



Los ácidos nucleicos, estructura y función

Algo de historia

“Hemos encontrado el secreto de la vida”, se escuchó un 28 de Febrero de 1953 en el bar The Eagles, en Inglaterra. Esta frase fue la conclusión de un largo trabajo de un equipo de científicos en Cambridge que estaba dedicado a averiguar la estructura de la molécula de ADN. El biólogo estadounidense James Watson y el físico inglés Francis Crick, que trabajaban en el Laboratorio Cavendish de Cambridge, se habían especializado en el empleo de los rayos X para deducir la estructura de las moléculas biológicas. Sin embargo, hasta ese momento los resultados que se obtenían eran muy imprecisos. Los científicos suponían que la molécula de ADN era helicoidal, incluso habían demostrado matemáticamente que, si realmente tenía esa forma, en las fotografías de la difracción de los rayos X aparecería reflejada como una cruz. Esta premisa fue confirmada al observar la fotografía obtenida por la científica británica Rosalind Franklin (ver Cuaderno N° 65).

Paralelamente, el químico de Cambridge Alexander Tood, había completado el análisis del ADN, que demostraba que la estructura estaba formada por unas largas cadenas de azúcar y fósforo unidas por unas moléculas planas o bases que contenían carbono y nitrógeno (bases nitrogenadas: adenina, guanina, timina y citosina).

Además, contaron con la información del descubrimiento del bioquímico americano Erwin Chargaff que había demostrado que, en cada muestra de ADN la cantidad de la base adenina era la misma que la de timina, mientras que la de guanina se correspondía con la de citosina. Con todos estos datos, Watson y Crick comenzaron a construir modelos (ver Actividades de Cuaderno N° 50), hasta que finalmente encontraron el que se correspondía con las investigaciones previas: el modelo de doble hélice del ADN. Dos meses más tarde, el descubrimiento fue publicado en la prestigiosa revista científica *Nature*.

El conocimiento de la estructura del ADN abrió el camino a nuevas áreas de investigación dentro de la biología. Aparte de sus innumerables repercusiones en bacteriología y en virología (permitió establecer cómo los virus infectan las células), hay que resaltar su contribución a la ingeniería genética (ver Cuaderno N°4).

¿Qué son los Ácidos nucleicos?

Tanto el ADN como el ARN pertenecen a un tipo de moléculas llamadas “ácidos nucleicos”. El descubrimiento de estos ácidos se debe al investigador Friedrich Miescher. "El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



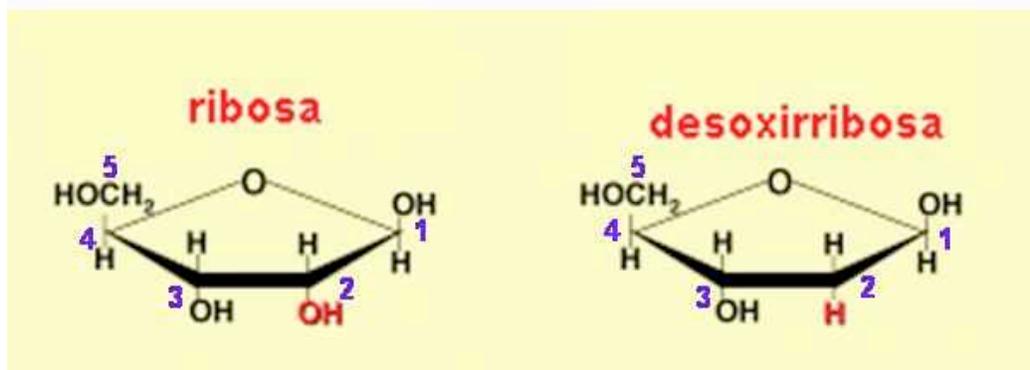
Meischer (1869), el cual investigaba los leucocitos y espermatozoides de salmón, de los cuales obtuvo una sustancia rica en carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y un porcentaje elevado de fósforo. Por encontrarse dentro del núcleo, llamó a esta sustancia *nucleína*.

Años más tarde, se encontró que tenía un componente proteico y un grupo prostético (no proteico). Debido a que este último es de carácter ácido, a la nucleína se la pasó a llamar **ácido nucleico**.

La estructura de los ácidos nucleicos

Los ácidos nucleicos son biopolímeros formados a partir de unidades llamadas *monómeros*, que son los nucleótidos. Durante los años 20, el bioquímico P.A. Levene analizó los componentes del ADN. Encontró que los nucleótidos se forman a partir de la unión de:

a) **Un azúcar de tipo pentosa** (cinco átomos de carbono). Puede ser D-ribosa en el ARN, o D-2- desoxirribosa, en el ADN.



