

# Biopolímero

S (4831)

Módulo 2. Ficha 2.5



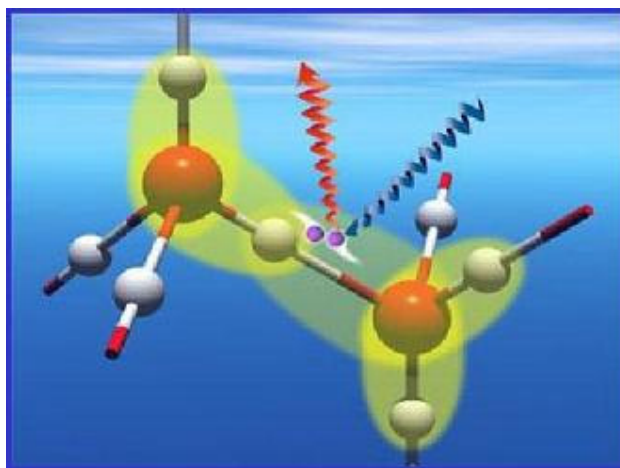
Universitat de les  
Illes Balears

## FUERZAS QUE DETERMINAN LA ESTRUCTURA MACROMOLECULAR

### 2.7. Enlaces de hidrógeno

Los *enlaces de hidrógeno* o *interacciones por puentes de hidrógeno*, se dan entre dos átomos muy electronegativos, uno de ellos covalentemente unido a un átomo de hidrógeno y el otro con algún par de electrones con *funciones orbitales de par solitario*. El enlace de hidrógeno entre dos átomos X, Y puede ser representado en la forma **X-H...Y**, en donde **X-H** representa el enlace covalente sigma entre el átomo de hidrógeno y el átomo X, y **...Y** representa la parte de interacción de carácter fundamentalmente electrostático. Los enlaces de hidrógeno se dan fundamentalmente entre átomos pequeños y muy electronegativos como N, O, F, aunque si el átomo Y es una especie aniónica, como el Cl<sup>-</sup> o el Br<sup>-</sup> también participan en este tipo de interacciones.

La fuerte electronegatividad del átomo X y la alta polarizabilidad electrónica del átomo de hidrógeno hace que el enlace X-H sea un dipolo particularmente intenso (vease la magnitud de los momentos dipolares O-H, N-H, F-H). La fuerte atracción electrostática ejercida entre este dipolo y el átomo electronegativo Y, permite a este último acercarse tanto al átomo de hidrógeno del enlace X-H que finalmente se produce una interpenetración de las nubes electrónicas de los dos sistemas. En consecuencia la nueva interacción formada tiene no sólo un *fuerte carácter electrostático* sino también algo de *carácter covalente*. Se estima en un 10% la contribución del carácter covalente al total de las interacciones por enlaces de hidrógeno. Los orbitales atómicos que formarían este enlace molecular serían los atómicos de X y H que dan el enlace sigma X-H y el orbital de par solitario del átomo Y. Experimentos de efecto Compton con radiación de rayos X (E.D. Isaacs et al. Phys.Rev.Let. 82(3), 600-603, 1999.) llevados a cabo en el European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) en Grenoble (Francia) han permitido comprobar la naturaleza parcialmente covalente de esta interacción.



**Naturaleza mecanocuántica o covalente del enlace**

**de hidrógeno entre dos moléculas de agua próximas en el hielo.** En la representación de la molécula de agua los átomos de hidrógeno están en rojo y los de oxígeno en blanco. Las nubes electrónicas de los dos enlaces fuertes covalentes de la molécula de agua están representados en color amarillo intenso, mientras que la contribución covalente de los enlaces intermoleculares que son de naturaleza fundamentalmente electrostática está representada en amarillo pálido. La radiación de rayos X que choca con los electrones de este enlace de hidrógeno, salen dispersados con un efecto Compton.

