

PRIMERO la
Secundaria

BIOLOGÍA

Módulo

1

Genética



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Presidencia de la Nación

PRIMERO la
Secundaria

BIOLOGÍA

Módulo

1

Genética

Contenido

Presentación

1. Introducción a la célula y el ADN
 2. La replicación del ADN
 3. Del ADN al ARN: transcripción
 4. Del ARN al polipéptido: traducción
 5. Los procesos Históricos que culminaron en el modelo actual de ADN
-

Actividades

Respuestas a las actividades

Bibliografía

Presentación

Antes de comenzar con los temas del primer módulo de Biología, te acercamos algunas orientaciones para organizar el estudio.

Para repasar para el examen, te brindamos material de lectura que te servirá para recordar los temas que ya trabajaste en clase y, al finalizar, encontrarás actividades que te ayudarán a concentrarte en los temas más importantes.

Te sugerimos que dediques entre una hora y media o dos, por día, al estudio y la práctica así, en una semana, alcanzarás a preparar todo el módulo.

A tal fin, vamos a seguir un itinerario con los temas más importantes: iniciaremos con la comprensión básica del flujo de la información genética que involucra la relación entre cromosomas, genes, ADN, ARN y proteínas, así como entre la replicación del ADN y los procesos de reproducción celular. El objetivo aquí es que recuerdes y asimiles conceptos básicos que te van a servir para estudiar los siguientes temas.

Seguiremos con la interpretación del proceso histórico que culminó con la postulación del modelo de doble hélice del ADN y cómo este descubrimiento ayudó a la comprensión de la transmisión de la información genética. En esta parte, el objetivo es que comprendas la estructura del ADN y la noción de gen.

En este primer módulo, entonces, te proponemos el estudio de la Biología desde una interpretación de los procesos biológicos que intervienen en el flujo de la información genética, así como la relación entre estos procesos con el ambiente. Vamos a analizar los eventos históricos más importantes que culminaron en la noción actual de gen, para entender un poco más la investigación científica.

1. Introducción a la célula y el ADN

Todos los organismos vivos están conformados por una unidad básica: la **célula**.

Los organismos eucariotas, que estudiaremos en este módulo, están conformados por muchas de estas unidades básicas, que integran toda la maquinaria imprescindible para que el organismo se mantenga vivo. Estas células se comportan como un pequeño organismo independiente: nacen, crecen, se reproducen y mueren (¡y hasta respiran!).

Una parte esencial de la célula es su **núcleo**, que contiene toda la información necesaria para el desarrollo de cada una de las células como para su interacción con otras células. Esta información se hereda de los organismos progenitores y está contenida en estructuras compactas denominadas **cromosomas** que están conformadas por una molécula larga con forma de doble hélice llamada **ADN** (ácido desoxirribonucleico).

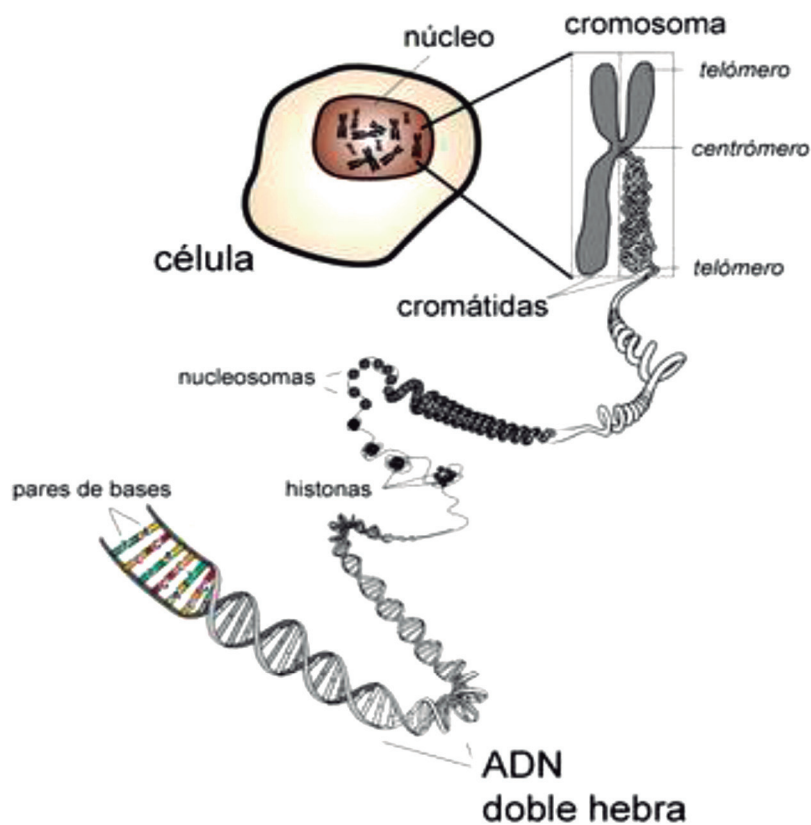


Figura 1: La célula, su núcleo, los cromosomas y el ADN.

