

La Química de la vida

El extenso campo de los compuestos del carbono

Actualmente se conocen más de 3 millones de compuestos orgánicos con un ritmo de crecimiento de 100.000 compuestos nuevos al año.

Este elevado número de compuestos tienen como elemento básico de su constitución molecular al átomo de **carbono** unido, sobre todo, a los elementos **oxígeno** e **hidrógeno**, también a los **halógenos**(Flúor,Cloro, Bromo, Yodo, Astato) y a veces **S** y **P**.

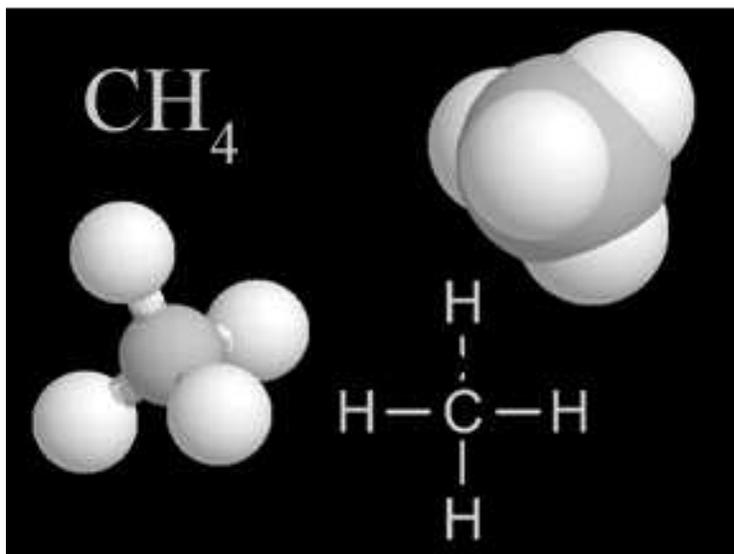
A diferencia de los compuestos inorgánicos, los orgánicos presentan las siguientes características:

1. La gran mayoría de enlaces son de tipo covalente.
2. Puntos de fusión y de ebullición bajos respecto a los compuestos inorgánicos.
3. Poco solubles en agua.
4. Moléculas apolares o poco polares.
5. Presentan reacciones lentas y complejas.
6. Estructuras moleculares complicadas, especialmente las de origen natural.
7. Se descomponen al calentarlos.

El átomo de carbono actúa con valencia (2) sólo en el monóxido de carbono (CO) y el metileno (CH₂).

En el resto de los compuestos actúa con valencia 4.

¿Por qué está el carbono tan bien dotado para los procesos vitales, y por qué no cualquier otro de los 100 elementos? Las respuestas deben hallarse en el examen de la estructura atómica del carbono, porque es esta estructura la que permite al carbono formar mayor variedad de compuestos que cualquier otro elemento. El carbono tiene cuatro electrones en su capa más externa . Cada uno de ellos puede parearse con los de otros elementos que puedan completar sus capas electrónicas compartiendo electrones para formar enlaces covalentes . Entre los elementos que pueden unirse de este modo al carbono se encuentran el nitrógeno, el hidrógeno y el oxígeno . Un átomo de carbono puede compartir un máximo de cuatro pares de electrones, dando compuestos tales como el metano :



Pero la característica más peculiar del átomo de carbono, que le distingue de los demás elementos (excepto el silicio) y que da cuenta de su papel fundamental en el origen y evolución de la vida, es su capacidad de compartir pares de electrones con otros átomos de carbono para formar enlaces covalentes carbono-carbono . Este fenómeno singular es el cimiento de la química orgánica . Permite la formación de una amplia gama de ordenaciones estructurales de carbono, lineales, ramificadas, cíclicas o en forma de jaula, tachonadas con átomos de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y otros elementos capaces de formar enlaces covalentes . Sólo esos contados elementos que contienen cuatro electrones en su capa más externa son capaces de formar una sucesión estable de enlaces covalentes con átomos del mismo elemento . De entre éstos, el silicio es el único elemento, junto con el carbono, que puede formar tales enlaces consigo mismo, con relativa estabilidad . Pero los compuestos silicio-silicio no permanecen inalterados en contacto de la atmósfera terrestre cargada de oxígeno . Se oxidan formando sílice (SiO_2), principal ingrediente de la arena y el cuarzo, pero que no es la clase de material capaz de dar sustento a la vida . Así, por lo menos en la tierra, sólo el carbono es capaz de suministrar una base para los componentes moleculares de los seres vivos .