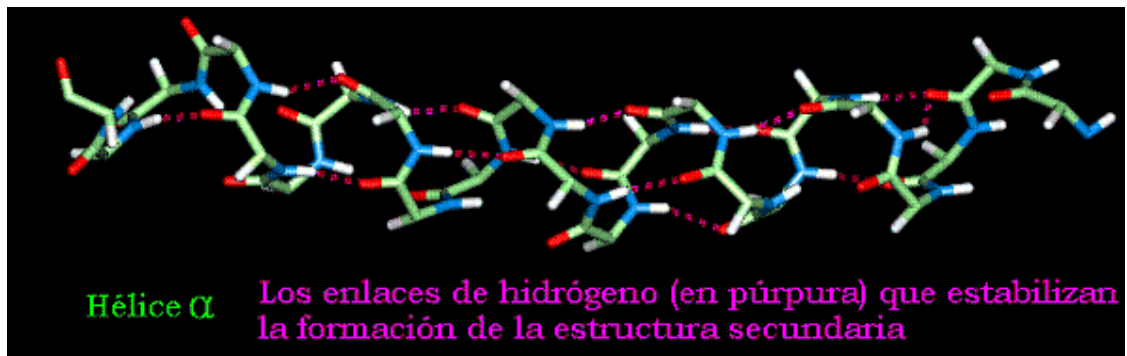
Como puede apreciarse en la representación de la figura anterior, el átomo de H no es compartido igualmente por los dos átomos electronegativos, sino que permanece más cerca del átomo al que está unido covalentemente. Este hecho se observa claramente en los resultados experimentales, por ejemplo, en los enlaces de hidrógeno entre el N-H y el oxígeno carbonílico de los cristales de amidas, la distancia  $N \cdots O$  oscila entre 0,285 y 0,30 nm, estando la distancia  $N-H$  de alrededor de 0,1 nm y la distancia  $H \cdots O$  entre 0,185 y 0,200 nm, mucho menor que la suma de los radios de Van der Waals. En el hielo también la distancia  $O-H$  es de 0,10 nm tal como se espera de este enlace covalente, aunque la distancia  $H \cdots O$  es de 0,176 nm mientras que la suma de los radios de Van der Waals para estos átomos da un valor de 0,26 nm. Dada esta falta de simetría del enlace de hidrógeno, se distingue entre el *átomo dador del enlace* y el *átomo aceptor del enlace*. como se puede apreciar en el esquema siguiente de un enlace peptídico.



Los enlaces de hidrógeno son direccionales (la dirección del enlace covalente X-H). La energía de los enlaces de hidrógeno oscila entre unos 10 y 40 kJ/mol. Adquieren su mayor fortaleza cuando los tres átomos implicados están en línea recta (ángulo de enlace  $180^\circ$ ), aunque pequeñas desviaciones de la linealidad (hasta  $20^\circ$ ) apenas afectan a su fortaleza. La fortaleza del enlace de hidrógeno es muy dependiente del ángulo y de la distancia entre los átomos y disminuye con ella de forma exponencial, así que, de una manera general, puede considerarse que para valores de distancias mayores que 3,10 Å y/o ángulos de enlace menores que  $146^\circ$  el enlace está roto. Evidentemente ésta es una cuestión que dependerá del tipo de átomos concretos que formen el enlace y el entorno en el que se formen. La fortaleza del enlace también depende de la orientación y la posición de los otros átomos unidos y no unidos y de los "electrones de par solitario".

Enlaces de esta fortaleza son de particular importancia, puesto que por un lado son suficientemente estables como para mantener a las moléculas unidas, y por otra suficientemente débiles para permitir una disociación rápida. Esto permite la formación de débiles estructuras tridimensionales en sólidos. En líquidos, además, las interacciones de corto alcance pueden ser significativamente de largo alcance si están implicados los enlaces de hidrógeno, de ahí el nombre de *líquidos asociados* que se da a los líquidos con este tipo de interacciones. Los enlaces de hidrógeno pueden ocurrir *intermolecularmente* o *intramolecularmente* y puede existir perfectamente en un entorno no polar. En consecuencia y como se dijo al principio son de particular importancia en macromoléculas y en asociaciones biológicas. En proteínas son los responsables de la estructura secundaria de la molécula

polimérica y en ácidos nucleicos son responsables del apareamiento de bases y de la estabilidad de ADN.



---

[Ficha anterior](#)



[Ficha  
Siguiente](#)

**Módulos**

**Biopolímeros.** J. Donoso. Página actualizada en Febrero 2006