Fuente: <https://www.educ.ar/recursos/103500/adn-la-doble-helice-que-cambio-la-ciencia>

El ADN está formado por dos cadenas de unidades repetitivas, **nucleótidos**, formadas a su vez por **bases nitrogenadas complementarias** entre cadenas. Veremos más sobre la estructura del ADN en los siguientes temas de este módulo.

Su función principal es el almacenamiento de información para construir otros componentes de las células, como las **proteínas** y las moléculas de **ARN**, que trataremos más adelante en el módulo. Los segmentos de ADN que llevan esta información genética son llamados **genes**.

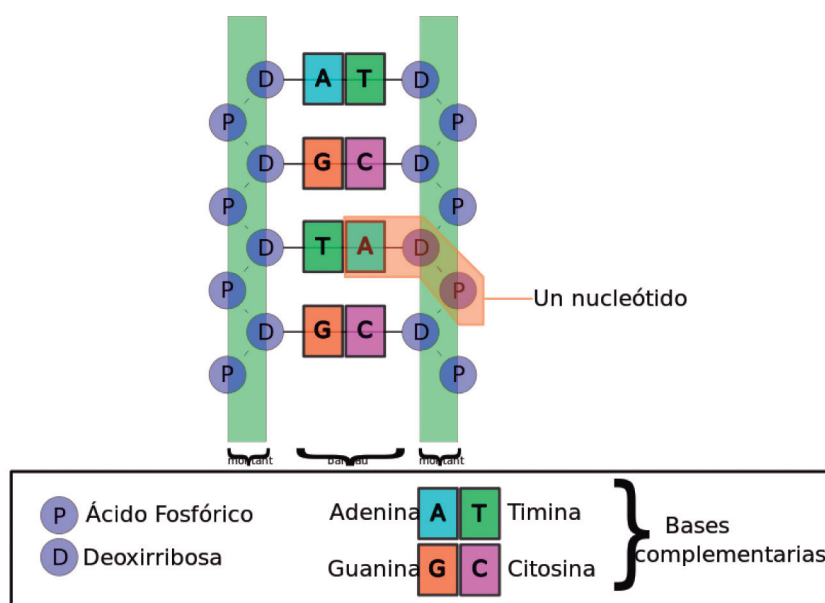


Figura 2: Esquema de la estructura del ADN

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Estructura_primaria_del_ADN.svg

2. La replicación del ADN

Como mencionamos antes, las células tienen la capacidad de reproducirse para generar células nuevas.

Para recordar el ciclo celular:

<https://www.educ.ar/recursos/70193/el-ciclo-celular>

Encontrarás este material en la plataforma, Página del estudiante: Recursos para el estudio / Biología 1 / Ciclo celular

Al tiempo que una célula se reproduce, es necesario que su ADN se duplique o **replique**; de esta forma, las células hijas poseerán exactamente la misma información genética que las células progenitoras. Durante la **interfase** del ciclo celular, el ADN, que se encontraba compactado formando **cromosomas**, se asocia a proteínas llamadas histonas y se desenrolla en largas y delicadas hebras (**cromatina**) para que la replicación se lleve a cabo.

El inicio de la replicación del ADN, que se da durante la **fase S** del ciclo celular, está marcado por una secuencia específica de nucleótidos llamada **origen de replicación** o **secuencia de**

replicación autónoma, que, en eucariotas, no es único, sino que puede haber varios por molécula de ADN. Aquí, las dos cadenas complementarias se separan por acción de la **enzima helicasa**, generándose una **horquilla de replicación** y sirviendo cada cadena como molde para la adición de nucleótidos.

Por su parte, la **enzima ADN polimerasa** se une a la cadena molde para prolongar la nueva cadena complementaria, añadiendo nucleótidos uno por uno por complementariedad de bases. Así, la replicación avanza de forma bidireccional, generándose dos cadenas nuevas a partir de las dos cadenas originales que actúan como moldes.