¿El Boro, Nitrógeno, Silicio podrían originar una química similar a la del carbono?

Boro y Nitrógeno al estar en el mismo periodo poseen idénticos orbitales de valencia. Pero el boro tiene 3 electrones y el nitrógeno 5. A diferencia del carbono que utiliza 4 electrones de valencia en cuatro orbitales de valencia. El boro tendrá un orbital vacío formando, por ello, compuestos poco estables debido a la deficiencia de electrones. En cambio, el nitrógeno presenta el inconveniente contrario, con un par de electrones sin formar enlace, los compuestos en base a enlaces N-N presentan repulsiones entre los pares de electrones solitarios (enlazantes) que hacen débil al enlace, lo cual excluye la posibilidad de cadenas de nitrógenos estables.

Las limitaciones que presenta el **silicio** son:

1. No puede formar enlaces múltiples (dobles, triples), pues la repulsión de los electrones internos (10 electrones $1s^2 2s^2 p^6$) no permite que dos átomos de silicio se aproximen lo suficiente para que los orbitales p se solapen y formen un doble enlace.
2. La energía de los enlaces Si-Si o Si-H es muy baja en comparación con las energías de enlace C-C o C-H, por ello no será posible formar cadenas de cierta longitud en base al silicio.

No obstante, el enlace Si-O es bastante fuerte y de ahí la posibilidad de cadenas constituidas por átomos de silicio enlazados por puentes de oxígeno (silicatos, sílice) que constituyen el componente inorgánico principal de la corteza terrestre.

Energías medias de enlace (en KJ/mol)

Enlace	Energía	Enlace	Energía
H-H	436	C=C	610
C-H	415	C=N	615
N-H	390	C=O	730
O-H	460	N=N	418
C-C	347	O=O	494
C-N	285	C≡C	830
C-O	352	C≡N	887
N-N	159	N≡N	946

Energías de enlaces sencillos (kilojulios/mol)

	C	H	O	F	Cl	Si
C	347	413	352	485	330	288
Si	288	293	368	540	360	175

Proteínas

Son las sustancias que componen las estructuras celulares y las herramientas que hacen posible las reacciones químicas del metabolismo celular. En la mayoría de los seres vivos (a excepción de las plantas que tienen más celulosa) representan más de un 50% de su peso en seco. Una bacteria puede tener cerca de 1000 proteínas diferentes, en una célula humana puede haber 10.000 clases de proteínas distintas.

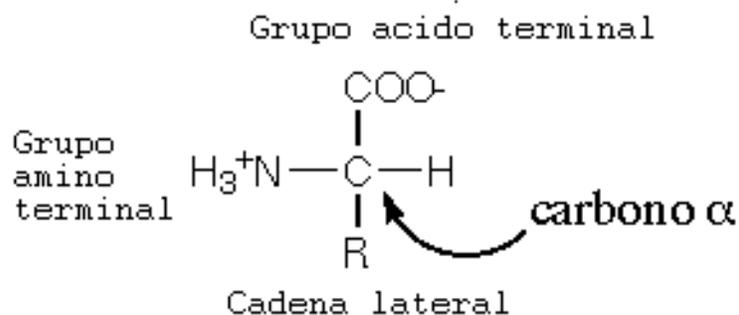
Químicamente son macromoléculas, **polímeros de aminoácidos** (más de 100) dispuestos en una secuencia lineal, sin ramificaciones. Una secuencia de menos de 100 aminoácidos se denomina **péptido**.

Con la posibilidad de que 20 aminoácidos diferentes puedan ser ordenados en cualquier orden para conformar polipéptidos de cientos de aminoácidos, tienen el extraordinario potencial de producir una gran cantidad de variantes en su conformación. Esta variedad permite a las proteínas funciones tan refinadas como las de las enzimas que permiten el metabolismo celular. La bacteria *Escherichia coli*, uno de los organismos biológicos más simples, tiene más de 1000 proteínas diferentes trabajando a diferentes tiempos para catalizar las reacciones que sostienen a su vida.

Aminoácidos

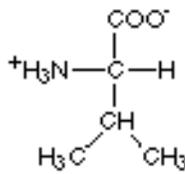
Los **aminoácidos** (aa) son moléculas orgánicas pequeñas con un grupo amino (**NH₂**) y un grupo carboxilo (**COOH**). La gran cantidad de proteínas que se conocen están formadas únicamente por 20 aa diferentes. Se conocen otros 150 que no forman parte de las proteínas.