Adaptado de <http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>

En este esquema se muestra la estructura química de los dos tipos de azúcares que forman el ADN y ARN. La diferencia entre ambas, radica en la presencia de un grupo hidroxilo o alcohol (-OH) en la ribosa o un hidrógeno (-H) en la desoxirribosa, unidos al Carbono 2. Los números indican la posición de cada uno de los cinco carbonos de la molécula de azúcar.

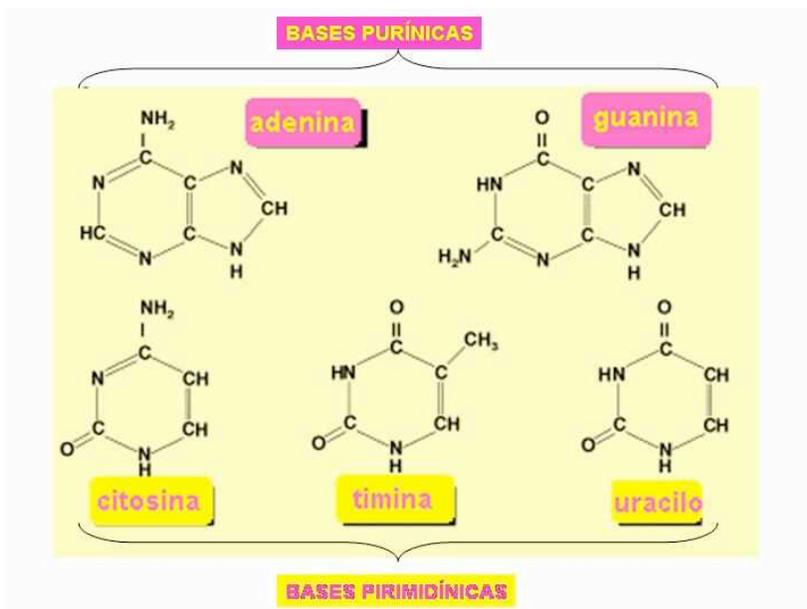
b) **Una base nitrogenada**. Son compuestos orgánicos cíclicos, que incluyen dos o más átomos de nitrógeno y son la parte fundamental de los ácidos nucleicos. Biológicamente existen cinco bases nitrogenadas principales, que se clasifican en dos grupos:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



Las Bases Purínicas, derivadas de la estructura de las Purinas (con dos anillos): la Guanina (G) y la Adenina (A). Ambas bases se encuentran tanto en el ADN como el ARN.

- Las Bases Pirimidínicas, derivadas de la estructura de las Pirimidinas (con un anillo): la Timina (T), Citosina (C) y Uracilo (U). La timina sólo se encuentra en la molécula de ADN, el uracilo sólo en la de ARN y la citosina, en ambos tipos de macromoléculas.



Adaptado de: <http://www.arrakis.es/~lluengo/biologia.html>

Esquema de los cinco tipos de bases nitrogenadas presentes en los ácidos nucleicos. Las mismas se encuentran divididas en dos grupos según su estructura química: las purinas y las pirimidinas.

c) **Ácido fosfórico**, que en la cadena de ácido nucleico une dos pentosas a través de una unión fosfodiéster.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



