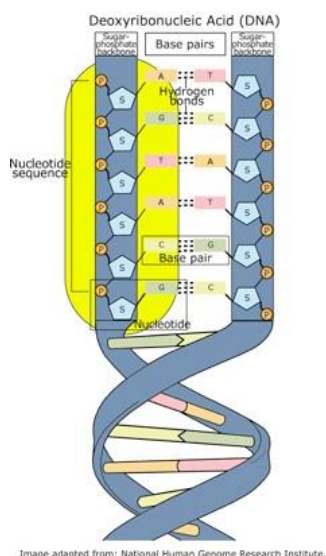
Esquema de un cromosoma duplicado

<https://www.correodelmaestro.com/publico>

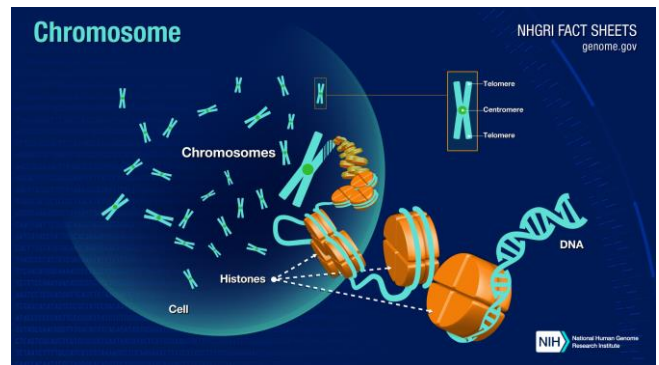
El ADN se compone de dos cadenas, cada una formada por nucleótidos. Cada nucleótido, a su vez, está compuesto por un azúcar (desoxirribosa), un grupo fosfato y una base nitrogenada. Las bases nitrogenadas son cuatro: adenina (A), timina (T), citosina (C) y guanina (G), y siempre una A se enfrenta a una T y una C se enfrenta a una G en la doble cadena. Las bases enfrentadas se dice que son complementarias (A-T; C-G).

El ADN adopta una forma de doble hélice, como una escalera caracol, donde los lados son cadenas de azúcares y fosfatos conectadas por “escalones”, que son las bases nitrogenadas. La molécula de ADN se asocia a proteínas, llamadas histonas, y se encuentra muy enrollada y compactada para formar el cromosoma. Esta asociación de ADN y proteínas se conoce como cromatina.

La cromatina puede estar enrollada en mayor o menor grado, dependiendo de la etapa en que se encuentra la célula; por ejemplo, cuando el ADN se ha duplicado antes de que la célula se divida, la cromatina se compacta en su mayor grado, y como resultado se pueden visualizar los cromosomas duplicados al microscopio como corpúsculos con forma de X, como mostramos en el esquema del cromosoma duplicado.



En la doble hélice de ADN, las bases nitrogenadas complementarias se ubican hacia dentro y establecen uniones no covalentes (o fuerzas de atracción) entre sí que mantienen la estructura de la molécula. Las desoxirribosas (azúcares) y los grupos fosfato constituyen las columnas de la molécula.



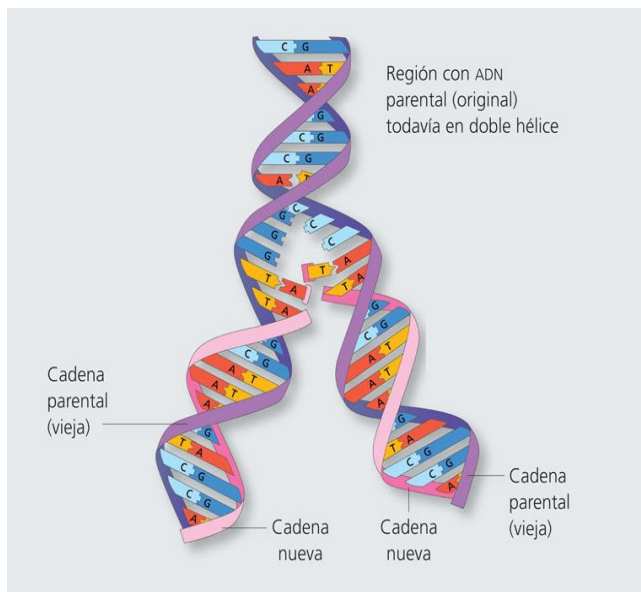
<https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Chromosomes-Fact-Sheet>

La imagen representa una célula eucariota en la cual se amplía un cromosoma, y se muestra la estructura del ADN que lo constituye. Un fragmento particular del ADN forma un gen que determina una característica particular. El ADN se forma a partir de la unión de nucleótidos, que pueden tener cuatro bases nitrogenadas diferentes: A, T, C, G.

Replicación semiconservativa del ADN de una célula eucariota.

Cuando la célula se divide, cada nueva célula que se forma debe portar toda la información genética, que determine sus características y funciones. Para eso, antes de dividirse, el ADN debe replicarse, es decir generar una copia de sí mismo. Durante la replicación, la molécula de ADN se desenrolla, separando sus cadenas. Cada una de éstas servirá como molde para la síntesis de nuevas hebras de ADN. Para eso, la enzima ADN-polimerasa coloca nucleótidos siguiendo la regla de apareamiento A-T y C-G. El proceso de replicación del ADN es semiconservativo, ya que, al finalizar la

duplicación, cada nueva molécula de ADN estará conformada por una hebra “vieja” (original) y una nueva.