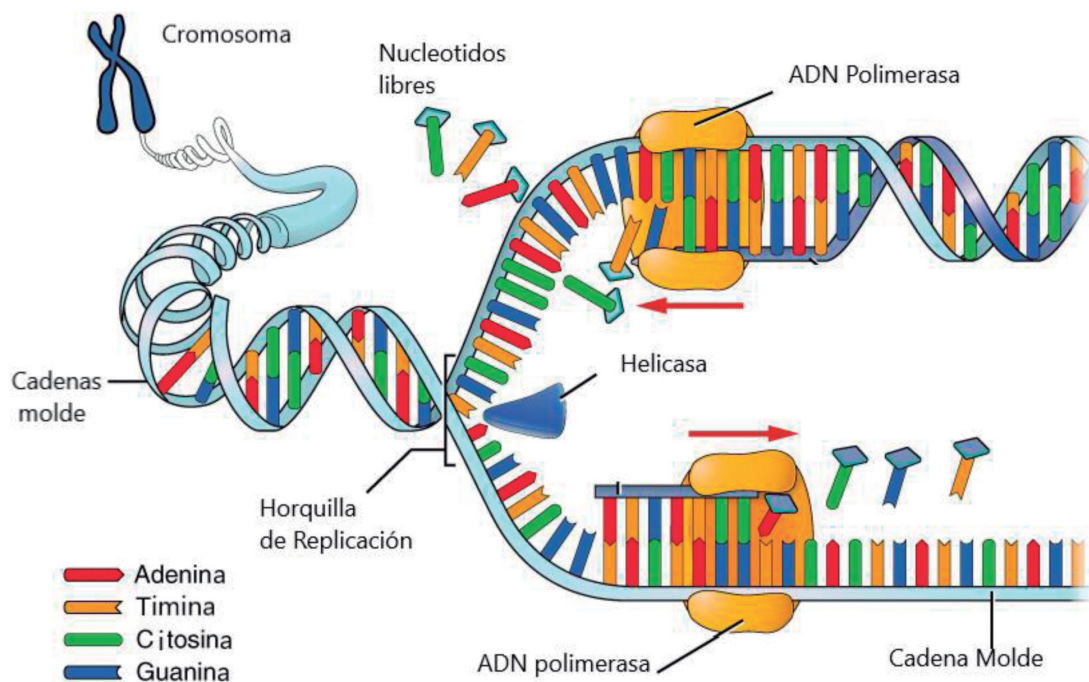


Figura 3: Esquema básico de la replicación del ADN

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:0323_DNA_Replication.jpg

Muchos errores espontáneos que se producen durante la replicación del ADN son corregidos por la misma ADN polimerasa y, también, hay mecanismos que controlan y reparan daños en el ADN. Los errores que no llegan a corregirse generan mutaciones (abordaremos este tema con mayor profundidad en el módulo 2).

Hubo muchas teorías sobre cómo se duplicaba el ADN hasta que J. Watson y F. Crick (hablaremos de ellos en los siguientes temas de este módulo) demostraron la forma semiconservativa.

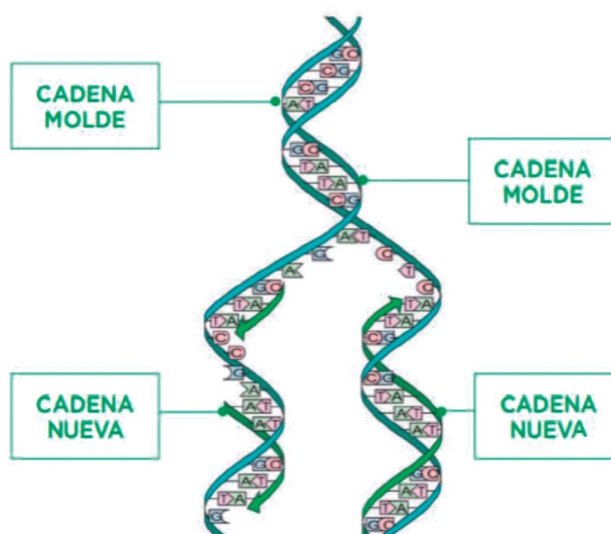


Figura 4: Esquema de la replicación semiconservativa del ADN

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DNA_replication_split.svg

Podes profundizar sobre la replicación del ADN:

http://www.aportes.educ.ar/sitios/aportes/recurso/index?rec_id=107677&nucleo=biologia_nucleo_arte

Encontrarás este material en la plataforma, Página del estudiante: Recursos para el estudio / Biología 1 / Replicación del ADN

Entonces, es posible nombrar tres propiedades fundamentales del proceso de replicación del ADN:

1. Es semiconservativo, ya que ambas cadenas de la doble hélice sirven como molde para cadenas nuevas.
2. Comienza en sitios específicos llamados origen de replicación.
3. Es bidireccional, ya que a partir de una horquilla de replicación, se comienza a prolongar una cadena nueva en una dirección y otra en la dirección opuesta, siguiendo el molde de las cadenas originales.

3. Del ADN al ARN: transcripción

En 1957, Francis Crick estableció que la información genética puede fluir de un ácido nucleico a una proteína, pero no de una proteína a otra proteína o a un ácido nucleico (veremos más sobre sus descubrimientos en los siguientes temas de este módulo).

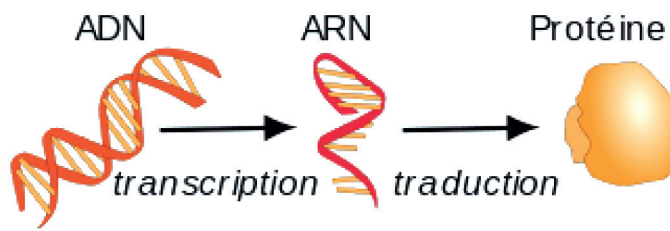


Figura 5: El dogma central de la biología establecido por Francis Crick en 1957

Fuente: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dogme-central-BioMol.svg>

Así, es necesario que la información contenida en el ADN se codifique hasta generarse una proteína. El estado intermedio de la información, la Transcripción del ADN, es la transferencia de la información desde el ADN al ARN (ácido ribonucleico), otro ácido nucleico similar al ADN pero formado por una cadena simple y lineal de ribonucleótidos.