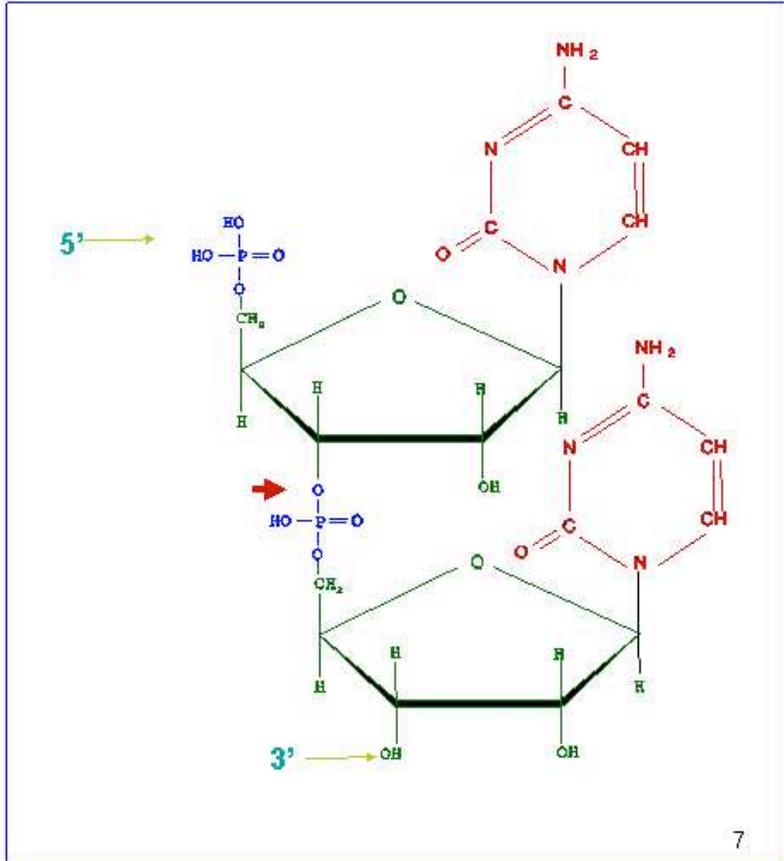
ENLACE FOSFOÉSTER ENTRE NUCLEÓTIDOS

Dos nucleótidos van a poder unirse entre sí mediante un enlace **ésterfosfato** (fosfoéster).

Este enlace (**flecha roja**) se forma entre un OH del ácido fosfórico de un nucleótido y el OH (hidroxilo) del carbono número 3 del azúcar del otro nucleótido con formación de una molécula de agua.

La unión de otros nucleótidos dará lugar a un **polinucleótido**.

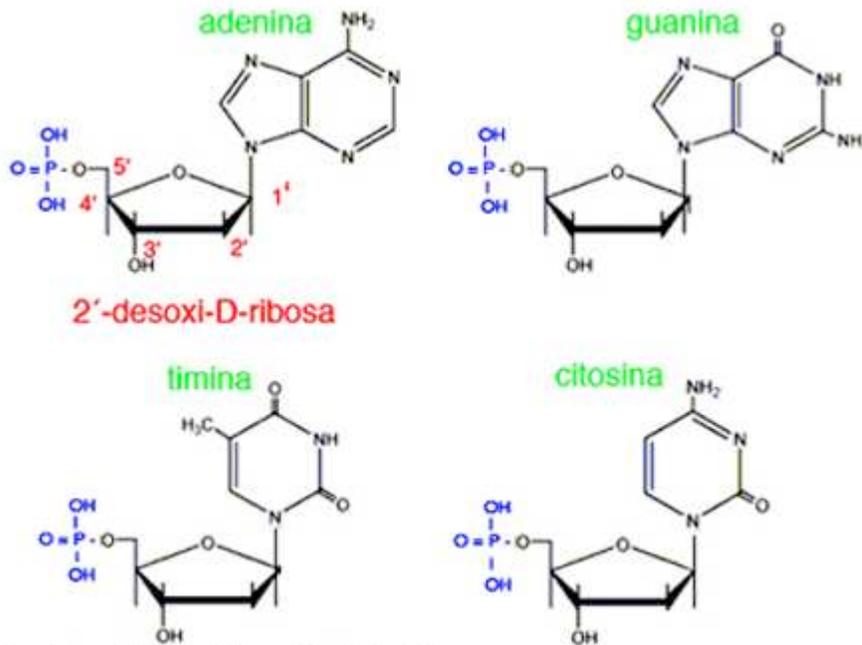
Los extremos libres 5' y 3' marcan el sentido de la cadena polinucleotídica.



El ácido fosfórico une dos moléculas de azúcar. Esta unión se hace entre el C-3 de una pentosa, con el C-5 de la siguiente.

Entonces, cada nucleótido del ADN tiene la siguiente estructura:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