Replicación del ADN

<https://www.correodelmaestro.com/publico>

¿Cómo se interpretan las instrucciones escritas en el ADN?

La información está guardada en el ADN en el código de secuencia de bases A, T, C y G que se combinan para originar “palabras” denominadas genes.

Los genes son fragmentos de ADN cuya secuencia nucleotídica codifica para una proteína. Es decir que a partir de la información “escrita” en ese fragmento de ADN se fabrica (sintetiza) un tipo particular de proteína. Aunque, en realidad, los genes también llevan la información necesaria para fabricar moléculas de ARN (ribosomal y de transferencia) que intervienen en el proceso de síntesis de proteínas.

Un gen no es una estructura que se vea, sino que se define a nivel funcional. Es una secuencia que va a empezar en algún lugar del ADN y va a terminar en otro. Para conocer un gen se secuencian, se determina la cantidad de los nucleótidos que lo

forman y el orden en que se ubican.

Todas las células de un organismo tienen el mismo genoma, o conjunto de genes. Pero, en cada célula se expresan los genes que se usan. Por ejemplo, aunque una célula de la piel tiene toda la información genética al igual que la célula del hígado, en la piel solo se expresarán aquellos genes que dan características de piel, mientras que los genes que dan características de hígado, estarán allí “apagados”. Por el contrario, los genes que dan rasgos de “hígado” estarán activos en el hígado e inactivos en la piel. Lo que no se usa se encuentra mayormente compactado. Este empaquetamiento puede ser temporal o definitivo.

La síntesis de proteínas

Las proteínas son macromoléculas que cumplen funciones variadas. Hay proteínas estructurales, otras son enzimas, otras transportan oxígeno como la hemoglobina, hay proteínas involucradas en la defensa inmunitaria, como los anticuerpos, otras cumplen funciones de hormonas como la insulina, etc. Así como el ADN está compuesto a partir de nucleótidos, las proteínas están compuestas a partir de aminoácidos. Hay 20 aminoácidos diferentes, y cada proteína tiene una secuencia de aminoácidos particular.

El proceso de síntesis de proteínas consta básicamente de dos etapas: la *transcripción* y la *traducción*. En la primera etapa, las “palabras” (genes) escritas en el ADN en el lenguaje de los nucleótidos se copian o transcriben a otra molécula, el ARN mensajero (ARNm). Luego, en la etapa siguiente, el ARNm se traduce al idioma de las proteínas, el de los aminoácidos. Este flujo de información se conoce como el “dogma central de la biología”.

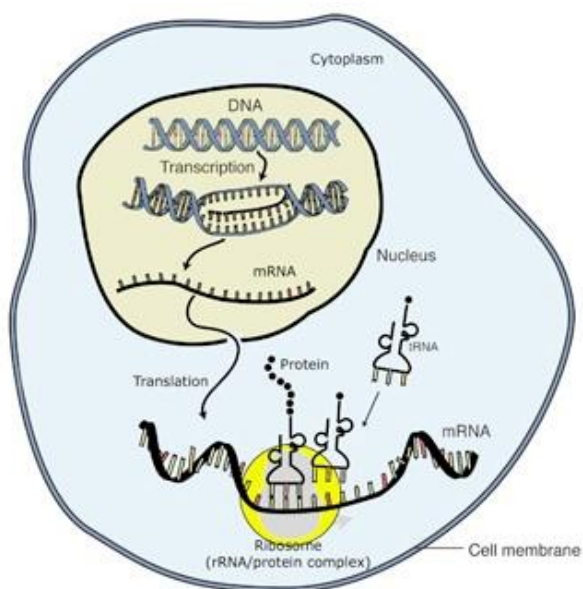


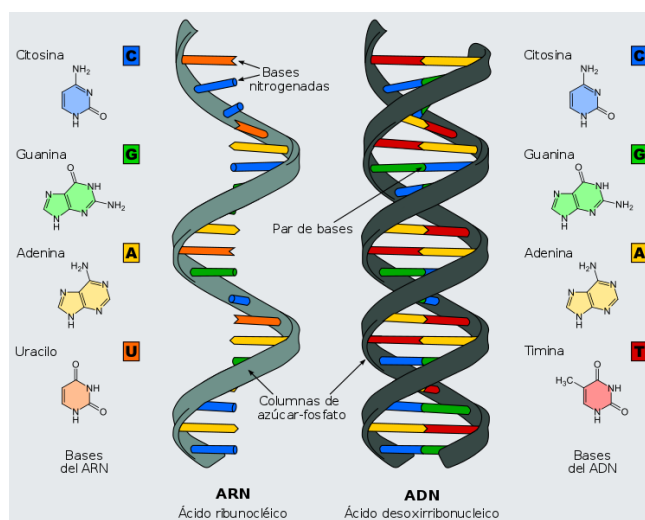
Image adapted from: National Human Genome Research Institute.