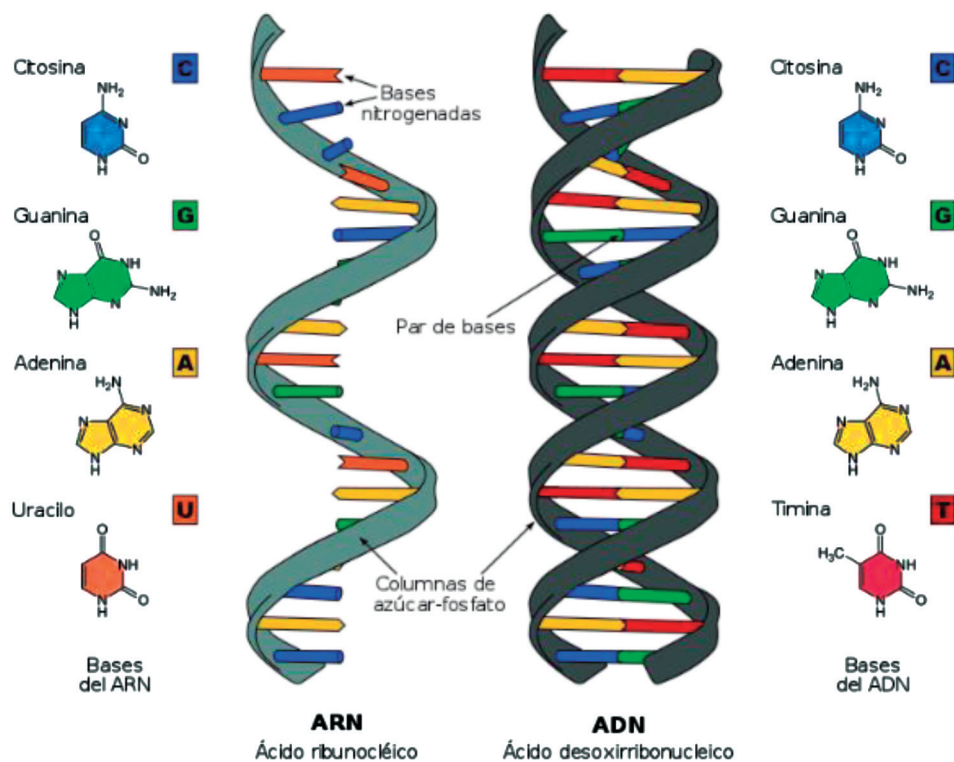


Figura 6: Diferencias entre ARN y ADN

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difference_DNA_RNA-ES.svg

Hay tres clases de ARN que son de nuestro interés: el ARN mensajero (ARNm) que llevará la información para el armado de la proteína, el ARN ribosómico (ARNr) y el ARN de transferencia (ARNt), que forman parte de la maquinaria de la síntesis proteica. Aunque las funciones de los distintos tipos

de ARN son distintas, el proceso de transcripción es el mismo para todos. En este módulo vamos a trabajar sobre el camino del ARNm ya que, a partir de él, se obtendrá la proteína final.

La transcripción de ADN a ARN sigue el mismo principio de apareamiento de bases que la replicación de ADN. Comienza con la **iniciación** en una secuencia específica del ADN, llamada promotor, que será el punto exacto de inicio de la transcripción, estableciendo cuál de las dos cadenas será la cadena molde y cuál será la cadena codificante.

Primero, la enzima helicasa separa las hebras de ADN en este punto. Posteriormente, se unen factores y proteínas de transcripción que permitirán el acceso de la ARN polimerasa al molde de ADN de cadena simple, siendo esta la última en posicionarse. Cuando se forma el complejo abierto, la ARN polimerasa comienza a unir ribonucleótidos por apareamiento complementario de bases a la cadena de ADN elongando así la cadena del ARNm.