Todos los aminoácidos tienen la misma fórmula general:

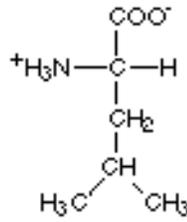


Los veinte aminoácidos que se encuentran en los sistemas biológicos son:

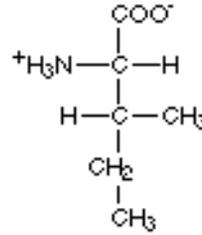
Aminoácidos con grupos laterales hidrofóbicos



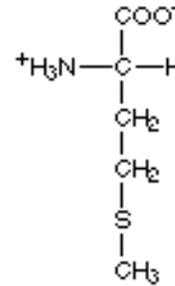
Valina
(val)



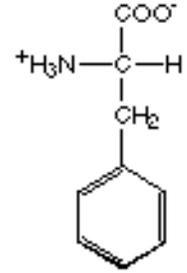
Leucina
(leu)



Isoleucina
(ile)

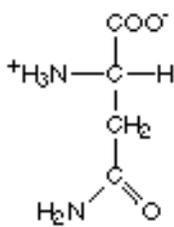


Metionina
(met)

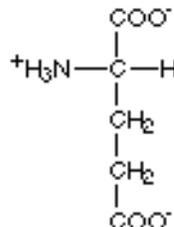


Fenilalanina
(phe)

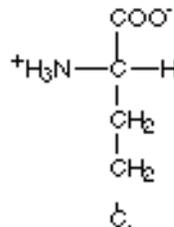
Aminoácidos con grupos laterales hidrofílicos



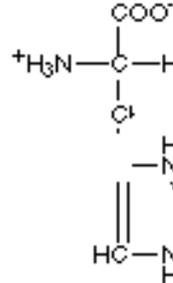
Asparagina
(asn)



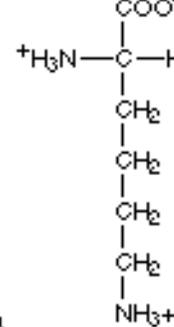
Glutámico
(glu)



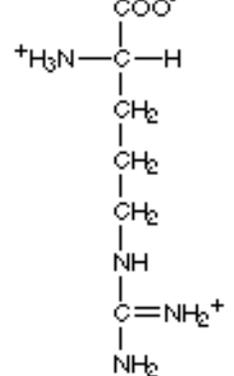
Glutamina
(gln)



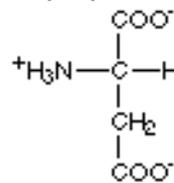
Histidina
(his)



Lisina
(lys)

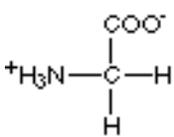


Arginina
(arg)

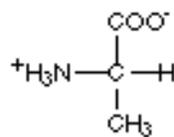


Aspártico
(asp)

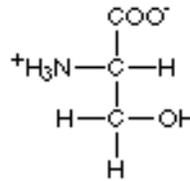
Con características intermedias



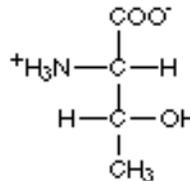
Glicina
(gly)



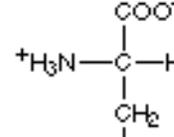
Alanina
(ala)



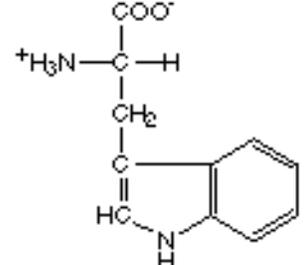
Serina
(ser)



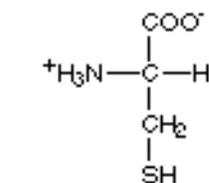
Treonina
(thr)



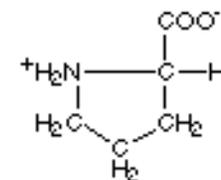
Tirosina
(tyr)



Triptófano
(trp)



Cisteína
(cys)



Prolina
(pro)

Todas las proteínas son cadenas lineales compuestas de algunos de estos veinte aminoácidos.

Ácidos nucleicos

Los **ácidos nucleicos** son **macromoléculas**, **polímeros** formados por la repetición de **monómeros** llamados **nucleótidos**, unidos mediante **enlaces fosfodiéster**. Se forman, así, largas cadenas o polinucleótidos, lo que hace que algunas de estas moléculas lleguen a alcanzar tamaños gigantes (de millones de nucleótidos de largo).

