

ÁCIDOS NUCLEICOS

Dentro de este grupo se pueden distinguir dos tipos:

-aquellos que aparecen formando parte del ADN o ARN, es decir los que van a formar **nucleótidos nucleicos**.

-aquellos otros que no van a formar nucleótidos núcleo, es decir, son **nucleótidos no nucleicos** con otro tipo de funciones distintas.

Sin embargo ambos grupos tienen la misma composición química.

Están constituidos por una pentosa, bien sea ribosa o desoxirribosa, una base nitrogenada y un grupo fosfato.

Estructura de los nucleótidos

Los nucleótidos están constituidos por una pentosa (ribosa o desoxirribosa), un ácido fosfórico y una base nitrogenada. La base nitrogenada puede ser de tipo púrica, cuando derivan del anillo de purina, o de tipo pirimidínica, cuando derivan del anillo de la pirimidina.

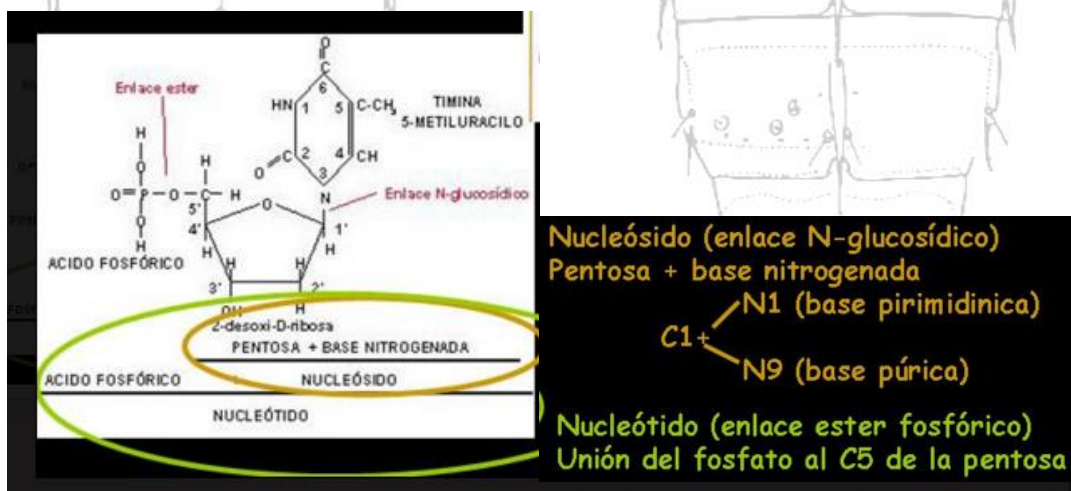
En el primer grupo, las púricas, encontramos la adenina y la timina y en el segundo grupo, las pirimidínicas, encontramos la citosina la guanina y el uracilo, este último sólo aparecerá formando parte del ARN en sustitución de la timina que aparecerá, por tanto, solo en el ADN.

Nucleósido

Es la unión entre la pentosa (sea ribosa o desoxirribosa) y la base nitrogenada. Esta unión se realiza entre el carbono 1 de la pentosa y el nitrógeno 1 (si se trata de una base pirimidínica) o el nitrógeno 9 (si se trata de una base púrica). El enlace que los une es un enlace N-glicosídico.

Nucleótido

Estructura que resulta tras la unión de un nucleósido con el grupo fosfato. Esta unión se realiza a través de un enlace éster fosfórico y se lleva a cabo en el carbono 5 de la pentosa.



NUCLEÓTIDO NO NUCLEICOS

Dentro de este grupo existen distintos tipos de moléculas cada una con una función distinta (no contienen información genética).

ATP

Esta molécula es el **adenosín trifosfato**. Es la molécula considerada como moneda energética celular, es decir, la molécula capaz de almacenar la energía que va a ser utilizada en las distintas reacciones celulares.

Está formada por ribosa, adenosina y fosfato. Puede llegar a contener 3 moléculas de fosfato de ahí su nombre trifosfato.

La energía en esta molécula está contenida en los enlaces que unen los grupos fosfatos. Estos enlaces se consideran **enlaces de alta energía** y una vez que se rompen liberan esa energía que es utilizada en la reacción a la que va asociada.