Proceso de síntesis de proteínas en una célula eucariota. La transcripción ocurre dentro del núcleo y la traducción en los ribosomas en el citoplasma.

La transcripción

Durante la transcripción la enzima ARN polimerasa, copia la secuencia de una hebra del ADN y fabrica una molécula de ARN complementaria al fragmento de ADN transcripto. El proceso es similar a la replicación del ADN, pero la molécula nueva que se forma es de cadena simple y se denomina ARN. Se denomina ARN mensajero porque va a llevar la información del ADN hacia los ribosomas, las organelas encargadas de fabricar las proteínas. El ARN, o ácido ribonucleico, es similar al ADN aunque no igual.

Como muestra la imagen siguiente, el ARN se diferencia del ADN en que es de cadena simple, en lugar del azúcar desoxirribosa tiene ribosa, y en lugar de la base nitrogenada timina (T), tiene uracilo (U).



Comparación de ARN y ADN

www.es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Difference_DNA_RNA

La traducción y el código genético

La molécula del ARN mensajero se traslada a los ribosomas donde ocurre la etapa de traducción. Durante esta etapa, el ribosoma lee la secuencia de nucleótidos del ARN mensajero por tripletes o tríos de nucleótidos, denominados codones. A medida que el ribosoma lee la secuencia de codones va formando una proteína, a partir de la unión de aminoácidos. Según cuál es el codón que el ribosoma “lee” va colocando el aminoácido que corresponde. Si se considera la combinación de las cuatro bases tomadas de a tres, existe un total de 64 codones posibles.

Cada codón determina qué aminoácido se colocará en la proteína que se está fabricando. De los 64 codones, 61 corresponden a aminoácidos y 3 son codones de terminación (stop), responsables de la finalización de la síntesis proteica. La siguiente tabla es el código genético o “diccionario” que permite traducir la información escrita en el lenguaje de los ácidos nucleicos (nucleótidos) al lenguaje de las proteínas (aminoácidos), y es universal, o sea, es válido para todos los seres vivos.

| | | Segunda base del codón | | | | | | | | |
|------------------------|-----|------------------------|-------------------|--------------|------------|---------------------|--------------|----------------|--------------|---|
| | | U | | C | | A | | G | | |
| Primera base del codón | U | UUU | fenil-alanina Phe | UCU | serina Ser | UAU | tirosina Tyr | UGU | cisteína Cys | U |
| | | UUC | | UCC | | UAC | | UGC | | C |
| | UUA | leucina Leu | UCA | | UAA | STOP | UGA | STOP | A | |
| | UUG | | UCG | | UAG | | UGG | triptofano Trp | G | |
| C | CUU | leucina Leu | CCU | prolina Pro | CAU | histidina His | CGU | arginina Arg | U | |
| | CUC | | CCC | | CAC | | CGC | | C | |
| | CUA | | CCA | | CAA | glutamina Gln | CGA | | A | |
| | CUG | | CCG | | CAG | | CGG | | G | |
| A | AUU | iso-leucina Ile | ACU | treonina Thr | AAU | asparragina Asn | AGU | serina Ser | U | |
| | AUC | | ACC | | AAC | | AGC | | C | |
| | AUA | | ACA | | AAA | lisina Lys | AGA | arginina Arg | A | |
| | AUG | metionina Met | ACG | | AAG | | AGG | | G | |
| G | GUU | valina Val | GCU | alanina Ala | GAU | ácido aspártico Asp | GGU | glicina Gly | U | |
| | GUC | | GCC | | GAC | | GGC | | C | |
| | GUA | | GCA | | GAA | ácido glutámico Glu | GGA | | A | |
| | GUG | | GCG | | GAG | | GGG | | G | |

Tabla de codones del ARN

La tabla del código genético es universal y permite conocer, a partir de la secuencia del ARN mensajero, cómo será la secuencia de la proteína para la cual el gen correspondiente codifica. Así, la secuencia ATG (AUG en el ARNm) codifica para el aminoácido metionina, y el codón TTT (UUU en el ARNm) codifica para el aminoácido fenilalanina en todos los organismos vivos. Como sólo existen 20 aminoácidos en la naturaleza, varios codones pueden codificar para el mismo aminoácido (por ejemplo, al aminoácido glicina le corresponden los codones GGU, GGC, GGA y GGG).

Cada codón del ARNm es leído por otro ARN, llamado ARN de transferencia (ARNt), que actúa como un “adaptador” entre la información que lleva el ARNm y los aminoácidos que deben ir colocándose para formar la proteína correspondiente.

El ARNt es muy pequeño comparado con los ARNm y tiene una secuencia, denominada anticodón que aparea (es decir, es complementaria) con el codón. Cada ARN de transferencia tiene un anticodón y “carga” un aminoácido en particular. Por ejemplo, el ARNt que tiene el anticodón UCA, se aparea al codón AGU, y carga el aminoácido serina (Ser). De la misma manera, el ARNt que carga tirosina (Tyr) se aparea, a través de su

anticodón, con el codón UAC. Así se va formando una cadena polipeptídica (proteína) a medida que los anticodones de los ARNt reconocen sus respectivos codones en el ARNm. Este proceso de síntesis proteica ocurre en los ribosomas.