Los 4 nucleótidos de la molécula de ADN

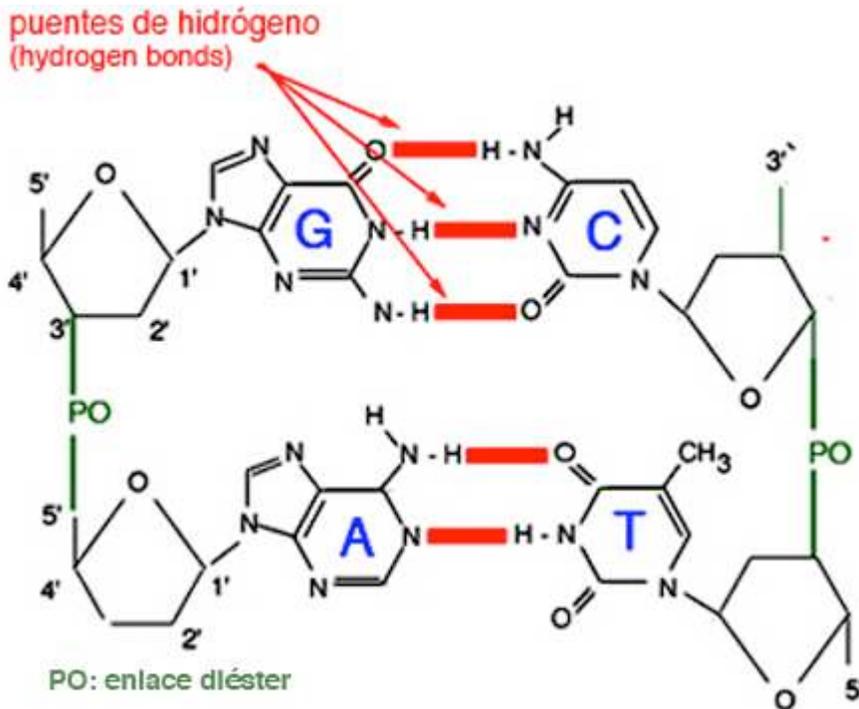
Los nucleótidos monofosfatados están formados por tres componentes: un grupo fosfato unido al azúcar pentosa, mediante una unión de tipo éster (un átomo de O se une a otros dos) en la posición del Carbono 5 del azúcar. A su vez, el azúcar se une a una base nitrogenada en la posición de su Carbono 1. En los ribonucleótidos (del ARN) la pentosa es la D-ribosa, en los desoxirribonucleótidos (del ADN), el azúcar es 2'-desoxi-D-ribosa.

Los nucleótidos se enlazan para formar polímeros: los ácidos nucleicos o polinucleótidos.

En la estructura de los ácidos nucleicos, las bases nitrogenadas son complementarias entre sí. La adenina y la timina son complementarias (A-T), al igual que la guanina y la citosina (G-C). Dado que en el ARN no existe timina, la complementariedad se establece entre adenina y uracilo (A-U). La complementariedad de las bases es la clave de la estructura del ADN y tiene importantes implicaciones, pues permite procesos como la replicación del ADN y la traducción del ARN en proteínas.

En las hebras enfrentadas A se une con T mediante dos puentes hidrógeno, mientras que G se une con C mediante tres. Entonces, la adhesión de las dos hebras de ácido nucleico se debe a este tipo especial de unión química conocido como *punte de hidrogeno*.

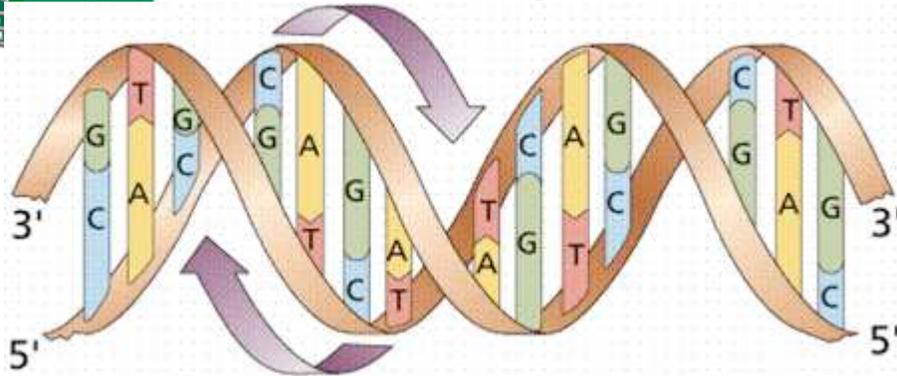
"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa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



Las uniones puentes de hidrógeno son más débiles que otros enlaces químicos, como interacciones hidrófobas y enlaces de Van der Waals. Esto significa que las dos hebras de la hélice pueden separarse con relativa facilidad, quedando intactas.

Las largas cadenas de nucleótidos se forman por la unión del C5' de la pentosa con el grupo fosfato formando un nucleótido monofosfato.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



La cadena se va formando al enlazar los fosfatos al C3' de otro nucleótido. Así la cadena tiene un extremo 5' y un extremo 3'.