Se trata de enlaces de tipo éster fosfórico.

El proceso de liberación del fosfato es un proceso de **desfosforilación**, en el cual se libera la energía contenida en el enlace, de modo que el ATP pasa a ser ADP (adenosin difosfato). Por el contrario cuando el ADP necesita “recargarse” lo va a realizar a través del proceso de **fosforilación**. Este proceso permite la unión de un fosfato a través del enlace de alta energía, éster fosfórico, el ADP pasar a ser ATP.

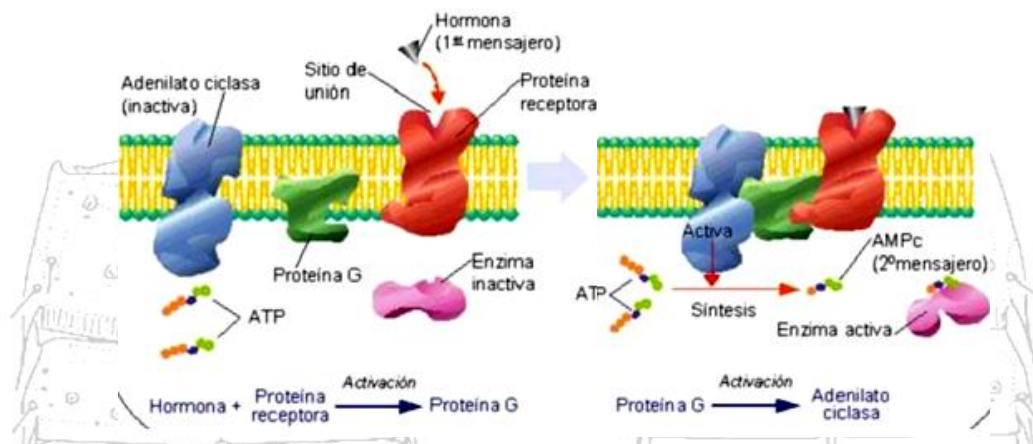


En algunas situaciones el ATP puede llegar a perder dos grupos fosfatos para liberar la energía contenida en los enlaces si esto ocurre terminará dando lugar al AMP (adenosin monofosfato).

Además de este tipo de molécula cuya base nitrogenada adenina existen otras con idéntica función pero distinta base nitrogenada cómo pueden ser el GTP (guanosa trifosfato).

AMPC

AMPCíclico deriva del AMP y su función es actuar como segundo mensajero. Algunas moléculas no son capaces de atravesar la membrana plasmática como consecuencia de la presencia de cargas en su estructura, sin embargo, para transferir su información lo que hacen es unirse a receptores moleculares que existen en la membrana. Una vez que se produce esa unión se desencadena una serie de reacciones químicas que activan una enzima la adenilato ciclasa capaz de convertir el ATP en AMPC. Una vez formado el AMPC se desencadena la reacción de otros compuestos, se consigue así transmitir la información de la molécula inicial al interior celular.



Coenzima A

Molécula con estructura muy compleja, derivada del ADP unido a la vitamina B5, una etilamina y un grupo tiol. Éste será el encargado de transportar sustancias en el interior celular, al que se unen las moléculas que van a ser transportadas.

NAD⁺/ NADH- NADP⁺/ NADPH –FAD⁺ FADH₂/ FMN

NAD⁺/ NADH- Nicotin adenin dinucleotido

NADP⁺/ NADPH- Nicotin adenin dinucleotido fosfato

FAD⁺ FADH₂- Flavin adenin dinucleótido

FMN- Flavin mononucleotido

Todas estas moléculas son nucleótidos no nucleicos que se encargan de transportar protones y electrones. Participan por tanto en reacciones de tipo redox y estarán oxidados o reducidos. Aparecen reducidos cuando están transportando protones y electrones, mientras que cuando los liberan estos componentes pasan a estar en estado oxidado.

Sus funciones son coenzimáticas, ayudan a las enzimas a realizar sus funciones. Normalmente participan asociadas a otras reacciones químicas que liberaran esos protones o electrones cómo pueden ser en la glucólisis en el ciclo de Krebs o en las cadenas de transporte electrónico de la respiración celular o de la fotosíntesis.