¿Qué son las mutaciones?

A veces, y este es un fenómeno relativamente frecuente, la enzima que se encarga de la replicación del ADN (ADN polimerasa) se equivoca, es decir, coloca un nucleótido en lugar de otro. Si, por ejemplo, la enzima ADN polimerasa coloca una T en lugar de una A podría ocurrir que, al traducirse, se coloque en la proteína un aminoácido diferente del que correspondería. Por lo tanto, la proteína generada sería diferente en un aminoácido a la original.

Este cambio en el ADN, llamado mutación, podría alterar o anular la función de la proteína. Este ejemplo ilustra el efecto de los cambios o mutaciones puntuales (debidos a un único cambio en la secuencia) en la proteína final. En algunos casos las mutaciones pasan inadvertidas, pero también pueden provocar la falta de actividad de una proteína esencial y causar una enfermedad. De todas formas, la mayoría de las mutaciones no se manifiestan, o porque están en regiones del ADN donde no hay genes, o porque no cambian el aminoácido, o porque ese cambio no altera la función de la proteína. O bien podría alterarse la función y esto no resultar perjudicial. Tal es el caso del carácter color de ojos, donde el color claro se produce por falta de ciertas enzimas que fabrican los pigmentos del iris.

En realidad, las mutaciones son la base de la biodiversidad. Es decir que las pequeñas diferencias en el ADN es lo que determina que los seres vivos sean diferentes entre sí. Esta diversidad en las características, sumada a la existencia de un código genético común entre los seres vivos, son

dos hechos determinantes en el desarrollo de la biotecnología moderna.

El ADN y la biotecnología moderna

Cuando los científicos comprendieron la estructura de los genes y cómo la información que portaban se traducían en funciones o características, comenzaron a buscar la forma de aislarlos, analizarlos, modificarlos y hasta de transferirlos de un organismo a otro para conferirle una nueva característica. Justamente, de eso se trata la ingeniería genética, a la que podríamos definir como un conjunto de metodologías que nos permite transferir genes de un organismo a otro, y que dio impulso a la biotecnología moderna.

La ingeniería genética permite clonar (multiplicar) fragmentos de ADN y expresar genes (producir las proteínas para las cuales estos genes codifican) en organismos diferentes al de origen. Así, es posible obtener proteínas de interés en organismos diferentes del original del cual se extrajo el gen, mejorar cultivos y animales, producir fármacos, y obtener proteínas que utilizan diferentes industrias en sus procesos de elaboración.

Consideraciones metodológicas

El tema abordado en este Cuaderno se puede trabajar con alumnos de entre 13 y 17 años con diferente profundidad. Este tema se relaciona con una diversidad de conceptos que se trabajan en diferentes instancias del aprendizaje: seres vivos, biodiversidad, células, biomoléculas, genética y herencia, evolución, biotecnología, entre otros.

El objetivo de este Cuaderno y de las actividades que se proponen es sentar las bases que permitan luego comprender aspectos más avanzados o complejos de la biotecnología moderna y las técnicas de ingeniería genética que se tratan en los siguientes cuadernos. Con los alumnos más pequeños se puede transmitir la idea de material

genético a partir del parecido entre padres e hijos, por ejemplo, y a partir de allí introducir la idea de material genético en otros organismos que ellos conocen. Con los alumnos de nivel medio y superior se propone profundizar y trabajar con los docentes de química aspectos vinculados con la estructura química de la molécula de ADN, así como de las otras biomoléculas, y relacionarlas con su función.

Un concepto muy interesante sobre el que se sugiere reflexionar desde la enseñanza docente a partir de la estructura de ADN es el concepto de modelización. “La ciencia es un modo particular de interpretar la realidad, y para ello elabora modelos que no son más que meras representaciones empobrecidas, pero que permiten estudiar los fenómenos complejos que en ella se presentan. El modelo atómico, la doble hélice de ADN o el modelo de partículas no son la realidad en sí mismas sino una mera representación que selecciona los aspectos más relevantes y significativos para los investigadores y el problema que se plantean en un momento dado. Por ello, promover la elaboración e interpretación de modelos resulta una de las funciones más importantes de la enseñanza de las ciencias en la escuela, de manera que todos los recursos orientados hacia ese objetivo, lejos de alejarnos de nuestros programas de enseñanza (cada vez más cargados de información a medida que avanzan las ciencias), aproximan a nuestros alumnos a la concepción actual de ciencia”.

Es interesante analizar con los alumnos los esquemas o simbolismos empleados para representar la molécula de ADN, por ejemplo, las letras que representan a las bases nitrogenadas. Se recomienda a lo largo de las clases volver sobre la interpretación de los simbolismos para evaluar si los alumnos comprenden la relación entre las letras empleadas y las estructuras químicas que

representan.

Se sugiere explicitar los códigos y simbolismos que se emplean, construir equivalencias con otros lenguajes (traducir los textos en esquemas y los esquemas en textos). Por ejemplo, a diferencia de la letra C que representa el elemento carbono, en este caso la letra C representa una estructura más grande que es la base nitrogenada Citosina, conformada a partir de la unión de átomos de diversos elementos. También se sugiere construir modelos de ADN con materiales como cartulina o plastilina y trabajar con diferente profundidad aspectos vinculados a la estructura química, según si se trata de alumnos de nivel medio o superior.