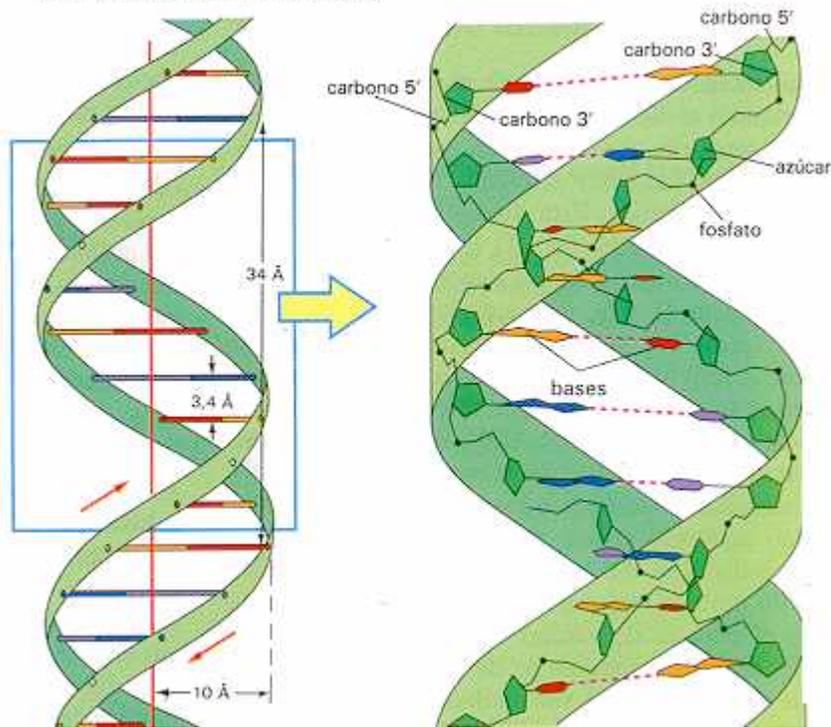
Las distintas estructuras del ADN

Se pueden definir distintas estructuras que adopta el ADN: primaria, secundaria y terciaria, haciendo una analogía con las estructuras de las proteínas.

- ü Estructura primaria: La estructura primaria del ADN está determinada por la secuencia en que se encuentran ordenadas las cuatro bases sobre la "columna" formada por los nucleósidos: azúcar + fosfato. Este orden es lo que se transmite de generación en generación (herencia).
- ü Estructura secundaria: corresponde al modelo postulado por Watson y Crick: la doble hélice. Las dos hebras de ADN se mantienen unidas por los puentes hidrógenos entre las bases. Los pares de bases están formados siempre por una purina y una pirimidina, que adoptan una disposición helicoidal en el núcleo central de la molécula. En cada extremo de una doble hélice lineal de ADN, el extremo 3'-OH de una de las hebras es adyacente al extremo 5'-P (fosfato) de la otra. En otras palabras, las dos hebras son antiparalelas es decir, tienen una orientación diferente.

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.

Estructura secundaria del ADN:



<http://www.um.es/molecula/anucl02.htm>

Ambas cadenas están siempre equidistantes, a unos 11 Å una de la otra. Las bases se encuentran a 3,4 Å una de otras y con una rotación de 36°, de forma que hay 10 pares de bases por cada vuelta de la hélice (sumando 360°).

Esta estructura secundaria, puede desarmarse por un proceso llamado *desnaturalización* del ADN. Cuando la temperatura alcanza el punto de fusión del ADN, se separan las dos hebras y se produce su desnaturalización. En este proceso se rompen los puentes de hidrógeno que unen las cadenas y se produce la separación de las mismas, pero no se rompen los enlaces fosfodiéster covalentes que forman la secuencia de la cadena. Este es un proceso reversible, ya que al bajar la temperatura se puede producir una *renaturalización*. Cuando una molécula de ADN posee un gran contenido de bases nitrogenadas de tipo C y G (las cuales están unidas por tres puentes de Hidrógeno), las condiciones para la desnaturalización de esa molécula deberán ser más energéticas, por lo tanto tendrán un punto de fusión mayor.

ü Estructura terciaria: es la forma en que se organiza la doble hélice. En Procariotas, así como en las mitocondrias y cloroplastos eucariotas el ADN se presenta como una

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



doble cadena (de cerca de 1 mm de longitud), circular y cerrada, que toma el nombre de cromosoma bacteriano. El cromosoma bacteriano se encuentra altamente condensado y ordenado (superenrollado). En los virus, el ADN puede presentarse como una doble hélice cerrada, como una doble hélice abierta o simplemente como una única hebra lineal.

En los Eucariotas el ADN se encuentra localizado en el núcleo, apareciendo superenrollado y asociado con proteínas llamadas *histonas*. Durante la mitosis, en las células eucariotas la cromatina se enrolla formando cromosomas, que son complejas asociaciones de ADN y proteínas.

Los distintos tipos de ARN

El ARN se encuentra, en una célula típica, en una cantidad 10 veces mayor que el ADN. El azúcar presente en el ARN es la ribosa. Esto indica que en la posición 2' del anillo del azúcar hay un grupo hidroxilo (OH) libre. Por este motivo, el ARN es químicamente inestable, de forma que en una disolución acuosa se hidroliza fácilmente.

