



La Ciencia, desde Morelos para el mundo

Todos los artículos publicados en esta sección de La Unión de Morelos han sido revisados y aprobados por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos, A.C., cuyos integrantes son: Dr. Enrique Galindo Fentanes (Coordinador), Dr. Edmundo Calva, Dr. Hernán Larralde, Dr. Sergio Cuevas y Dr. Gabriel Iturriaga  
 ¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTACTANOS: edacmor@ibt.unam.mx

## Los códigos moleculares de información en los sistemas biológicos

**Raúl Arredondo Peter**  
 Laboratorio de Biofísica y  
 Biología Molecular, Facultad de  
 Ciencias  
 Universidad Autónoma del Estado  
 de Morelos  
 Miembro de la Academia de  
 Ciencias de Morelos, A.C.  
 Correo electrónico: ra@uaem.  
 mx

La información es esencial para el funcionamiento correcto de los seres vivos. Esto comprende desde el nivel molecular hasta la organización social. Por ejemplo, el lenguaje y la escritura están formados por códigos que contienen la información que permite comunicarnos. En este caso los códigos corresponden a las palabras (y a las reglas gramaticales), las cuales tienen un significado debido a las letras y el orden de las letras que las forman. Si una letra en la palabra es reemplazada por otra, el significado de la palabra cambia. Esto mismo sucede si se modifica el orden de las letras en una palabra. Tomemos como ejemplo a la palabra “miel”, la cual denota a la sustancia viscosa de sabor dulce que producen las abejas. Si sustituimos la letra “m” por “h” en la palabra miel resultará la palabra “hiel”, la cual denota a un componente de la bilis que se asocia con la amargura. Otro ejemplo es la palabra “monja”, la cual se refiere a una persona que pertenece a una congregación religiosa. Si el orden de las letras que forman a esta palabra se modifica se obtiene la palabra “jamón”, la cual se refiere a la carne curada de la pierna del cerdo. El significado y, por lo tanto, la información que contienen las palabras de los ejemplos anteriores es distinto. Evidentemente, el orden de las letras y las letras que forman a cada palabra es importante ya que corresponde a un código que contiene información específica.

Esto mismo sucede al nivel molecular en los seres vivos. En términos generales, los seres vivos estamos formados por cuatro tipos de biomoléculas: las proteínas, los lípidos, los carbohidratos y los ácidos nucleicos. Entre ellas,

los ácidos nucleicos y las proteínas son las biomoléculas que almacenan la mayor cantidad de información. Los ácidos nucleicos contienen la información genética de los organismos ya que determinan cuales serán las proteínas que se sintetizarán en una célula. A su vez, la información que está contenida en una proteína determina cual será su estructura y, por lo tanto, su función en la célula. En estas moléculas la información está almacenada de igual manera a la información que contienen las letras de las palabras, es decir, en el orden y tipo de unidades que las forman. Para entender esto es necesario conocer la estructura de los ácidos nucleicos y las proteínas. Los ácidos nucleicos, como el ácido desoxiribonucleico (o ADN), están formados por cuatro nucleótidos distintos: adenina, guanina, citosina y timina (o uracilo si se trata del ácido ribonucleico, o ARN), a los cuales se les representa con las letras A, G, C y T (o U en el caso del uracilo), respectivamente. Por su parte, las proteínas están formadas por 20 aminoácidos diferentes, los cuales se agrupan en aquellos que carecen de carga eléctrica y los que tienen cargas positivas o negativas. Los ácidos nucleicos y las proteínas se relacionan entre sí mediante el código genético, el cual está formado por codones, o combinaciones de tres nucleótidos (letras). Los codones forman a los genes, y la secuencia de codones en un gen determina la secuencia de aminoácidos de una proteína. Así, el orden y tipo de nucleótidos o aminoácidos que forman a los ácidos nucleicos y las proteínas, respectivamente, determinan la información que contienen estas biomoléculas.

Además de la información para la síntesis (y la secuencia de aminoácidos) de una proteína, el ADN también contiene información para que un gen se encienda o apague. Tal es el caso de la secuencia TATA, la cual es necesaria para que un gen sea funcional (es decir, que se lea para la síntesis de una proteína). Si el orden de la secuencia anterior cambia a TTAA, o si algún nucleóti-

do cambia de tal manera que la nueva secuencia sea distinta (TGTA o TCTG), la eficiencia en el funcionamiento del gen puede disminuir o desaparecer, lo que tiene consecuencias en el funcionamiento del organismo en donde surgió el cambio. A estos cambios en la secuencia de nucleótidos se les conoce como “mutaciones”, las cuales suceden también en la secuencia de nucleótidos de los genes, trayendo consigo un cambio en la secuencia de aminoácidos de una proteína. Por lo tanto, la secuencia y el tipo de unidades que forman al ADN son esenciales para que el código de información que contiene se procese correctamente.