NUCLEÓTIDOS NUCLEICOS

Entre los nucleótidos nucleicos encontramos el ADN y el ARN. Ambos forman parte de los componentes que almacenan la información genética del funcionamiento celular.

Aunque se consideran nucleicos esto no significa que tengan que estar en el interior de un núcleo, puesto que las células procariotas no presentan una envuelta nuclear que defina esta zona. Son por tanto moléculas que sí se caracterizan en ambos tipos celulares por contener información genética que además ha de ser transmisible a la descendencia.

ADN


Ácido desoxirribonucleico almacena la información genética del funcionamiento de la célula, que será copiada para transmitirse a las células descendientes.

Su estructura y composición fueron establecidas a partir de los estudios de Chargaff en cuanto a su composición y proporciones, y los de Rosalind Franklin en cuanto a su estructura a través de sus estudios por difracción de rayos X. Con todos estos datos posteriormente Watson y Crick establecen el modelo de la doble hélice de ADN.

El ADN está constituido por tanto por una pentosa que será la desoxirribosa, fosfato y una base nitrogenada por cada nucleótido. Sin embargo pueden aparecer nucleótidos de cuatro tipos distintos en función de la base nitrogenada que presente. Estas bases nitrogenadas podrán ser adenina guanina citosina y timina.

Leyes de Chargaff.

Edwin Chargaff estudio la composición del ADN y comprobó que la proporción de bases de adenina y timina era idéntica, es decir, uno a uno por lo que estableció que en el ADN siempre debería haber la misma cantidad de adeninas que de timinas. Lo mismo observó que ocurría entre la citosina y la guanina por lo que del mismo modo estableció que en una molécula de ADN debía haber la misma cantidad de de guaninas que de citosinas. Por otra parte, comprobó que existía la misma proporción entre las bases púricas y las bases pirimidínicas, es decir, uno a uno. Estas proporciones se cumplen siempre y cuando se trate de un ADN de doble cadena.

REGLAS DE CHARGAFF PARA ADN DE DOBLE HÉLICE	
 Edwin Chargaff	<ul style="list-style-type: none">• La proporción de Adenina (A) es igual a la de Timina (T). $A = T$. La relación entre Adenina y Timina es igual a la unidad ($A/T = 1$).• La proporción de Guanina (G) es igual a la de Citosina (C). $G = C$. La relación entre Guanina y Citosina es igual a la unidad ($G/C = 1$).• La proporción de bases púricas (A+G) es igual a la de las bases pirimidínicas (T+C). $(A+G) = (T + C)$. La relación entre (A+G) y (T+C) es igual a la unidad $(A+G)/(T+C) = 1$.• Sin embargo, la proporción entre (A+T) y (G+C) era característica de cada organismo, pudiendo tomar por tanto, diferentes valores según la especie estudiada. Este resultado indicaba que los ácidos nucleicos no eran la repetición monótona de un tetranucleótido. Existía variabilidad en la composición de bases nitrogenadas.

Niveles de organización del ADN

El ADN, al igual que ocurría con las proteínas, presenta distintos niveles de organización. En estos niveles se observa un aumento en el grado de compactación de la molécula. Esta compactación es necesaria para que la molécula quepa en el interior de la célula.

Nivel primario

Este nivel describe a partir de las leyes de Chargaff la estructura básica de la cadena de ADN. Esta cadena estaría constituida por la unión de nucleótidos unidos entre ellos a través de enlace éster fosfórico. Este enlace se establecería entre el grupo fosfato presente en el C5 de un nucleótido y el C3 del siguiente nucleótido. De este modo la

cadena que surge presenta dos extremos distintos un extremo será el que tiene el carbono 3 libre, es decir, no unido a otro nucleótido y se llamará extremo 3' mientras que el otro extremo será el que presente el carbono 5 con su grupo fosfato libre, y se llamará extremo 5'.

