

# Editorial: Ingeniería y biomateriales

Martín Edgar Reyes Melo

FIME-UANL

mreyes@gama.fime.uanl.mx



En septiembre de 1991 la Sociedad Europea de Biomateriales (European Society for Biomaterials – ESB), reservó, por decirlo de alguna manera, la palabra biomateriales para aquellos que son utilizados con el objetivo de evaluar, tratar, corregir o reemplazar cualquier tejido u órgano en el cuerpo humano. Bajo este contexto, quedan entonces en segundo término los aspectos que definen las propiedades de los “biomateriales”, tales como su estructura y morfología. Por otra parte, los grandes avances científicos de materiales para aplicación médica, nos muestran una fuerte tendencia hacia el desarrollo de nuevos biomateriales cuya estructura y morfología deben ser similares a la de los materiales biológicos. Aunado a esto, hoy en día es una actividad común en los grupos de investigación científica emular la estructura y morfología de los materiales biológicos, extendiéndose con esto las aplicaciones a otras áreas diferentes a las aplicaciones médicas, como por ejemplo la electrónica orgánica y la robótica, entre otras. Lo anterior trae como consecuencia que de forma recurrente se utilicen los términos “biomaterial” y “material biológico” como sinónimos, ya que la posición del término “bio”, delante o detrás de la palabra material, no debería afectar al significado. De hecho, la diferencia entre biomateriales y materiales biológicos es cada vez más difusa, por lo que el ingeniero en materiales está obligado a estudiar los conocimientos de base que rigen a las propiedades de los materiales biológicos, esto con la finalidad de poder diseñarlos y/o modificarlos acorde a las necesidades ingenieriles.

El término material biológico se asocia a materiales que proceden o tienen su origen en un ser vivo. Desde un punto de vista de la estructura y morfología existe una gran diferencia entre los materiales que en un principio la ESB consideraba como biomateriales y los materiales biológicos. En opinión personal, los materiales a los que hace alusión la ESB deberían ser identificados o etiquetados como materiales para aplicaciones médicas o bien como materiales biocompatibles, es decir materiales que son farmacológicamente inertes y que son apropiados para su inclusión en sistemas que potencian o sustituyen las funciones de los órganos y tejidos corporales.

Ante la necesidad de reemplazar una parte del cuerpo humano, por lo general los especialistas médicos desecharían la utilización de un “material sintético” como sustituto, en favor de un proceso de trasplante de un tejido compatible de algún donante humano. Sin embargo, la realización de dicho proceso reclama ciertos requisitos de compatibilidad entre el donante y el receptor, por lo que no siempre es posible llevar a cabo dicho trasplante. Debido a lo anterior, en un principio la investigación científica en el área de los “biomateriales” se centró no

solamente en el estudio de las propiedades de los biomateriales, sino también en el desarrollo de materiales de baja reactividad con los tejidos u órganos. En este sentido, el estudio de la característica inerte de los biomateriales constituye aún un objetivo para muchos propósitos, sin embargo debe tomarse en consideración que no existe material alguno que sea completamente inerte al cuerpo humano. Más aún, se admite que no todas las reacciones químicas o bioquímicas entre los biomateriales y el organismo son necesariamente perjudiciales, ya que existen reportes que en varios materiales de implantación se forman enlaces químicos con el tejido circundante, lo que estabiliza al implante realizado.

Hoy en día el desarrollo de nuevos biomateriales se beneficia notablemente de los avances de la ciencia de materiales, a manera de ejemplo podemos mencionar el desarrollo de elementos reemplazables para el sistema cardiovascular, poniendo a prueba su biocompatibilidad y su duración de vida útil. Sin embargo, las primeras válvulas mecánicas se fabricaron con acero inoxidable y un material cauchótico a base de silicona; el tiempo de vida útil de estas válvulas era razonable, sin embargo requerían también de un tratamiento anticoagulante para prevenir la formación de coágulos del fluido sanguíneo.