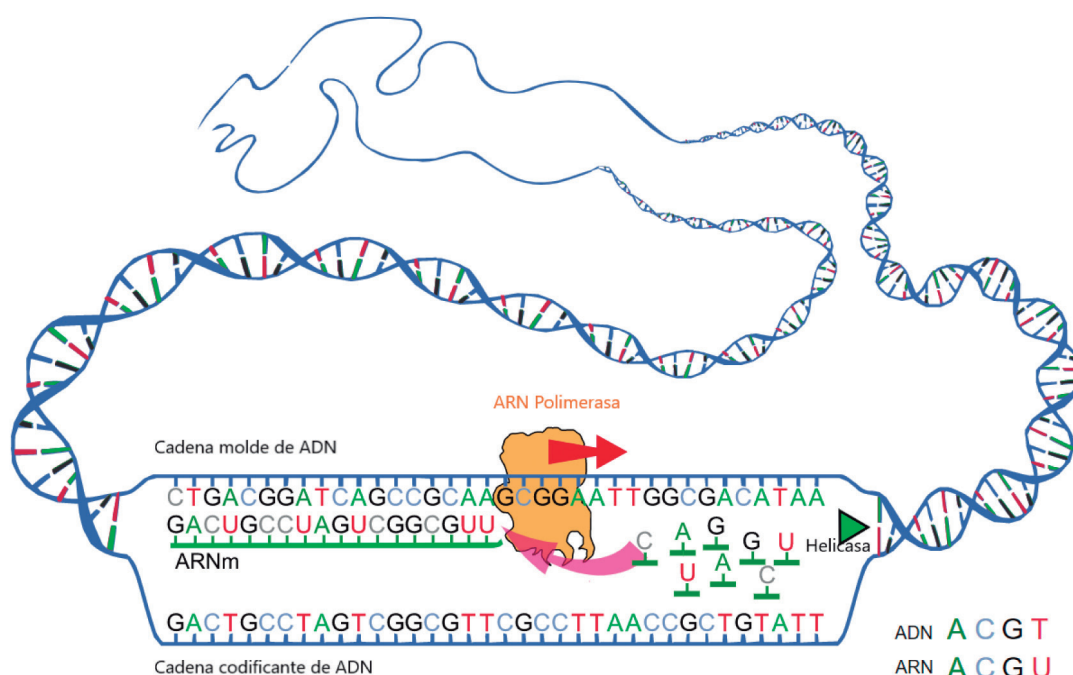


Figura 7: Esquema básico de el proceso de Transcripción del ADN

Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SVT_ADN-Transcription-FR.svg

Al finalizar la síntesis de ARNm, esta molécula se separa completamente del ADN (que recupera su forma original) y también de la ARN polimerasa, terminando la transcripción. La terminación está señalizada por la información contenida en sitios de la secuencia del ADN que se está transcribiendo, motivo por el cual la ARN polimerasa se detiene al transcribir algunas secuencias especiales del ADN.

Leé más sobre la transcripción del ADN en:

<http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/LosCompuestosOrganicos/1111/Transcripcion.htm>

Encontrarás este material en la plataforma, Página del estudiante: Recursos para el estudio / Biología 1 / Transcripción del ADN

4. Del ARN al polipéptido: traducción

Toda la información necesaria para la síntesis de **proteínas (polipéptidos)** ya está simplificada en una molécula de ARNm, ¿cuál es el paso final hasta tener la proteína?

La conversión de la secuencia de nucleótidos del ARNm a una secuencia de aminoácidos de un polipéptido se denomina **Traducción** y, a diferencia de los dos procesos de los que hablamos anteriormente, la traducción no se da en el núcleo sino en el citoplasma de la célula, por lo cual el ARNm al finalizar la transcripción va desde el núcleo al citoplasma para ser traducido.

Una proteína es una macromolécula formada por cadenas lineales de aminoácidos. En la naturaleza hay 20 aminoácidos distintos. Cada aminoácido está codificado por una secuencia de 3 nucleótidos, llamada **codón**.

Así, por ejemplo, el codón A-U-G codifica para el aminoácido Metionina. Gracias a las muchas combinaciones de nucleótidos para formar un codón posible, la combinación de aminoácidos también es muy grande, dando como resultado muchos tipos distintos de polipéptidos.

¿Te acordás de los otros tipos de ARN? Ahora entran en juego. El ARNr forma ribosomas que son las grandes maquinarias sintetizadoras de los polipéptidos. Los ARNt van a ser los adaptadores entre los aminoácidos y el ARNm: por un lado "leen" los codones en el ARNm (este lado se llama **anticodón**) y, por otro, se acoplan al aminoácido correspondiente al codón de forma muy específica.

La iniciación de la traducción se da con la formación del **complejo de iniciación**: ARNm + un ARNr pequeño + ARNt iniciador. El primer ARNt se une al codón de iniciación y un segundo ARNt ingresa al segundo lugar. Los primeros aminoácidos están listos para iniciar la proteína. El ARNr se corre y se liberan los ARNt que ya cumplieron su función al tiempo que ingresan nuevos ARNt con sus aminoácidos. Una enzima une los aminoácidos, formando la secuencia de la proteína. A medida que el ARNr se mueve, va dejando espacio en el ARNm para que otro complejo de iniciación se forme, y de este modo, pueden sintetizarse varias cadenas polipeptídicas a la vez a partir de un ARNm.

Hacia el final de la cadena de ARNm hay **codones de terminación**, para los cuales el ARNt no puede codificar ningún aminoácido; entonces, la traducción se detiene, liberándose la cadena polipeptídica. Durante la síntesis, las cadenas polipeptídicas comienzan a plegarse con ayuda de grupos de enzimas llamadas **chaperonas**. Las proteínas al ser liberadas, cuando finaliza la traducción, se dirigen a distintos compartimientos celulares según secuencias aminoacídicas, que actúan como señales que les permiten llegar a su destino final.