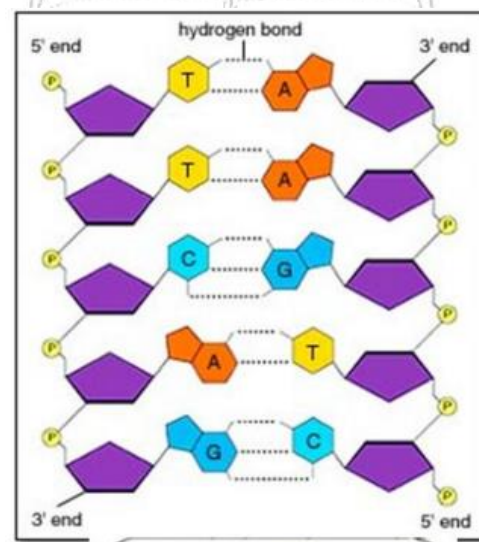
Cada uno de estos nucleótidos a su vez contendrá una base nitrogenada que ser a cualquiera de las cuatro posibles. No existe un orden definido a la hora de establecerse esas bases además puede haber repetición. De este modo el **nivel primario** la **información** que proporciona es la de **qué bases y en qué orden** están presentes en la cadena de ADN.

Por otra parte tal y como Chargaff explico se trata de una cadena doble de ADN, es decir, va a existir otra cadena asociada a la primera también de ADN pero tal y como propuso Chargaff con **complementariedad de bases**, la adenina se unirá con timina y la citosina se unirá con guanina.

La unión entre estas bases establece a través de enlaces de puente de hidrógeno disponiéndose dos puentes de hidrógeno entre la adenina y la timina y tres puentes de hidrógeno entre la citosina de la guanina.

Por otra parte las dos cadenas de ADN van a ser **antiparalelas**. Esto es consecuencia de que para permitir la unión entre las bases nitrogenadas como esta unión ha de ser a nivel tridimensional, es decir espacial, la única posibilidad para establecer el encaje tridimensional de las mismas es que se invierta una de las cadenas, lo

que origina una disposición antiparalela. Así una de ellas aparecerá en sentido 5'-3' mientras que la otra aparecerá en sentido 3'-5'. En este nivel primario las dos cadenas asociadas, unidas, antiparalelas y complementarias se disponen en un plano.



Nivel secundario

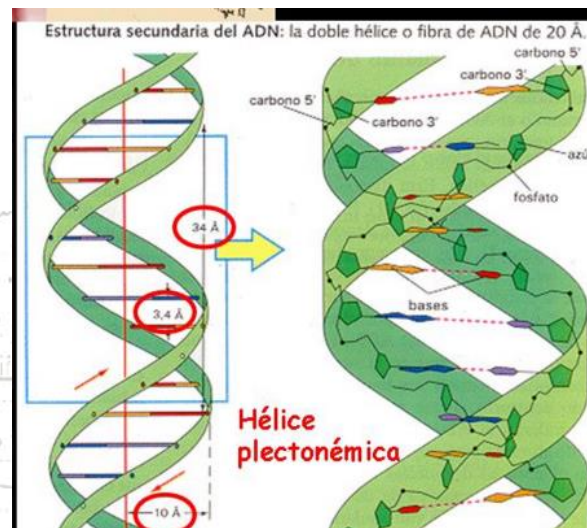
Este nivel hace referencia a la disposición espacial que adquiere el nivel primario. Esta disposición fue la descrita por **Watson y Crick en 1953 una doble hélice plectonémica dextrógira**, es decir, las dos cadenas antiparalelas y complementarias una vez que ya están unidas giran en paralelo alrededor de un eje imaginario. De este modo si se quieren separar las dos cadenas primero hay que eliminar la hélice, las vueltas.

Debido a que el tamaño de los nucleótidos una vez unidos en las dos cadenas es equivalente, y que está dos cadenas giran alrededor del eje imaginario esto da lugar a periodicidad que fue la descrita por Rosalind Franklin a través de sus estudios de difracción de rayos X, lo que llevo a Watson y Crick a proponer este modelo.

Se trata de una hélice en el que cada vuelta presenta una distancia de 34Å (Amstrong) y la separación entre

los nucleótidos es de 3,4 Å lo que quiere decir que hay 10 nucleótidos por cada vuelta, por otra parte el diámetro de la hélice es de 20 Å, y los nucleótidos se disponen en horizontal en la hélice y perpendiculares al eje imaginario.