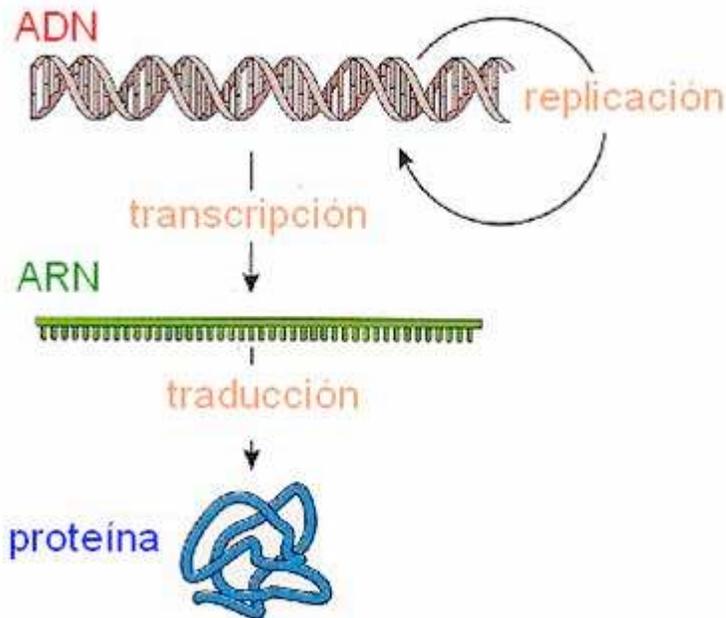
En las células, se encuentran varios tipos de ARN, los cuales poseen distinta función y tamaño. Algunos de ellos, son:

- ü ARN mensajero (ARNm): Se sintetiza sobre un molde de ADN por el proceso de transcripción. Este ARN pasa al citoplasma y sirve de pauta para la síntesis de proteínas (traducción).

- ü ARN ribosómico (ARNr): El RNA ribosómico está presente en los ribosomas, orgánulos intracelulares implicados en la síntesis de proteínas. Su función es leer los ARNm y formar la proteína correspondiente.
- ü ARN de transferencia (ARNt): Son cadenas cortas de una estructura básica, que pueden unirse específicamente a determinados aminoácidos.

Estos tres tipos de ARN están implicados en el pasaje de información del lenguaje de los nucleótidos del ADN al de los aminoácidos de las proteínas, en un proceso conocido como “El dogma central de la biología”, que muestra la siguiente figura:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



El ADN tiene información para la síntesis de proteínas en el que participa el ARN. Esas proteínas determinan las características de cada organismo y sus funciones.

El ADN como almacén de información

La molécula de ADN es un almacén de información que se trasmite de generación en generación, conteniendo toda la información necesaria para construir y sostener el organismo en el que se encuentra.

Las principales implicadas en este proceso son las proteínas. Estas pueden ser *estructurales* como las proteínas de los músculos, cartílagos y pelo o bien *funcionales* como las de la hemoglobina, o la gran cantidad de enzimas del organismo.

La función principal de la herencia es la transmisión del ADN, una especie de receta para la fabricación de proteínas. En ocasiones, la modificación del ADN (mutaciones) provoca un cambio en el funcionamiento de la proteína, que puede resultar beneficioso, perjudicial o intrascendente.

El ADN de un organismo podría clasificarse en dos: el que codifica las proteínas y el que no codifica. En muchas especies de organismos, sólo una pequeña fracción del total de la secuencia del genoma codifica proteínas. Por ejemplo, sólo un 3% del genoma

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



humano consiste en secuencias (conocidas como *exones*) que codifican proteínas. La función del resto no se conoce con certeza hasta el momento, aunque se sabe que algunas secuencias se unen a ciertas proteínas que tienen un papel importante en el control de los mecanismos de transcripción y replicación. Estas secuencias se llaman frecuentemente *reguladoras*, y se están desarrollando muchas investigaciones en esta área ya que sólo se ha identificado una pequeña fracción de ellas. La presencia de esa gran cantidad de ADN no codificante en genomas eucarióticos y las diferencias en tamaño de los genomas representan aún una incógnita que hay que resolver.

El ADN y la biotecnología moderna

Cuando los científicos comprendieron la estructura del ADN, de los genes, y cómo la información que portaban se traducía 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 (ver Cuadernos N° 4, 20, 65, 67). 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 (ver Cuadernos N° 5, 9, 21, 29, 49, 73).

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS

El objetivo de este Cuaderno es aportar al conocimiento de un concepto fundamental como es el ADN, su estructura y función. Esto permite comprender no sólo aspectos más avanzados o complejos de la biotecnología moderna y las técnicas de ingeniería genética, sino asociarlo con noticias que se difunden actualmente en los medios de comunicación referidas al análisis de ADN y a su aplicación para la resolución de crímenes, para definir relaciones de parentesco y también para el estudio de temas como la evolución.