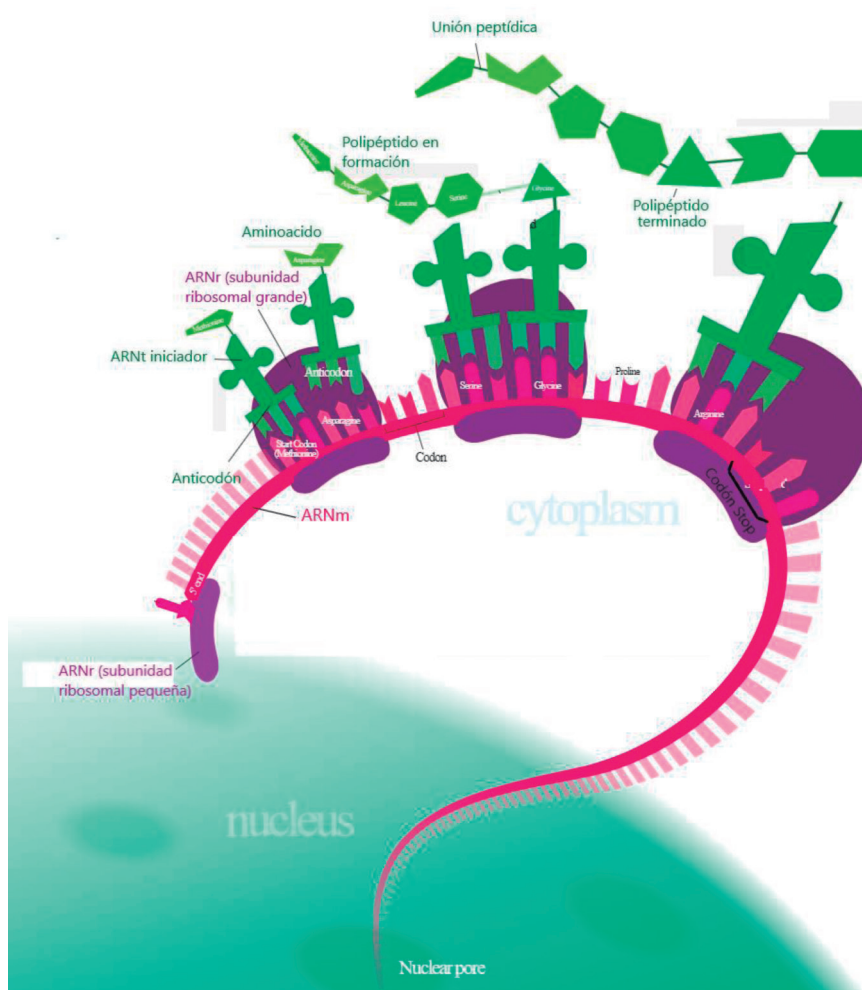


Figura 8: Esquema básico de la Traducción

Fuente: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protein_synthesis_\(editors_version\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Protein_synthesis_(editors_version).svg)

Podés ampliar sobre la Traducción en:

<http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/LosCompuestosOrganicos/1111/Traduccion.htm>

Encontrarás este material en la plataforma, Página del estudiante: Recursos para el estudio / Biología 1 / Traducción

5. Los procesos Históricos que culminaron en el modelo actual de ADN

A comienzos de la década de 1950, James D. Watson y Francis H. Crick habían acordado que el ADN era una molécula muy grande, larga y delgada, con forma de hélice que contenía la información genética de los seres vivos. Así también, estaba formada por cuatro nucleótidos, compuestos por una base nitrogenada, un azúcar de desoxirribosa y un grupo fosfato.

Los nucleótidos, a su vez, estaban constituidos por dos clases de bases nitrogenadas: las purinas adenina (A) y guanina (G), y las pirimidinas citosina (C) y timina (T). Entre los individuos de una misma especie, el ADN tiene igual proporción de A que de T, e igual proporción de G que de C.

Entre las evidencias que tenían para estas hipótesis se destacan, por un lado, las imágenes de Rosalind Franklin quien trabajó en el mismo laboratorio con Maurice Wilkins y obtuvo fotografías al aplicar la técnica de difracción de rayos X, que describían la estructura de doble hélice del ADN. Por otro lado, los datos de Erwin Chargaff que indicaban que la cantidad de Adenina era igual a la cantidad de Timidina y la de Citosina igual a la de Guanina.

Wilkins mostró las imágenes de Franklin -sin su permiso- a Watson y Crick, y estos los orientó y motivó para la descripción del modelo de doble hélice.

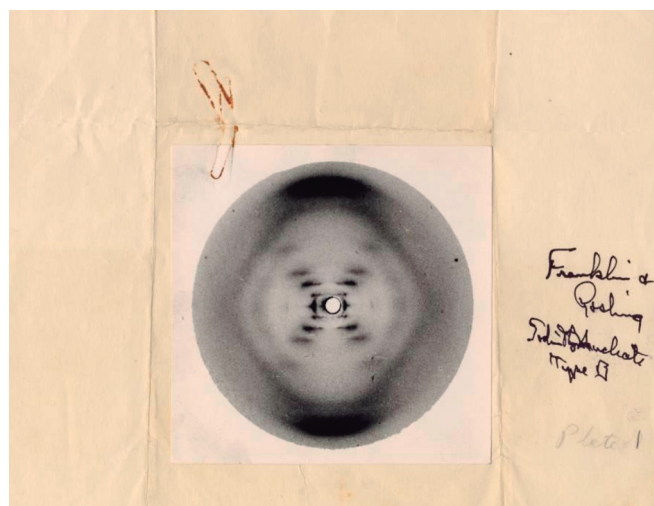


Figura 8: La fotografía de Rosalind Franklin

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_51

Así, Watson y Crick postularon una estructura de doble hélice para el ADN y, al tiempo que trabajaban en ese modelo, comenzaron a descubrir ciertas curiosidades.