A este tipo de estructura en hélice dextrógira propuesta por Watson y Crick se la denomina ADN con estructura B



Existen, sin embargo, otros modelos:

- la hélice tipo A en la que se observa un acortamiento en la longitud y un aumento de la anchura, lo que da la impresión de que es una hélice compactada y resultado de los procesos utilizados en el laboratorio a la hora de extraer el ADN.
- Por otra parte existe el modelo ADN Z, se trata de una hélice levógira en la que la cantidad de citosina/guanina es mayor de lo habitual. Es una hélice más larga y menos ancha. Esta si aparece en algunos organismos en estado natural y parece asociado a entornos donde el ADN sería más vulnerable y la presencia de mayor proporción de citosina y guanina (que presenta mayor número de enlaces de puente de hidrógeno en la unión de estas bases nitrogenadas) aumentaría la estabilidad de éste ADN.

Nivel terciario

A partir de este nivel comienza el proceso de compactación del ADN para reducir el espacio que ocupa a nivel celular. Aunque procariotas y eucariotas presentan el ADN compactado, las proteínas que van a colaborar son diferentes, por lo que las descritas corresponden a los eucariotas.

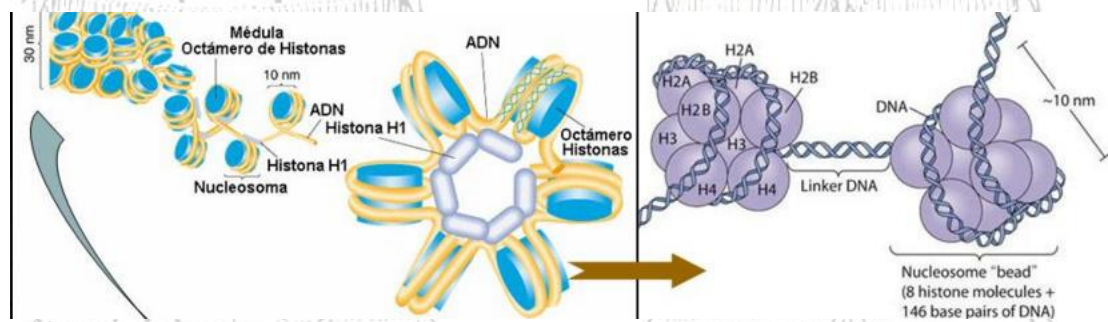
El repliegamiento está llevado a cabo por unas proteínas denominadas histonas, se trata de proteínas básicas capaces de asociarse al ADN de carácter ácido. Se origina una estructura denominada nucleosoma, y al conjunto de la cadena de ADN que presenta estos nucleosoma se le va a llamar **collar de perlas**.

Estos **nucleosoma** están constituidos por dos zonas:

- el **núcleo o core** en el que aparecen **8 histonas**, dos histonas de cada uno de los siguientes tipos **H2A H2B H3 H4**. Alrededor de estas ocho histonas se produce el enrollamiento de la cadena de ADN, en esta cadena aparecerán 146 nucleótidos.
- La otra región del nucleosoma es llamada **ADN espaciador o linker**. En esta región se sitúan los extremos de la cadena de ADN que se ha enrollado alrededor del core.

Cómo lo habitual es que el nucleosoma presente unos 200 nucleótidos esto significa que el resto de nucleótidos aparecen en esta zona del ADN espaciador. Cada uno de los extremos que aparecen a ambos lados del core presentará unos 27 nucleótidos.

La cadena se continúa con el siguiente nucleosoma de modo que el linker de un nucleosoma se continúa con el linker del siguiente nucleosoma. Para evitar que la cadena de ADN enrollada alrededor del core se suelte o libere, parece otra histona la **H1** que ayudara a compactar o sujetar los extremos del ADN espaciador que surgen desde el núcleo o core.



Solenoides

En este caso se produce una compactación del collar de perlas denominada solenoide, bucle, que consiste en la inversión de 6 nucleosomas en cada vuelta, generando una estructura hexagonal mantenida por la histonas H1.