Entre las actividades se sugiere el diseño de una red conceptual. Este recurso resulta muy útil como estrategia para repasar un tema estudiado, o como método para evaluar a los alumnos. El diseño de una red conceptual requiere tener los conceptos claros para poder expresarlos de manera clara y concisa. Es interesante, ya que a partir de los mismos conceptos los alumnos pueden diseñar redes conceptuales diferentes, pero todas pueden ser correctas. A su vez, el docente puede emplear esta metodología al enseñar cualquier tema, eligiendo los conceptos que quiere incluir en la red. Al emplear la red conceptual por primera vez se sugiere diseñar en clase entre todos una red para aprender la metodología y luego aplicarla cuando se considere adecuado.

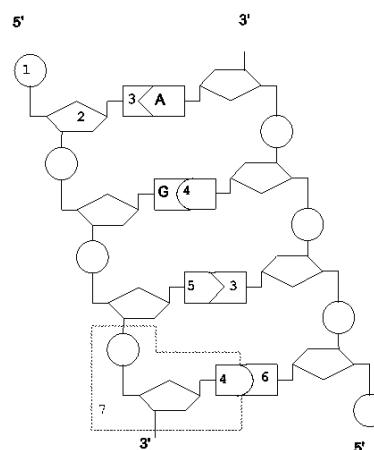
Otro aspecto que se resalta se refiere al modo de expresar los conceptos que se transmiten. Si bien en muchos textos y en la expresión oral se suele decir que el ADN está formado “por” nucleótidos, o que las proteínas están formadas “por” aminoácidos”, en este contexto se pretende precisar esta expresión. Por eso se dice que el ADN está formado “a partir” de nucleótidos, y las proteínas “a partir” de aminoácidos. Aunque puede parecer un detalle semántico, es un aspecto interesante para

trabajar desde el punto de vista de la precisión conceptual, y coordinar con los docentes de química para apoyar estos conceptos y trabajarlos en conjunto. La idea que se busca transmitir es que cuando los nucleótidos se unen y forman el ADN, sufren una transformación (pierden átomos) y por lo tanto dejan de ser las moléculas que eran para pasar a formar parte de una nueva molécula, es decir que los nucleótidos dejan de ser nucleótidos. Por eso, sería impreciso decir que el ADN está formado “por” nucleótidos, y es más correcto decir que está formado “a partir” de nucleótidos. Lo mismo respecto de otros monómeros que pasan a formar moléculas más complejas, como las proteínas que no están formadas “por” aminoácidos sino “a partir de” aminoácidos, o el almidón “a partir de” unidades de glucosa, etc.

Actividades

Actividad 1. La estructura del ADN

Indicar qué es lo que se observa en la figura y cómo se llaman las partes numeradas.

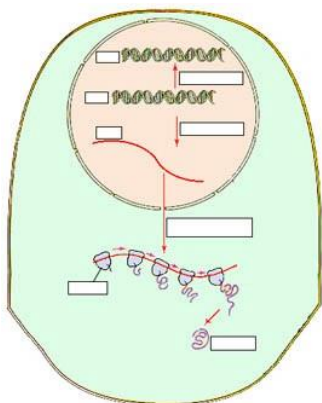


Rta. Se observa un modelo de la estructura del ADN formada por dos cadenas de nucleótidos complementarias. Las estructuras indicadas son: 1) fosfato; 2) desoxirribosa (azúcar); 3) timina; 4) citosina; 5) adenina; 6) guanina; 7) nucleótido. En el recuadro se observa uno de los nucleótidos que constituyen el ADN. Está formado por un grupo fosfato unido a la ribosa y esta, a su vez, está unida

a la base nitrogenada.

Actividad 2. Del ADN a la proteína

a. Completar los recuadros blancos del dibujo con los siguientes rótulos: ADN, ARNm, RIBOSOMA, PROTEÍNA, TRADUCCIÓN, REPLICACIÓN, TRANSCRIPCIÓN.



b. Completar los espacios en blanco:

La información genética se encuentra codificada en el ____¹. Esta molécula de gran tamaño se encuentra en el ____² de las células ____³ (como plantas, hongos y animales). La forma en que la información se encuentra codificada es igual en todos los organismos, por eso se dice que el código genético es ____⁴. Cuando una célula debe dividirse para reproducirse (tanto por mitosis como por meiosis) el ADN previamente se ____⁵. Cuando una molécula de ADN se superenrolla durante la mitosis o meiosis, puede ser vista a microscopio óptico con forma de X, esta estructura se denomina ____⁶. En cada molécula de ADN se encuentran muchos genes. En términos generales, se define gen como la porción de ADN que codifica para una ____⁷. Para que cada gen se exprese, deben ocurrir dos procesos: el primero consiste en la síntesis del ____⁸ que llevará el mensaje del ADN; este proceso se denomina ____⁹. El segundo proceso consiste en la síntesis de la ____¹⁰ respectiva en los ____¹¹, proceso en el cual interviene

también otro ____¹² conocido como ____¹³ que tiene un anticodón y el aminoácido correspondiente. Este proceso se denomina ____¹⁴. Un cambio en la secuencia del ADN se denomina ____¹⁵.