Por un lado, advirtieron que los nucleótidos de cualquiera de las cadenas de ADN podían encontrarse en cualquier orden o secuencia, dando una altísima variedad de secuencias diferentes. También, notaron que las cadenas de ADN tienen dirección: cada grupo fosfato está unido a un azúcar en la posición 5' (es decir: al quinto carbono en el anillo del azúcar) y al otro azúcar en la posición 3'. Esto demuestra que cada cadena tiene un extremo 5' y otro extremo 3' y que, además, ambas cadenas corren en direcciones contrarias, es decir, son **antiparalelas**.

En cuanto al apareamiento de bases, Watson y Crick notaron no solo que las pirimidinas no pueden aparearse con otras pirimidinas, y las purinas no pueden aparearse con otras purinas sino que, por la conformación de las bases, la adenina solo puede aparearse con la timina formando dos puentes de hidrógeno y la guanina solo con la citosina generando 3 puentes de hidrógeno. Esto demostró que las bases apareadas son **complementarias** otorgando gran estabilidad a la molécula de ADN por las uniones por puentes de hidrógeno entre ellas.

En 1953, Watson, Crick y Wilkins publicaron en la revista científica *Nature* el trabajo en el que explicaban el modelo de doble hélice del ADN sin ninguna mención a la autora de la fotografía, que significaba la evidencia más importante para el modelo. Este trabajo les valió a los tres científicos el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1962. Desafortunadamente, Rosalind Franklin, falleció en 1958 sin reconocimientos académicos por su labor.

Actividades

Como una guía de repaso para preparar el examen final, te proponemos que realices las siguientes actividades. Cuando las termines, podrás chequear las respuestas correctas con sus respectivas justificaciones, que encontrarás al final de este documento. Todas las respuestas que necesitás saber están en los temas desarrollados en este módulo.

Actividad 1: Indicá si las siguientes afirmaciones son Verdaderas o Falsas.

A. Cada célula eucariota contiene un núcleo con la información necesaria para su desarrollo.

☐ Verdadera ☐ Falsa

B. Los segmentos de ADN que llevan la información genética se denominan "cromosomas".

☐ Verdadera ☐ Falsa

C. Durante la fase S del ciclo celular, el ADN se desenrolla para dar lugar a la replicación.

☐ Verdadera ☐ Falsa

D. El ARN es un ácido nucleico formado por una cadena simple y lineal de ribonucleótidos.

☐ Verdadera ☐ Falsa

E. Un codón es una secuencia de 3 nucleótidos que codifican para un aminoácido.

☐ Verdadera ☐ Falsa

F. El ARNr funciona como adaptador entre los aminoácidos y el ARNm, porque reconoce los codones del ARNm y acopla los aminoácidos correspondientes.

☐ Verdadera ☐ Falsa

G. Según el modelo planteado por Watson y Crick, la estructura del ADN es inestable.

☐ Verdadera ☐ Falsa

Actividad 2: Ordená cronológicamente los siguientes eventos.

A. En la replicación del ADN ocurren ciertos eventos clave para que avance la prolongación de las cadenas, ¿en qué orden cronológico suceden los siguientes eventos?

- ☐ Formación de horquilla de replicación
- ☐ Prolongación de la cadena complementaria por adición de nucleótidos
- ☐ Unión de la ADN polimerasa al origen de replicación
- ☐ Separación de las dos cadenas de la doble hélice por acción de la enzima helicasa

B. En la transcripción del ADN ocurren ciertos eventos claves para obtener el ARNm final, ¿en qué orden cronológico suceden los siguientes eventos?

- ☐ Acceso de la ARN polimerasa al molde de ADN.
- ☐ Separación de las dos cadenas de la doble hélice de ADN por acción de la enzima helicasa.
- ☐ Elongación de la cadena de ARNm por apareamiento complementario de bases.
- ☐ Unión de proteínas y factores de transcripción al promotor.

Actividad 3: Indica la respuesta correcta.

A. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre la replicación del ADN es **incorrecta**?

- ☐ Es semiconservativa, porque cada molécula hija conserva una cadena progenitora.
- ☐ Comienza en una o varias secuencias específicas de nucleótidos.
- ☐ Genera errores espontáneos que darán lugar inevitablemente a mutaciones.
- ☐ Es bidireccional porque la síntesis de dos horquillas de replicación se produce en direcciones opuestas.

B. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre las proteínas es **correcta**?

- ☐ Las proteínas son cadenas simples lineales de nucleótidos.
- ☐ Las proteínas se sintetizan a partir de moléculas de ARNm en el núcleo de las células.
- ☐ Las proteínas requieren de la ayuda de ARN polimerasas para plegarse.
- ☐ Las proteínas se sintetizan a partir de moléculas de ARNm por el proceso de traducción.

C. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre el Modelo de Watson y Crick es **correcta**?