Los niveles de compactación del ADN siguen aumentando hasta llegar al nivel de cromosoma o grado máximo de compactación. Sin embargo a mayor compactación del ADN menor disponibilidad de acceso a su información existe, de este modo si el ADN tiene que ser funcional en la célula no puede estar en su máximo grado de compactación. Así lo habitual es que aparezca en estado de collar de perlas o solenoide. Además cada región que en un momento determinado deba ser transcrita será descompactada, es decir, irá perdiendo su nivel de organización hasta permitir ser abierta y copiada.

El nivel de máxima compactación o cromosoma solo aparece una vez que la célula va a dividirse, puesto que así es más fácil el reparto de información genética. Sin embargo, este grado de compactación será posterior a la copia total de la cadena de ADN, es decir, primero se producirá la replicación del ADN, la copia de toda la información, y después se procederá a su compactación a nivel de cromosomas. Así será por lo que observemos los cromosomas constituidos por dos cromátidas, cada una de las cuales lleva toda la información genética, es decir, una es copia de la otra.

Propiedades del ADN

Desnaturalización, cuando el ADN se somete a variaciones de pH y temperatura se produce la desorganización de los diferentes niveles estructurales. Esos niveles se mantienen gracias a enlace de tipo débil, de modo que las modificaciones de pH o temperatura con respecto a los valores en los que el ADN es estable generan la rotura de estos enlaces de carácter débil.

El último nivel estructural en perderse correspondería al nivel secundario, al romperse los puentes de hidrógeno que mantienen unidas las bases nitrogenadas complementarias entre ellas. Esto da lugar a la separación de las dos cadenas que forman la doble hélice.

Al igual que ocurría las proteínas, el nivel primario no se pierde ya que se trata de un enlace de carácter fuerte entre los diferentes nucleótidos. Si las oscilaciones térmicas o de pH son tan elevadas como para romper los enlaces entre nucleótidos no tenemos un proceso de desnaturalización sino un proceso de desintegración de la cadena de ADN.

En algunos casos, cuando la modificación térmica ha sido lenta, se puede revertir el proceso dando lugar a la **renaturalización**. Es decir, una vez enfriado el ADN éste vuelve a recuperar su estructura de doble hélice.

Esta posibilidad de generar un proceso de apertura de cadenas por desnaturalización térmica y posteriormente su renaturalización sirve dentro de las técnicas de biotecnología para unir dos cadenas diferentes generando híbridos de ADN. Esta técnica es utilizada tanto para establecer modificaciones de ADN (híbridos) como para establecer el grado de semejanza entre dos cadenas distintas, de modo que cuanto mayor sean las zonas comunes, y por tanto de unión, más próximas filogenéticamente estarán esas dos cadenas de ADN.

Se denomina **TM** a la temperatura a la que se ha producido el **50%** de la apertura de la cadena del ADN que decir la **desnaturalización** de la mitad de la cadena de ADN.

ADN en los diversos organismos

En función de si estamos ante procariotas, eucariotas o virus, el material genético puede mostrar diferencias.

Procariotas

En el caso de procariotas se trata de un **único cromosoma**. Este cromosoma es **circular**, es decir, los extremos de la cadena de ADN de doble hélice se encuentran unidos entre ellos. También aparece asociado a determinados tipos de proteínas para aumentar su grado de compactación. Y aunque no está envuelto por una membrana nuclear aparece en una región específica del citoplasma dando lugar a la región del nucleóide.

Eucariotas

En el caso de eucariotas los **cromosomas** son de tipo **lineal** y decir sus extremos están libres. De igual modo se trata de cadenas de doble hélice de ADN.

El número específico de cromosomas depende de cada especie aunque es constante en cada una de ellas. Como ya se ha explicado la compactación está determinada por la presencia de proteínas llamadas histonas.

Virus

El caso de los virus es especial.

Por una parte porque no existe acuerdo entre la comunidad científica a la hora de definir si son entes vivos o no.