Respuestas: 1. ADN; 2. núcleo; 3. eucariotas; 4. universal; 5. duplica; 6. cromosoma; 7. proteína; 8. ARNm; 9. transcripción; 10. proteína; 11. ribosomas; 12. ARN; 13. ARN de transferencia; 14. traducción; 15. mutación.

Actividad 3. Diseño de una red conceptual

Esta actividad consiste en dar una lista de conceptos principales y unirlos en una red que debe seguir ciertas reglas:

1. Se debe unir de a dos conceptos por vez. Es decir que al terminar la red se pueden aislar dos conceptos y deben formar una frase coherente, que se inicia en uno de los conceptos y termina en el otro, siguiendo la dirección que indica la flecha.
2. Todos los conceptos deben formar parte de la red (no pueden quedar conceptos sueltos), y de cada concepto pueden salir o entrar más de una flecha.
3. En las frases empleadas para unir conceptos no se pueden repetir los conceptos principales dados por el docente. Tampoco usar expresiones como “el mismo” ya que es una forma de reiterar un concepto.
4. No se puede usar la negación (“no”) en las frases que unen conceptos ya que la idea es demostrar conocimientos mediante la afirmación.
5. Evitar en las frases que unen conceptos el empleo reiterado de términos tales como “es”,

“tiene”, “está”. Aunque estos términos pueden ser correctos, se pretende de los alumnos que puedan redactar una frase breve y más precisa, que manifieste ideas más exactas.

A continuación, se presenta una lista de conceptos y se muestra un modelo de red conceptual que se podría diseñar a partir de estos conceptos:

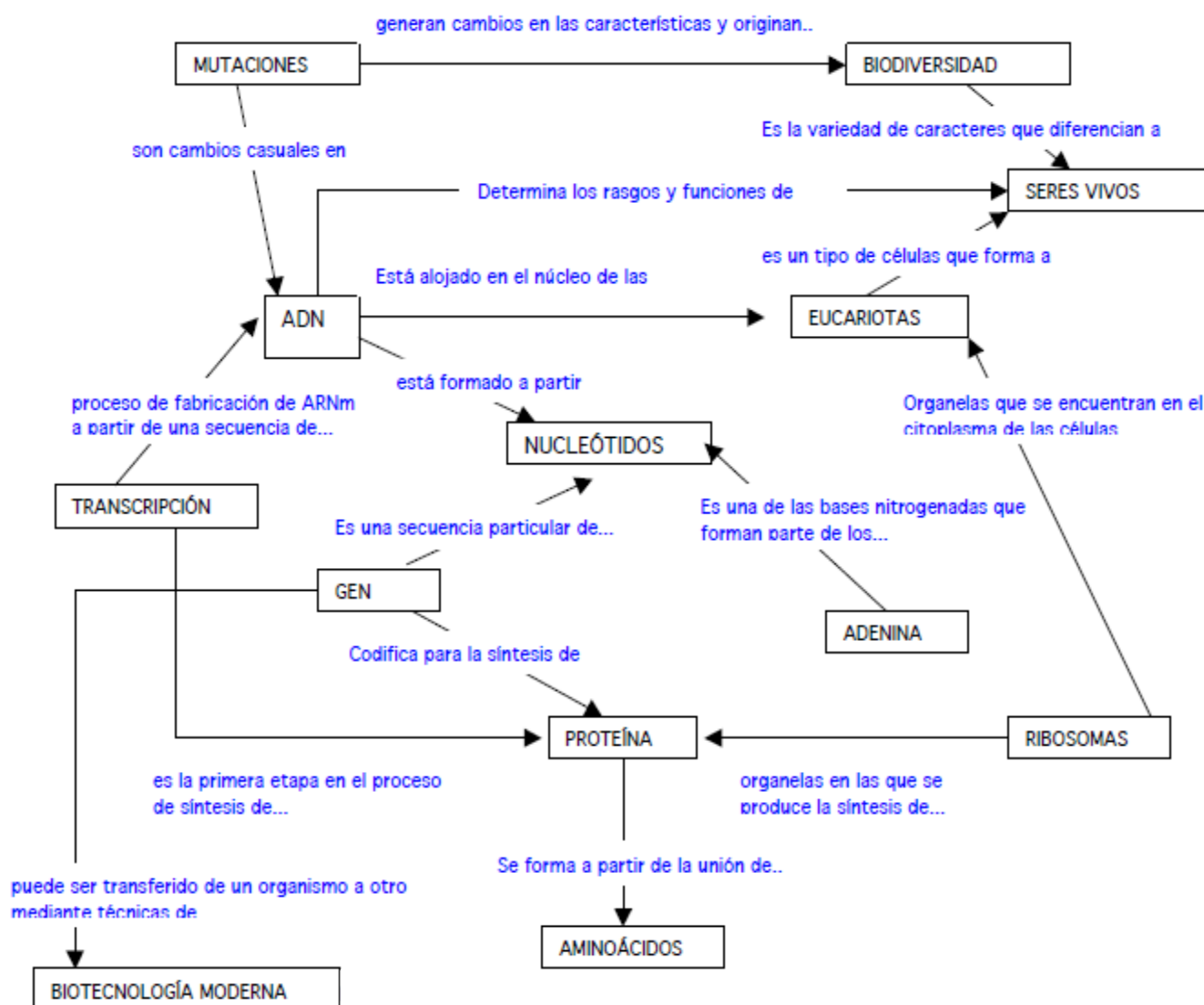
MUTACIONES, BIODIVERSIDAD, SERES VIVOS, EUCARIOTAS, NUCLEÓTIDOS, ADN, TRANSCRIPCIÓN, GEN, ADENINA, PROTEÍNA, RIBOSOMAS, AMINOÁCIDOS, BIOTECNOLOGÍA MODERNA.