- ☐ Las dos cadenas de la doble hélice corren en sentidos contrarios (son antiparalelas).
- ☐ La variedad de secuencias de nucleótidos en las cadenas de ADN es muy baja.
- ☐ Las bases nitrogenadas de las cadenas de ADN pueden aparearse entre sí sin restricciones.
- ☐ La molécula de ADN es una hélice triple altamente estable.

Respuestas a las actividades

Actividad 1: Indica si las siguientes afirmaciones son Verdaderas o Falsas

- A. Verdadera, porque los organismos eucariotas poseen células con núcleos donde se contienen los cromosomas. Los cromosomas están conformados por moléculas de ADN, que llevan toda la información necesaria para el desarrollo de la célula.
- B. Falsa, porque los segmentos de ADN que llevan la información genética son los genes. Los cromosomas son las estructuras contenidas en el núcleo celular conformadas por las moléculas de ADN.
- C. Falsa, porque es durante la interfase que el ADN se desenrolla para dar lugar a la replicación. Durante la fase S, las cadenas complementarias se separan para dar lugar al inicio de la replicación.
- D. Verdadera, porque el ARN es un ácido nucleico similar al ADN formado por una cadena simple y lineal de ribonucleótidos.
- E. Verdadera, porque, para que la síntesis de proteínas se lleve a cabo, los ARNt reconocen de a nucleótidos (codones) que se corresponden a un aminoácido.
- F. Falsa. El ARNr forma ribosomas que son las maquinarias encargadas de sintetizar los polipéptidos, formando complejos de traducción. El ARNt es el elemento que funciona como adaptador entre los aminoácidos y el ARNm reconociendo, por un lado, los codones del ARNm y acoplando los aminoácidos correspondientes por el otro.
- G. Falsa, porque el modelo de doble hélice planteado por Watson y Crick establece que la estructura de doble hélice es muy estable, gracias a las interacciones puente de hidrógeno entre bases complementarias.

Actividad 2: Ordena cronológicamente los siguientes eventos.

- A. En la replicación del ADN ocurren ciertos eventos clave para que avance la prolongación de las cadenas que, cronológicamente, se ordenan del siguiente modo:
 1. Separación de las dos cadenas de la doble hélice por acción de la enzima helicasa.
 2. Formación de horquilla de replicación.
 3. Unión de la ADN polimerasa al origen de replicación.
 4. Prolongación de la cadena complementaria por adición de nucleótidos.

Justificación: El inicio de la replicación del ADN, marcado por el origen de replicación, se

da cuando las dos cadenas complementarias se separan por acción de la enzima helicasa, generándose una horquilla de replicación. Luego, la enzima ADN polimerasa se une a la cadena molde en este origen de replicación para prolongar la nueva cadena complementaria, añadiendo nucleótidos uno por uno.

■ B. En la transcripción del ADN ocurren ciertos eventos clave para obtener el ARNm final que, cronológicamente, se ordenan del siguiente modo:

1. Separación de las dos cadenas de la doble hélice de ADN por acción de la enzima helicasa.
2. Unión de proteínas y factores de transcripción al promotor.
3. Acceso de la ARN polimerasa al molde de ADN.
4. Elongación de la cadena de ARNm por apareamiento complementario de bases.

Justificación: Primero, una helicasa separa las hebras de ADN en el sitio de iniciación de la transcripción. Posteriormente se unen factores y proteínas de transcripción que permitirán el acceso de la ARN polimerasa al molde de ADN de cadena simple, siendo ésta la última en posicionarse. Cuando se forma el complejo abierto, la ARN polimerasa comienza a unir ribonucleótidos por apareamiento complementario de bases a la cadena de ADN elongando así la cadena del ARNm.

Actividad 3: Indicá la respuesta correcta.

■ A. La respuesta correcta es: "Genera errores espontáneos que darán lugar inevitablemente a mutaciones". Esta afirmación es incorrecta porque tanto la ADN polimerasa como otros mecanismos reparan los errores producidos, evitando en la mayoría de los casos la generación de mutaciones.

■ B. La respuesta correcta es: "Las proteínas se sintetizan a partir de moléculas de ARNm gracias al proceso de traducción". Las proteínas son cadenas lineales de aminoácidos que se sintetizan a partir de ARNm en el citoplasma de las células y reciben ayuda de enzimas chaperonas para plegarse.

■ C. La respuesta correcta es: "Las dos cadenas de la doble hélice corren en sentidos contrarios, es decir, son antiparalelas". Los nucleótidos de cualquiera de las cadenas de ADN pueden encontrarse en cualquier orden o secuencia, dando una altísima variedad de secuencias diferentes. Las bases nitrogenadas de las cadenas de ADN se aparean de forma complementaria Adenina con Timina y Citosina con Guanina. La molécula de ADN tiene la estructura de una doble hélice estable.

Bibliografía:

Alberts, B. Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J. Raff, M. (2011). *Introducción a la Biología celular*. Editorial Medica Panamericana, tercera edición. Buenos Aires.

Curtis, H., Barnes, S., Schneek, A., Massarini, A. (2007). *Biología*. Editorial Médica Panamericana, séptima edición. Buenos Aires.

<https://www.educ.ar/>



Ministerio de Educación,
Cultura, Ciencia y Tecnología
Presidencia de la Nación