El descubrimiento de los ácidos nucleicos se debe a [Miescher](#) que en la década de 1860 aisló de los [núcleos de las células](#) una sustancia ácida a la que llamó *nucleína*, nombre que posteriormente se cambió a ácido nucleico.

Existen dos tipos de ácidos nucleicos: [ADN](#) (ácido desoxirribonucleico) y [ARN](#) (ácido ribonucleico), que se diferencian en:

- El [azúcar](#) ([pentosa](#)) que contienen: la [desoxirribosa](#) en el ADN y la [ribosa](#) en el ARN.
- Las [bases nitrogenadas](#) que contienen: [adenina](#), [guanina](#), [citosina](#) y [timina](#) en el ADN; [adenina](#), [guanina](#), [citosina](#) y [uracilo](#) en el ARN.
- En los [eucariotas](#) la estructura del ADN es de doble cadena, mientras que la estructura del ARN es monocatenaria, aunque puede presentarse en forma extendida, como el [ARNm](#), o en forma plegada, como el [ARNt](#) y el [ARNr](#).
- La [masa molecular](#) del ADN es generalmente mayor que la del ARN.

Las unidades que forman los ácidos nucleicos son los [nucleótidos](#). Cada nucleótido es una molécula compuesta por la unión de tres unidades: un [monosacárido](#) (una [pentosa](#)), una [base nitrogenada](#) purínica ([adenina](#), [guanina](#)) o pirimidínica ([citosina](#), [timina](#) o [uracilo](#)) y uno o varios grupos fosfato ([ácido fosfórico](#)). Tanto la base nitrogenada como los grupos fosfato están unidos a la pentosa.

La unión formada por la pentosa y la base nitrogenada se denomina [nucleósido](#). Cuando lleva unido una unidad de fosfato al carbono 5' de la ribosa o desoxirribosa y dicho fosfato sirve de enlace entre nucleótidos, uniéndose al carbono 3' del siguiente nucleótido; se denomina nucleótido-monofosfato (como el [AMP](#)) cuando hay un solo grupo fosfato, nucleótido-difosfato (como el [ADP](#)) si lleva dos y nucleótido-trifosfato (como el [ATP](#)) si lleva tres.

Listado de nucleótidos

- [Adenina](#), presente en ADN y ARN.
- [Guanina](#), presente en ADN y ARN.
- [Citosina](#), presente en ADN y ARN.
- [Timina](#), exclusivo del ADN.
- [Uracilo](#), exclusivo del ARN.

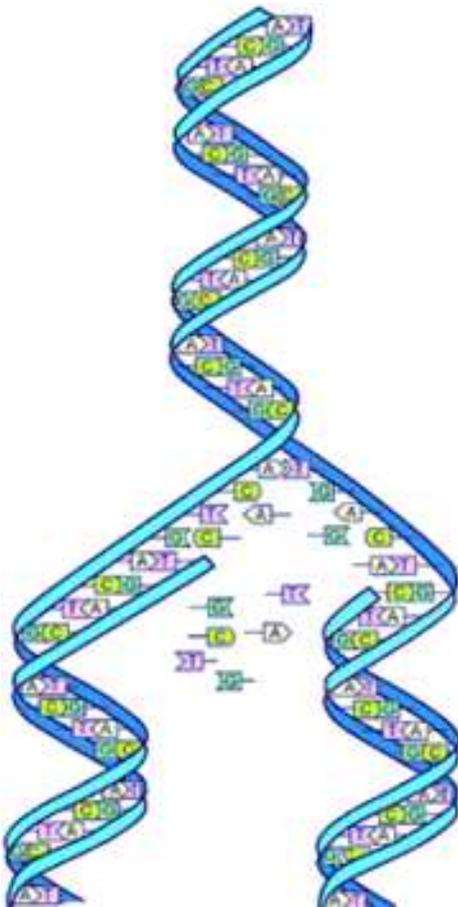
ADN

El ADN es bicatenario, está constituido por dos cadenas polinucleotídicas unidas entre sí en toda su longitud. Esta doble cadena puede disponerse en forma lineal (ADN del núcleo de las células eucarióticas) o en forma circular (ADN de las células procarióticas, así como de las mitocondrias y cloroplastos eucarióticos). La molécula de ADN porta la información necesaria para el desarrollo de las características biológicas de un individuo y contiene los mensajes e instrucciones para que las células realicen sus funciones. Dependiendo de la composición del ADN (refiriéndose a composición como la secuencia particular de bases), puede desnaturalizarse o romperse los puentes de hidrógenos entre bases pasando a ADN de cadena simple o ADNsc abreviadamente.