Se sugiere armar una red conceptual con los

alumnos y luego dar otra lista de conceptos y dejar que lo hagan de forma individual o grupal. Luego hacer una puesta en común para analizar las diferentes redes que surgieron en la clase, y que los mismos alumnos puedan evaluar las redes diseñadas por sus pares.

Actividad 4. Las mutaciones

La anemia falciforme es una enfermedad que se debe a una mutación en un nucleótido del gen que tiene información para la fabricación de la hemoglobina. A partir del alelo mutado se generan moléculas de hemoglobina anormales. La secuencia de ADN que se muestra a continuación pertenece al gen que tiene la información para



fabricar un fragmento de la hemoglobina normal:
GTGCACCTGACTCCTGAGGAG
CACGTGGACTGAGGACTCCTC

a. Utilizando la tabla del código genético escribir la secuencia de aminoácidos que se sintetiza a partir de la hebra inferior del ADN.

Secuencia de ARNm:

GUGCACCUGACUCCUGAGGAG

Secuencia proteica: Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Glu

Nótese que la hebra de ARNm obtenido a partir de “leer” la hebra inferior del ADN es de secuencia igual a la hebra superior, sólo que en vez de T tiene U.

b. El fragmento de proteína que figura a continuación pertenece a la hemoglobina falciforme. Val-His-Leu-Thr-Pro-Val-Glu. Compará esta secuencia con la anterior y determiná cuál es el nucleótido que sufrió la mutación responsable de la anemia falciforme.

Rta. A partir de conocer que el aminoácido que cambió es Val por Glu, se puede deducir cuál es el triplete (codón) del ARNm alterado y, a partir de eso, deducir que el nucleótido que cambió en el ADN es A por T en la posición 17.

Actividad 5. Extracción de ADN vegetal.
(Adaptado de la Oficina de Biotecnología de la Univ. de Iowa).

Se recomienda ver el video “Extracción de ADN” en <https://vimeo.com/argenbio>

Los estudiantes extraerán ADN de bananas licuadas con agua. Una parte de esta mezcla de banana, luego es tratada con shampoo y sal, mezclada durante 5-10 minutos, y luego escurrida a través de un filtro de café. A lo filtrado se le agrega alcohol frío y es éste el momento cuando el ADN de la solución de banana se precipita y se hace visible.

El detergente disuelve los lípidos (moléculas grasas) y las proteínas de la membrana celular, rompiendo las uniones que mantienen la integridad de la misma. De esta forma se libera el contenido celular. Luego, el detergente forma complejos con los lípidos y las proteínas, permitiendo que los mismos sean separados del ADN por filtración. Así se libera el ADN. La sal permite que el ADN precipite en una solución fría de alcohol y que las cadenas de ADN no se corten.

Nota para el docente: se recomienda que el material vegetal utilizado sea con poca coloración para facilitar la observación de los resultados, como ser, bananas o cebollas.

En este caso se hará extracción de ADN de banana. Al final de la guía práctica se sugiere una serie de preguntas para analizar con los alumnos los resultados de la experiencia.

Materiales:

- 1 taza o vaso de plástico (por grupo)
- Licuadora
- Una cuchara plástica para medir y mezclar
- 2 filtros de papel de café N° 2 (conos)
- 20 ml de agua destilada
- Shampoo de color claro
- 1 banana
- Sal de mesa, con o sin Iodo
- 1 pipeta de transferencia plástica o un gotero médico
- 1 tubo de ensayo sellado que contenga 95% de etanol o 91% de alcohol isopropílico
- 1 conservadora con hielo para enfriar los tubos con alcohol
- 1 varilla de vidrio o 1 pipeta Pasteur

Procedimiento para la extracción del ADN

Preparar una solución de banana procesada con sal, agua destilada y shampoo (detergente) mediante los siguientes pasos:

1. En una licuadora, mezclar una banana por taza de agua destilada (250ml).
2. Licuar por 15-20 segundos, hasta que los dos ingredientes se mezclen bien.
3. En una taza, preparar una solución consistente en una cucharadita de té de shampoo y dos pizcas de sal.
4. Agregar 20 ml (4 cucharaditas) de agua destilada.
5. Disolver la sal y el shampoo revolviendo lentamente con la cuchara de plástico evitando formar espuma.
6. A la solución preparada en el paso 3, agregar tres cucharaditas de té de la mezcla de banana del paso 1.
7. Mezclar con la cuchara por 5-10 minutos.
8. Mientras uno de los miembros del grupo prepara la mezcla de banana, otro miembro pondrá el filtro N° 2 de café dentro de otra taza de plástico. Doblar el borde del filtro alrededor de la taza para que el filtro no toque el fondo de la taza.
9. Filtrar la mezcla vertiéndola dentro del filtro y dejar que drene por algunos minutos hasta obtener 5 ml aproximadamente de filtrado para testear.
10. Tomar un tubo de ensayo con alcohol frío.
Nota: Para mejores resultados el alcohol debe estar tan frío como sea posible.
11. Llenar la pipeta plástica con el filtrado y agregarlo al alcohol. El ADN no es soluble en alcohol. Cuando se agrega el filtrado al alcohol, los componentes, excepto el ADN, permanecen en la solución mientras el ADN precipita en la fase de alcohol.
12. Dejar reposar el tubo de ensayo por 2 a 3 minutos sin mover. Es importante no batir los contenidos del tubo de ensayo. Se puede observar el ADN blanco que precipita en la fase de alcohol.
13. Cuando se obtienen buenos resultados, habrá suficiente ADN para levantar con una varilla de vidrio (el ADN se enrolla a la varilla). O usando una pipeta de Pasteur que haya sido calentada en la punta para formar un gancho, se puede recuperar

(tomar) algo de ADN. El ADN tiene la apariencia de mucus blanco y fibroso.

Preguntas para el análisis de la experiencia

- a. ¿Por qué se puede suponer que la banana contiene ADN? ¿Dónde se encuentra ese ADN?
- b. ¿Qué otro tipo de sustancias es posible encontrar entre los componentes de la banana?
- c. ¿Cuál es la función del detergente en la experiencia? *Nota:* según el nivel de los alumnos es posible profundizar en los fundamentos químicos en los que se basa la acción del detergente.
- d. ¿Cuál es la función de la sal en la experiencia? *Nota:* según el nivel de los alumnos es posible profundizar en los fundamentos químicos en los que se basa la acción de la sal.
- e. ¿Cuál es la función del alcohol en la experiencia? *Nota:* según el nivel de los alumnos es posible profundizar en los fundamentos químicos en los que se basa la acción del alcohol.
- f. Al finalizar la experiencia se obtiene un mucus blanco y fibroso que sería el ADN. ¿Es posible que la molécula de ADN se visualice a simple vista? ¿Por qué? *Rta.* No, se puede visualizar una molécula de ADN debido a su tamaño microscópico.
- g. A partir de la respuesta anterior, ¿qué creen que contiene “el ADN” obtenido en la experiencia? *Rta.* Se obtienen miles o millones de moléculas de ADN juntas. Posiblemente contengan otros “contaminantes” por el proceso de extracción empleado.

Nota para el docente: Para finalizar la actividad experimental, se sugiere formular a los alumnos una pregunta que promueva la reflexión acerca de la presencia de ADN en los alimentos que consumimos.

1. ¿Se podría utilizar otros alimentos para extraer ADN? En tal caso, ¿cuáles podrían ser esos

alimentos? *Rta.* Se podría emplear cualquier alimento de origen vegetal o animal, también levaduras.

2. ¿Se podría decir, entonces, que comemos genes?

Rta. Sí, comemos los genes todo el tiempo.

3. ¿Qué ocurre con el material genético que se consume? *Rta.* Los genes (ADN) que ingerimos son degradados durante la digestión sin importar su origen, animal, vegetal, original a la especie o transgénico.

Material de consulta

- La doble hélice. Un relato autobiográfico sobre el descubrimiento del ADN. James Watson (1968). Salvat Editores S.A. Barcelona. 1993.
- ADN, 50 años no es nada. Alberto Díaz, Diego Golombek (comps.). Siglo veintiuno editores Argentina. 2004.
- Centro para la enseñanza de la genética. Universidad de UTA.
www.learn.genetics.utah.edu
- Correo del Maestro. Número 107, abril 2005. La modelización en la enseñanza de las ciencias naturales. Una propuesta de la construcción de modelos científicos para la escuela primaria. Por Bárbara Peisajovich.
<http://www.correodelmaestro.com/>
- Correo del Maestro, Revista para profesores de educación básica.
https://www.correodelmaestro.com/publico/html5022016/capitulo3/ensenar_genetica_en_la_escuela.html
- Recursos didácticos para biología en español. Contiene texto, animaciones, prácticas de laboratorio, y ejercitación con sus respuestas.
<http://www.educastur.es/>
- Hipertextos del área de la Biología, Universidad Nacional del Nordeste. Fac. de Agroindustrias, Saenz Peña, Chaco • Fac. Ciencias Agrarias, Corrientes. Argentina.
<http://www.biologia.edu.ar/>
- Video sobre transgénicos.
https://www.youtube.com/infoalimentos_cultivos_transgenicos

"El Cuaderno" de PQBio es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico de ArgenBio. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo Por Qué Biotecnología – ArgenBio.