Hacia los años 70 se introdujo un nuevo modelo: tejidos animales modificados químicamente, y más recientemente se han diseñado y desarrollado válvulas con carbono pirolítico, para conferirles una mejor resistencia mecánica y mayor compatibilidad con el fluido sanguíneo, disminuyendo con esto la probabilidad de formación de coágulos. Por otra parte, es importante mencionar que de acuerdo con las necesidades del tejido que se desea reemplazar, deberán ser las propiedades del biomaterial a utilizar. Mientras que la mayoría de los biomateriales para el sistema cardiovascular deben ser elásticos y compatibles con el fluido sanguíneo, los biomateriales utilizados para los implantes óseos tienen que ser rígidos y resistentes tanto a cargas mecánicas como a los diferentes procesos de corrosión, entre otros. Además, es deseable que los implantes óseos residan en el hueso, y que no obstruyan el proceso de remineralización, mecanismo mediante el cual el cuerpo repone los niveles de calcio en el hueso. En este sentido, las prótesis metálicas constituyen desde hace tiempo el pilar principal de los ortopedistas, los traumatólogos y los dentistas. Muchos de los implantes dentales, de articulaciones y de huesos están hechos a base de titanio o aleaciones de cromo y cobalto, razón por la cual estas aleaciones según la ESB deben ser consideradas como biomateriales. Por otra parte, se ha demostrado que polímeros reforzados con “fibras de grafito” también pueden desarrollar la funciones de los biomateriales; este tipo de implante parece tener mejor adaptación al hueso, evitándose una pérdida excesiva de tejido óseo en el momento del implante.

La comunidad científica también ha abordado el estudio de distintos materiales cerámicos, vítreos y vitro-cerámicos, todos ellos bioactivos (interactivos), es decir que pueden formar enlaces químicos entre su superficie y el hueso adyacente estimulando la formación de tejido óseo nuevo. Actualmente, los materiales cerámicos de fosfato de calcio constituyen los sistemas sintéticos más biocompatibles para la sustitución de piezas dentales. Se ha comprobado que esos materiales cerámicos no provocan respuesta inflamatoria ni de rechazo por parte del organismo, se unen firmemente al hueso, y mediante mecanismos de cementado normal no dificultan la deposición natural de minerales en el hueso circundante.



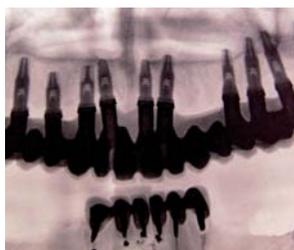
Por otro lado, en lo referente a partes no óseas del sistema músculo-esquelético, se han desarrollado nuevos biomateriales que son utilizados en la reparación de ligamentos y tendones, estos biomateriales son fibras elásticas y resistentes que unen respectivamente, hueso con hueso y el músculo al hueso o al músculo. En lo referente a la piel humana, se han desarrollado trabajos de investigación con polímeros sintéticos, esto con la finalidad de reparar el daño en personas que han sufrido quemaduras graves y de gran extensión. Durante muchos años, los científicos han experimentado con sustitutos poliméricos de piel normal.

Estos ejemplos nos indican que el desarrollo de nuevos biomateriales tiene como tendencia emular la estructura y morfología de los materiales biológicos (mimetización de materiales). Sin embargo, para el logro de tal objetivo es fundamental comprender los procesos bioquímicos mediante los cuales son sintetizados los materiales biológicos; en este sentido, los grandes logros científicos nos permiten hoy en día llevar a cabo de una manera precisa la caracterización de la compleja estructura y morfología que definen a las propiedades de dichos materiales. Es bien conocido que los materiales biológicos son el resultado de un largo proceso evolutivo en el que la naturaleza ha diseñado y desarrollado materiales biológicos con propiedades extraordinarias, sin duda más allá de lo que es capaz la actual tecnología.

Entre las principales características de los materiales biológicos está su multifuncionalidad; es decir, su composición química así como su estructura y morfología son tales que pueden desarrollar de manera simultánea varias funciones, teniendo también la capacidad de responder de manera sistemática a estímulos externos. A manera de ejemplo tenemos las antenas de los insectos, las cuales presentan una buena resistencia mecánica, pueden autorrepararse, son capaces de detectar información química y térmica, transmitirla a los centros de decisión, y realizar cambios de forma y posición de forma rápida y controlada. La supervivencia en la naturaleza depende de la habilidad para detectar lo que sucede en el exterior, integrar la información, predecir lo que pueda suceder y actuar en consecuencia.