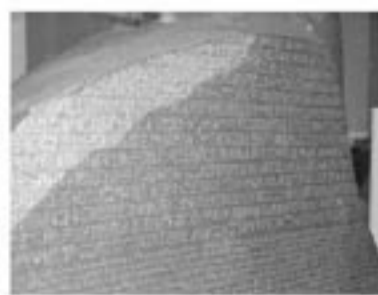
Por su parte, las proteínas son las responsables del funcionamiento de la célula. Existen diferentes tipos de proteínas. Por ejemplo, la bacteria *Escherichia coli*, que habita en nuestro intestino, codifica en su ADN para más de cuatro mil proteínas distintas. Las diferencias entre las proteínas radican en la secuencia de los aminoácidos que las forman. Estas diferencias (y, por lo tanto, la secuencia de aminoácidos) determinan la manera en la que una proteína se pliega en el espacio; el plegamiento determina la función de cada proteína. Otra característica importante que influye en el plegamiento es la distribución de los aminoácidos en la secuencia de la proteína. Por ejemplo, algunas proteínas se localizan y funcionan en el citoplasma de la célula debido a que en su superficie existen aminoácidos que tienen cargas eléctricas (lo que les

permite interactuar con el medio acuoso circundante). En cambio, en otras proteínas predominan los aminoácidos que carecen de cargas eléctricas, lo que resulta en la insolubilidad en un medio acuoso. Estas proteínas (insolubles) se localizan, y funcionan, en las membranas de las células. Por lo tanto, la secuencia de aminoácidos contiene la información que determina cual será el plegamiento, localización celular y función de cada proteína. Esta información puede cambiar si suceden mutaciones en los genes, lo cual afecta la estructura y función de una proteína. Un ejemplo de ello son las enfermedades genéticas, como la anemia falciforme, en donde una mutación en el gen que contiene información para la síntesis de la hemoglobina da lugar a una proteína defectuosa. El resultado del funcionamiento defectuoso de la hemoglobina es una anemia severa en las personas que sufren esta enfermedad. En este caso el significado del mensaje original está modificado (como si deseáramos untar hiel a nuestro pan para endulzarlo). Actualmente, uno de los objetivos de la medicina genómica es detectar los genes mutados que dan lugar a enfermedades genéticas, debido a la síntesis de proteínas defectuosas, para sustituirlos con las secuencias que contienen información para la síntesis de proteínas que funcionan adecuadamente.

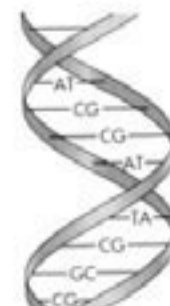
La secuencia de aminoácidos no solamente determina el plegamiento de una proteína. Existen secuencias cortas en la estructura de una proteína que actúan como señales para que sucedan procesos de modificación proteica. Por ejemplo, algunas proteínas se activan cuando otras proteínas

(llamadas cinasas) les unen químicamente un grupo fosfato en el sitio que contiene la secuencia de reconocimiento. En estas condiciones la proteína fosforilada está activa. Inversamente, la proteína activa es desactivada por otras proteínas (que se conocen como fosfatasas) que reconocen el sitio fosforilado para eliminar al fosfato, lo que resulta en la inactivación de la proteína. Este es uno de los muchos mecanismos que regulan la actividad de las proteínas. Actualmente existe interés en identificar la interacción entre diversas proteínas. Este proceso (que se conoce como “interactoma”) implica la interacción entre superficies proteicas (con un plegamiento particular) que son complementarias, y que resultan de secuencias específicas de aminoácidos. Estos procesos dependen de la existencia de códigos de información que están almacenados en las secuencias, cuya interpretación adecuada permite que las biomoléculas se comuniquen entre sí para el funcionamiento óptimo de los seres vivos.

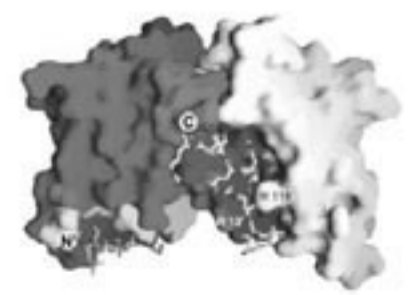
(A) Piedra Rosetta que contiene jeroglíficos egipcios que corresponden a uno de los sistemas de escritura más antiguos. Su antigüedad data del año 196 A.C. (B) Molécula de ADN que muestra la secuencia de nucleótidos (A, T, G y C) en su interior. El ADN es la biomolécula en donde se almacena la información genética de los organismos. (C) Interacción entre dos proteínas. La proteína izquierda se muestra con color oscuro, y la proteína derecha se muestra con color claro. Estas proteínas interactúan entre sí debido a que la estructura superficial (que resulta de la secuencia de aminoácidos) de las dos moléculas es complementaria.



(A)



(B)



(C)