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 Polimodal 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" (ver artículo en <http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2005/abril/nosotros107.htm>)

Es interesante trabajar 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

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



que puede representar en otro contexto al elemento carbono, en este caso 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 trabajarlo con diferente profundidad aspectos vinculados a la estructura química, según si se trata de alumnos de EGB o de Polimodal.

Otro aspecto interesante 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 con los alumnos 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.

CONCEPTOS RELACIONADOS

Biomoléculas, estructura y función; Uniones químicas; Genética y Herencia, Reproducción; Síntesis de proteínas; Modelos científicos; Relación estructura / función;

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



ACTIVIDADES

Actividad 1: Repaso. Estructura de los ácidos nucleicos

El objetivo de esta actividad es repasar algunos de los conceptos trabajados en el texto acerca de las características de los ácidos nucleicos.

a) Completar los espacios vacíos de la Tabla:

Componentes de los ácidos nucleicos				
			Base	
	Fosfato	Azúcar	Purinas	Pirimidinas
ADN	-----	Desoxiribosa	Guanina	Citosina
			-----	-----
ARN	Presente	-----	Guanina	Citosina
			-----	-----

Respuesta:

Componentes de los ácidos nucleicos				
			Base	
	Fosfato	Azúcar	Purinas	Pirimidinas
ADN	presente	Desoxiribosa	Guanina	Citosina
			Adenina	Timina
ARN	Presente	Ribosa	Guanina	Citosina
			Adenina	Uracilo

b) Señalar la respuesta correcta

- ¿Cual de estos científicos no intervino en las investigaciones que llevaron al conocimiento de ADN?
 - Friedrich Miescher
 - P. A. Levene
 - F. Griffith
 - Charles Darwin

Rta: d

- El científico P.A. Levene analizó los componentes del ADN y concluyó que la unidad básica (un nucleótido) estaba compuesto a partir de:
 - una base pegada a un azúcar y que el fosfato también estaba pegado al azúcar

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



- b. una base pegada a un azúcar
- c. una base pegada a un fosfato y que el azúcar también estaba pegada al fosfato

Rta: A

3. ¿Cual de estos compuestos no estaba en la lista de los que Levene describió como formando parte del ADN?

- a) Citosina
- b) Timina
- c) Uracilo
- d) adenina
- e) guanina

Rta: C

4. ¿Cual de estos es el azúcar que Levene identificó formando parte del ADN?

- a) ribosa
- b) glucosa
- c) desoxirribosa
- d) fructosa

Rta: C

5. Las hebras que forman el ADN son:

- a) iguales
- b) complementarias
- c) especulares

Rta: B

6. Cuando de un lado de la molécula de ADN se encuentra A (adenina) del otro lado se encuentra:

- a) A(adenina)
- b) T (timina)
- c) C (citosina)
- d) G (guanina)
- e) U (uracilo)

Rta: B

7. Las bases de ambas hebras de ADN se unen entre sí por

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



- a) uniones covalentes
- b) puente hidrógeno
- c) valencias de coordinación

Rta: B

Actividad 2: Las investigaciones de Chargaff y el apareamiento de bases

En esta actividad se propone analizar los datos obtenidos por el científico checo Chargaff en 1950, los cuales permitieron sacar algunas conclusiones acerca de la estructura de los ácidos nucleicos (para más detalle de estos experimentos Ver Cuaderno N°65).

Composición porcentual de ADN en varias especies

Origen	Purinas		Pirimidinas	
	Adenina	Guanina	Citocina	Timina
Humanos	30,4%	19,6%	19,9%	30,1%
Buey	29,0%	21,2%	21,2%	28,7%
E. Coli	24,7%	26,0%	25,7%	23,6%
Erizo de mar	32,8%	17,7%	17,3%	32,1%
Mycobacterium	15,1%	34,9%	35,4%	14,6%

Preguntas para analizar los datos obtenidos:

1. ¿En qué especies se realizaron estos estudios? Rta: se realizaron en especies tan diferentes como los son E. coli (una bacteria) y el hombre.
2. ¿En qué tipo de ácido nucleico se realizaron las mediciones? Rta: en moléculas de ADN. Esto puede concluirse al observar que los resultados se expresan en porcentaje de la base nitrogenada Timina y no de Uracilo, sólo presentes en el ARN.
3. Analizar para cada especie cómo es la relación entre los cuatro tipos de bases nitrogenadas. Rta: En todos los casos, el porcentaje de T se corresponde con el de A, mientras que el porcentaje de C, se corresponde con el de G.
4. ¿cuál es la importancia de este descubrimiento, teniendo en cuenta las diferencia entre los organismos analizados? Rta: Erwin Chargaff analizó las base nitrogenadas del ADN en diferentes formas de vida, concluyendo que, la

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



cantidad de purinas (A y G) no siempre se encontraban en proporciones iguales a las de las pirimidinas (C y T), contrariamente a lo propuesto por Levene. Por otro lado, la proporción de A y T por un lado y C y G por otro, eran iguales en todas las células de los individuos de una especie dada, pero variaba de una especie a otra.