Por otra parte son los únicos organismos en los que existen todas las posibles combinaciones de material genético como material portador de la información. De este modo encontramos virus con **ADN bicatenario**, **ADN monocatenario**, **ARN bicatenario**, **ARN monocatenario(-)**, **ARN monocatenario(+)**, y **ARN retrotranscrito**.

ARN

La composición del ARN es semejante a la del ADN, si bien la diferencia básica es que en lugar de desoxirribosa aparece **ribosa** como pentosa.

Por otra parte, en el ARN no aparece timina y en su lugar aparece **uracilo**.

Otra diferencia es que habitualmente la cadena de ARN es única es decir se trata de un **ácido nucleico monocatenario** si bien es cierto en algunos casos esta cadena se repliega sobre sí misma dando lugar a tramos con complementariedad que parecen tener estructura bicatenaria.

Tipos de ARN

Existen distintos tipos de ARN dependiendo de las funciones que desempeña:

-ARNm- mensajero- es un fragmento copiado del ADN que contiene la información genética. Esta copia o transcrito permite transferir la información al citoplasma y trabajar con ella sin alterar la copia original.

En el caso de procariontes este ARNm es policistrónico (una cadena de ARN lleva información para la síntesis de varias cadenas proteicas), mientras que en eucariotes es monocistrónico (una cadena de ARN lleva información para la síntesis de una cadena proteica)

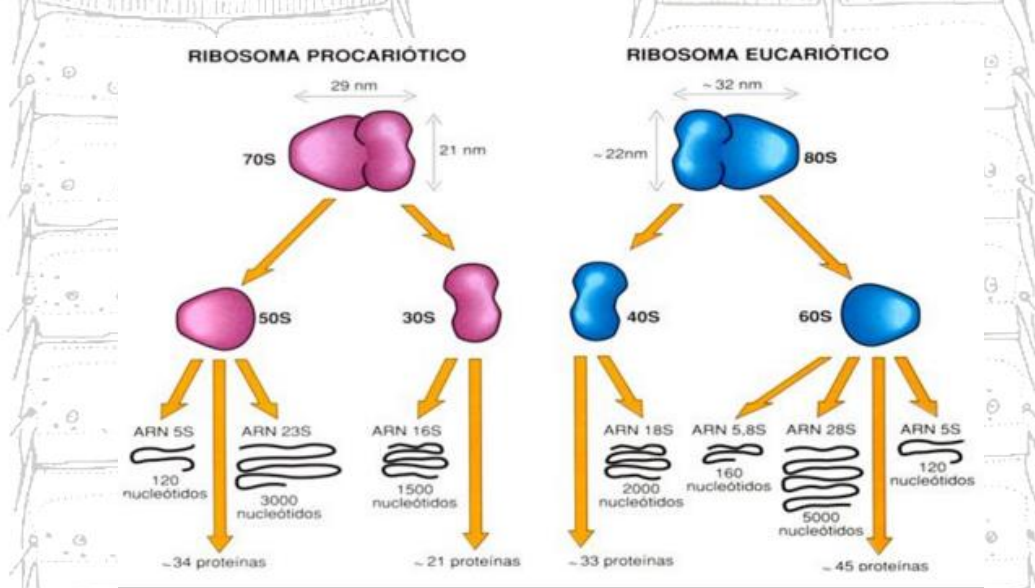
- ARN- heterogéneo nucleolar- aparece formando parte del nucleolo. Se trata de una secuencia larga de ARN a partir de la cual se generarán distintos fragmentos que a su vez darán lugar a las cadenas de ARN que formarán los distintos fragmentos de ARN ribosómico.

-ARNr- ribosómico- para generar los ribosomas. Estas estructuras son complejos macromoleculares constituidos por diversas cadenas de ARN ribosómico de distintas longitudes asociadas a proteínas. Los ribosomas aunque realizan las mismas funciones tienen estructura diferente en procariontes y en eucariotes.

En el caso de procariontes los ribosomas son de menor tamaño. Se les considera ribosomas de tipo 70S siendo S (Svedberg) la unidad de medida de la velocidad de sedimentación. Los ribosomas están constituidos por dos subunidades, la subunidad menor 30S y la subunidad mayor 50S. Cada una de estas unidades está formada por cadenas de ARN ribosómico unidas a proteínas. En el caso de la subunidad mayor existen dos cadenas una de 23S y otra 5S en el caso de la subunidad pequeña hay una única cadena 16S.