Desde un punto de vista del proceso de síntesis, los materiales biológicos son obtenidos mediante procesos que no son agresivos para el medio ambiente; y por lo general se efectúan en medios acuosos, a temperatura ambiente y casi siempre a presión atmosférica, condiciones muy distintas a las utilizadas en la mayoría de los procesos industriales, y además, los materiales biológicos son biodegradables.

Los materiales biológicos en su mayoría tienen una estructura de base que es de tipo macromolecular, pudiendo clasificarse en los siguientes grupos: ácidos nucleicos, proteínas, lípidos, y glúcidos. A partir de estos compuestos los seres vivos construyen tanto su sistema estructural, como su sistema fisiológico. Siendo la síntesis de proteínas uno de los procesos fundamentales en la producción de material biológico. Los seres humanos tenemos alrededor de 40,000 proteínas diferentes, dato obtenido a partir de los resultados del proyecto del genoma humano. Las proteínas son macromoléculas constituidas de unidades llamadas aminoácidos. Si bien el número de aminoácidos que forman una proteína es variable, cada proteína tiene, en promedio, unas 300 unidades repetitivas y se conocen 20 aminoácidos diferentes en las proteínas humanas. Los aminoácidos



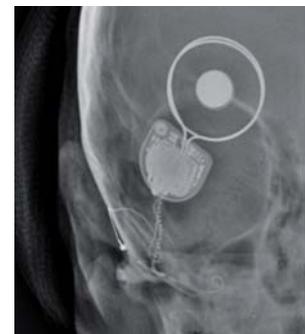
se unen mediante enlaces covalentes formando largas cadenas poliméricas y pueden combinarse de formas muy variadas, lo que se traduce en estructuras y morfologías muy complejas. Dependiendo de su estructura y morfología, las proteínas pueden llevar a cabo funciones estructurales, o bien funciones de catalizadores biológicos (enzimas). Entre las proteínas de tipo estructural tenemos como ejemplo al colágeno, proteína que forma parte de los huesos, cartílagos, tendones y ligamentos. También las venas, vasos sanguíneos y arterias están constituidos por este tipo de proteínas llamadas también elastinas. Las queratinas son otro ejemplo de proteínas estructurales y forman una parte fundamental de nuestras uñas, piel y pelo, así como de las plumas de las aves o la lana de las ovejas.

En lo referente a las enzimas, su principal función es controlar la velocidad de las reacciones bioquímicas de los organismos. De no existir las enzimas la vida no sería posible. Por ejemplo, la digestión de una galleta sin la presencia de la enzima amilasa, tardaría tanto tiempo que no sería aprovechable. Las enzimas pueden acelerar la velocidad de las reacciones hasta 100,000 veces. Son las enzimas, por supuesto, los catalizadores involucrados en los procesos de síntesis de todos los diferentes tipos de materiales biológicos, si consideramos que las enzimas son muy específicas en cuanto a las reacciones que son capaces de catalizar, podemos imaginarnos entonces el gran número de enzimas diferentes que se necesitan para la síntesis de los diferentes tipos de materiales biológicos.

Si queremos emular la estructura y morfología de los materiales biológicos, requerimos entonces comprender el proceso de síntesis en cuestión, a manera de ejemplo demos un vistazo al proceso de síntesis de las proteínas. Este proceso de síntesis se encuentra almacenado en forma codificada en los ácidos nucleicos (ácido desoxirribonucleico-ADN y ácido ribonucleico-ARN). Por lo que la primera etapa de la síntesis de proteínas consiste en decodificar dicha información para poder ser utilizada por la célula, ya que el ADN como tal tiene una participación muy pobre en el funcionamiento de los organismos: es decir los genes no transportan oxígeno y no catalizan reacciones para obtener energía, lo hacen las proteínas que se sintetizan a partir de dichos genes.

Los genes que formarán proteínas se denominan genes estructurales, se transcriben y se traducen, produciendo ARN mensajero (ARNm). No obstante, no todos los genes almacenan información para sintetizar proteínas, algunos se transcriben pero no se traducen dando lugar a moléculas de ARN ribosomal (ARNr) y ARN transferente (ARNt), que son colaboradores del proceso de síntesis proteica. Además, existen secuencias génicas reguladoras, que ni se transcriben ni se traducen, pero son de gran importancia ya que actúan como signos de puntuación, indicando dónde se debe comenzar a transcribir el gen y dónde debe finalizar la lectura.