5. Hasta que Erwin Chargaff publicó sus resultados, los científicos trabajaron de acuerdo a la **hipótesis del tetranucleótido**. Investigar que establecía esta hipótesis. Rta: Ésta fue desarrollada en los años 20, por el bioquímico P.A. Levene quien encontró que el ADN contenía cuatro bases nitrogenadas: citosina, timina,

adenina, y guanina y concluyó erróneamente que las bases estaban en cantidades iguales y, que un tetranucleótido era la unidad repetitiva de la molécula.

Actividad 3: Efecto de la temperatura sobre el ADN

A continuación se indican las temperaturas de fusión de cinco moléculas de ADN.

- a) Ordenar estos ADNs según la cantidad creciente de pares de GC.

Nota: Para responder se debe tener en cuenta que a mayor cantidad de bases C y G, como estas se unen por tres uniones de tipo puente de hidrógeno, se necesitará mayor temperatura para separarlas que a las bases A y T, que se unen por sólo dos puentes de Hidrógeno.

- 1: 73°C
- 2: 69°C
- 3: 84°C
- 4: 78°C
- 5: 82°C

Rta: en orden creciente de cantidad de G-C: 2, 1, 4, 5, 3.

- b) Elaborar un gráfico que muestre la relación entre la cantidad de pares de bases G+C de una molécula de ADN y la temperatura de fusión.

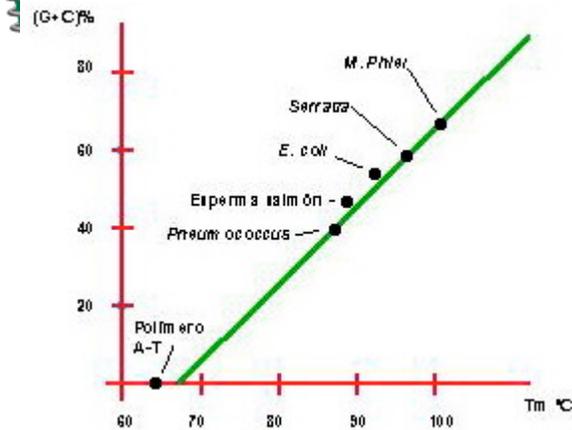
Rta: Los alumnos deberán confeccionar un gráfico lineal de tipo creciente: a mayor cantidad de bases C-G, mayor será la temperatura de fusión de dicha molécula de ADN. La siguiente figura sirve de ejemplo:

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.



El Cuaderno de Por Qué Biotecnología

EDICIÓN



Fuente: www.ucm.es/.../grupod/Estruadn/estruadn.htm

Nótese que en los distintos individuos estudiados, al encontrar mayor proporción de bases C-G, respecto a A-T, la temperatura de fusión aumenta.

MATERIAL DE CONSULTA

- Texto (formato PDF) con actividades de extracción de ADN y un modelo recortable para trabajar con los alumnos. <http://www.ipn.uni-kiel.de/eibe/UNIT01ES.PDF>
- Página educativa que desarrolla varios temas de biología molecular, entre ellos, la estructura del ADN <http://home.tiscali.be/hervegjeanpierre/biomolespa/la-molecula-de-adn/molecula-ADN.html#anchor1307934>
- Libro: *ADN, 50 años no es nada*. Díaz, Alberto; Golombek, Diego. Editorial Siglo veintiuno.
- “Los tres caminos hacia la doble hélice” de Miguel de Asúa. Revista Ciencia Hoy, Volumen 13 N° 76, Agosto -Setiembre 2003.
- Artículo original publicado por Watson y Crick, en inglés y castellano. <http://biocrs.biomed.brown.edu/Books/Chapters/Ch%208/DH-Paper.html>
- El ADN como material genético (un poco de historia). <http://www.argenbio.org/h/biotecnologia/03.php>
- Biografías de los descubridores de la estructura del ADN. <http://www.ukinspain.com/adn/biograf.asp>

"El Cuaderno de Por Qué Biotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo Por Qué Biotecnología. 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.