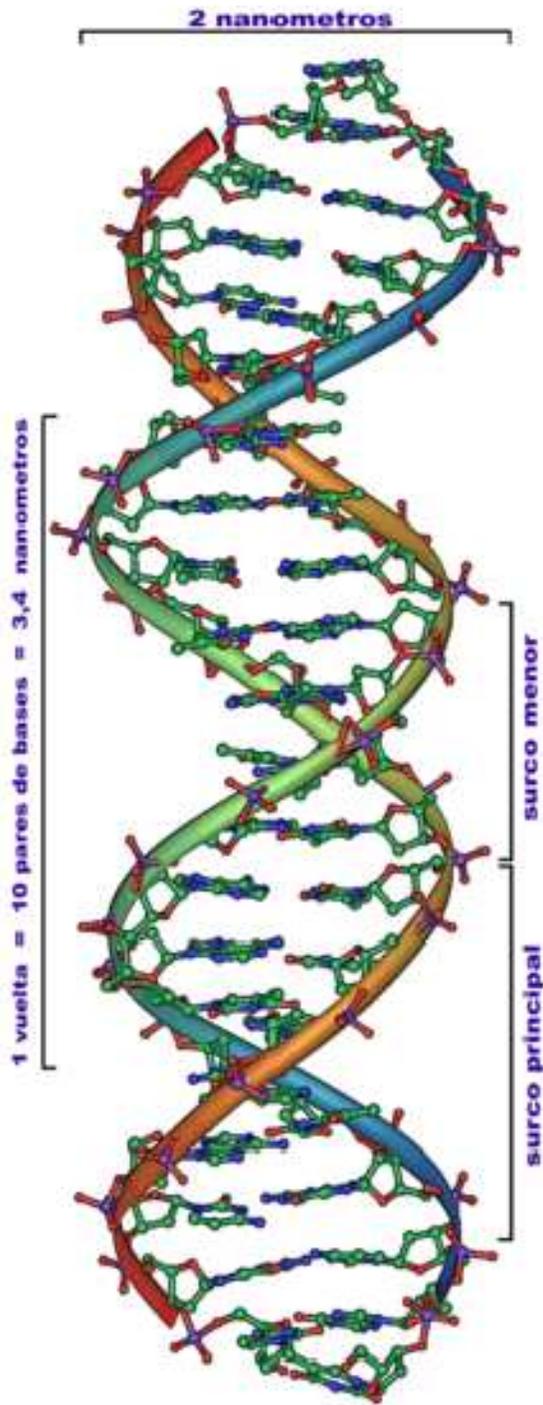
1.- La difracción de rayos X muestra que el ADN tiene una forma de hélice regular, teniendo una vuelta cada 34 \AA (3.4 nm) con un diámetro de aproximadamente 20 \AA (2 nm). De acuerdo a lo anterior, debe tener 10 nucleótidos por vuelta.

2.- La densidad del ADN sugiere que la hélice debe contener cadenas de polinucleótidos. El diámetro constante de la hélice puede ser explicado si las bases de cada cara de la cadena están hacia adentro y están restringidas de tal manera que las purinas están siempre opuestas a las pirimidinas, evitando así los pares purina-purina o pirimidina-pirimidina.

3.- La proporción de G es siempre la misma que la de C en el ADN y las proporciones de A son siempre las mismas que las de T. De tal forma que la composición de cualquier ADN puede ser descrita por la proporción de sus bases C+G la cual varía entre 26 y 74 % dependiendo de la especie.



magen de una cadena de ADN mostrando la doble hélice replicándose



ARN

El ARN difiere del ADN en que la pentosa de los nucleótidos constituyentes, es ribosa en lugar de desoxirribosa, y en que en lugar de las cuatro bases A, G, C, T aparece A, G, C, U (es decir, uracilo en lugar de timina). Las cadenas de ARN son más cortas que las de ADN, aunque dicha

característica es debido a consideraciones de carácter biológico, ya que no existe limitación química para formar cadenas de ARN tan largas como de ADN, al ser el enlace fosfodiéster químicamente idéntico. El ARN está constituido casi siempre por una única cadena (es monocatenario), aunque en ciertas situaciones, como en los ARNt y ARNr puede formar estructuras plegadas complejas.

Mientras que el ADN contiene la información, el ARN expresa dicha información, pasando de una secuencia lineal de nucleótidos, a una secuencia lineal de aminoácidos en una proteína.