En 1970, Francis Crick enunció el *Dogma Central de la Biología Molecular* (ver figura 1): De manera que la información genética contenida en el ADN se mantiene mediante su capacidad de replicación. La información contenida en el ADN se expresa dando lugar a proteínas, mediante los procesos de transcripción, paso por el que la información se transfiere a una molécula de ARNm y, mediante el proceso de la traducción el mensaje transportado por el ARNm se traduce a proteína.



Modelo propuesto por Crick en 1970



Fig. 1. Esquema de la propuesta inicial de Crick para el proceso de síntesis de las proteínas.

Este esquema central de flujo de la información fue modificado (ver figura 2), ya que en algunos virus cuyo material hereditario es ARN, la información se mantiene mediante replicación del ARN. Además, también se ha comprobado que la información no va siempre del ADN hacia el ARN (ADN→ARN), en algunos casos se puede sintetizar ADN tomando como molde el ARN (ARN→ADN), es decir, teniendo lugar el fenómeno de la transcripción inversa.



Fig. 2. Esquema modificado de la propuesta de Crick.

El esquema de la figura 2 nos muestra de una manera muy general el proceso de síntesis que debemos emular para obtener un material biológico de tipo proteico, por supuesto que cada proteína en particular tendrá detalles particulares, esto último, hace muy difícil emular un proceso biológico por completo.

En la figura 3 se presenta de manera esquemática cómo se sintetizan las proteínas al interior de una célula y de qué manera se sintetizan la mayor parte de los materiales biológicos que constituyen a los tejidos u órganos en seres vivos multicelulares.

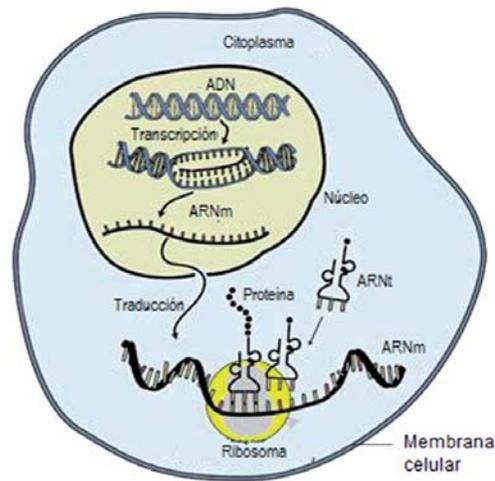
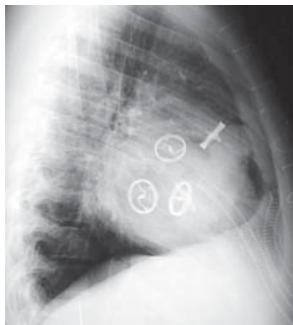


Fig. 3. Esquema de la biosíntesis de proteínas en un organismo unicelular.

Por todo lo anteriormente mencionado, podemos establecer que comprender las reacciones bioquímicas involucradas en la síntesis de los materiales biológicos es primordial para el desarrollo de nuevos biomateriales, siendo este aspecto un punto débil en la formación de ingenieros en materiales, ya que el estudio de biomateriales se limita a aquellos materiales de origen no biológico que por su baja reactividad química con el cuerpo humano pueden ser utilizados como parte de implantes. Esto último, debe interpretarse como que las Universidades o Instituciones de Educación Superior formadoras de recursos humanos en el área de ingeniería de materiales deberán tomar en cuenta el desarrollo de habilidades o competencias relacionadas con los procesos de síntesis, así como con el uso y manejo de los materiales biológicos, para lo cual es necesario considerar en los programas educativos, las ciencias básicas correspondientes, es decir la biología, la bioquímica y la biología molecular, lo que a su vez le permitiría comprender importantes aspectos de biotecnología y/o de la bioingeniería. Esto sin duda fortalecería la capacidad innovadora de los ingenieros en materiales, ya que se desarrollarían determinadas habilidades que permitan emular la estructura y morfología que caracterizan a los materiales biológicos no solamente para aplicaciones médicas, sino expandir sus aplicaciones a otras áreas de la ingeniería.