En el caso de eucariotas los ribosomas igualmente están constituidos por dos subunidades. Estos ribosomas son de mayor tamaño 80S, la subunidad mayor es 60S y la menor 40S. La menor a su vez presenta una cadena 18S mientras que la mayor presenta tres cadenas 5,8S 28S 5S.

Como ya se verá más adelante, mitocondrias y cloroplastos son orgánulos celulares eucariotas que de manera inusual presentan tanto material genético como ribosomas propios independientes a los del resto celular. Como peculiaridad, tanto ese material genético como esos ribosomas, aún perteneciendo a una célula de tipo eucariota, tiene sin embargo semejanzas con la estructura de los correspondientes a las células procariotas. Es decir, presentan ADN de tipo circular y ribosomas de tipo 70S.



-ARNt- transferente- colabora junto con el ARN mensajero y el ARN ribosómico en la formación de proteínas. Mientras que el ARN mensajero porta la información referida a la secuencia del orden de los correspondientes aminoácidos y el ARN ribosómico se encarga de unirlos, el ARN transferente es el transportador o portador de los aminoácidos desde el citoplasma a los ribosomas.

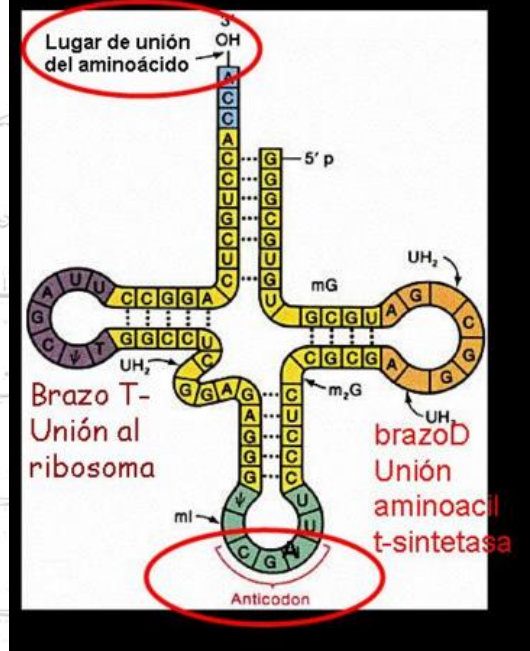
Este ARN aparece replegado sobre sí mismo lo que da lugar a la presencia de zonas con bucles y zonas con complementariedad, de este modo en él se pueden distinguir distintas regiones o brazos con funciones diferentes.

-Brazo anticodón- esta zona presenta un triplete de bases nitrogenadas que será complementario al triplete que aparezca en el ARN mensajero. El extremo 3' va a ser el lugar de unión del aminoácido codificado por el triplete que aparezca en el ADN mensajero o codón.

Para que se pueda establecer la unión entre el aminoácido y el extremo 3' se requiere energía. Esta energía procederá del ATP, pero para ello tiene que actuar una enzima aminoacil- t- sintetasa que se va a unir a uno de los brazos que presente la estructura tridimensional del ARN transferente el que será el brazo D.

Por otra parte otra zona del ARN transferente será el brazo T, que permite el reconocimiento de este ARN con el ribosoma, para así completar el proceso de síntesis de las proteínas.

ARNtransferente



-Ribozimas- se trata de cadenas muy particulares de ARN. Estas cadenas tienen lo que se llama capacidad **autocatalítica**, es decir son capaces de tener actividad enzimática sin ser proteínas, o lo que es lo mismo son capaces de catalizar sus propios procesos de formación al margen de la presencia de enzimas de naturaleza proteica.

Se considera que este tipo de sustancias fueron las que originaron las primeras cadenas de ácidos nucleicos en el origen de la vida lo que se llama **mundo de ARN**. Es decir las cadenas de ARN fueron capaces de crearse a sí mismas a partir de cadena de ARN con capacidad enzimática = ribozimas. Su importancia es trascendental para comprender el origen y evolución de las primeras etapas de la vida.