

# INTRODUCCION A LOS BIOMATERIALES

## GUIA DE ESTUDIO DE LA UNIDAD I

### IMPLANTES CERÁMICOS

#### 1.1 Definición, historia y propiedades.

##### ☆ Definición

El término biomaterial se podría definir a partir de su etimología descomponiendo la palabra en dos: bio- y -material. La palabra “material” se puede entender a grosso modo como sustancia y el prefijo “bio” como vida. Estas dos palabras se pueden relacionar de muchas maneras, pero quizás las dos que a continuación se mencionan sean las más obvias: Biomaterial es una sustancia creada por un organismo vivo o una sustancia que está en contacto con un organismo vivo. Ambas definiciones existen, pero corresponden a términos diferentes.

Aunque es común entenderlos como sinónimos, existe una diferencia entre el término material biológico y biomaterial. Esto es debido a que aparentemente el término “bio” delante o detrás de la palabra material no debería cambiar su significado, pero la Sociedad Europea de Biomateriales decidieron, en 1991, definir los biomateriales como aquellos “materiales utilizados para evaluar, curar, corregir o reemplazar cualquier tejido, órgano o función del cuerpo humano”. Por otro lado, el término material biológico se utiliza para cualquier material que proceda de un ser vivo, por ejemplo las telarañas. Por lo tanto, podría decirse que el material biológico puede llegar a ser un tipo de biomaterial, pero no al revés.

Como se ha dicho en la definición de biomaterial, el fin de éste será entrar en contacto con un sistema biológico por lo que debe poseer unas propiedades características tanto mecánicas como biológicas. La característica esencial y que deben cumplir todos los biomateriales es la biocompatibilidad, la cual se entiende como “la cualidad de no inducir efectos tóxicos o dañinos sobre los sistemas biológicos donde actúan, devolviendo una respuesta apropiada por parte del receptor y con un fin específico”.



Fig. 1.1. Definición de los biomateriales.

Hay muchas formas de abordar este apartado debido a que tanto la descripción como la clasificación de biomateriales es muy extensa. En este punto, se trata este tema de manera resumida. El término biomaterial se podría definir a partir de su etimología descomponiendo la palabra en dos: bio- y -material. La palabra “material” se puede entender a grosso modo como *sustancia* y el prefijo “bio” como *vida*.

Estas dos palabras se pueden relacionar de muchas maneras, pero quizás las dos que a continuación se mencionan sean las más obvias: Biomaterial es una sustancia creada por un organismo vivo o una sustancia que está en contacto con un organismo vivo.

Ambas definiciones existen, pero corresponden a términos diferentes. Aunque es común entenderlos como sinónimos, existe una diferencia entre el término material biológico y biomaterial. Esto es debido a que aparentemente el término “bio” delante o detrás de la palabra material no debería cambiar su significado, pero la Sociedad Europea de Biomateriales decidieron, en 1991, definir los biomateriales como aquellos “materiales utilizados para evaluar, curar, corregir o reemplazar cualquier tejido, órgano o función del cuerpo humano”.

Por otro lado, el término material biológico se utiliza para cualquier material que proceda de un ser vivo, por ejemplo las telarañas. Por lo tanto, podría decirse que el material biológico puede llegar a ser un tipo de biomaterial, pero no al revés. Como se ha dicho en la definición de biomaterial, el fin de éste será entrar en contacto con un sistema biológico por lo que debe poseer unas propiedades características tanto mecánicas como biológicas.

La característica esencial y que deben cumplir todos los biomateriales es la biocompatibilidad, la cual se entiende como “la cualidad de no inducir efectos tóxicos o dañinos sobre los sistemas biológicos donde actúan, devolviendo una respuesta apropiada por parte del receptor y con un fin específico”. Debido a las características del sistema inmunológico cuando se introduce un cuerpo extraño en el organismo éste tiende a rechazarlo o incluso a atacarlo, generando dolores, inflamaciones, que pueden provocar la retirada de dicho material.

Por lo tanto, se debe garantizar la biocompatibilidad antes de proceder a la intervención, y aún así, esperar un cierto tiempo después de la operación a que el cuerpo extraño no produzca efecto dañino en el organismo. La biocompatibilidad no es blanco o negro, existe un índice de compatibilidad, el cual nos indica lo adecuado o no de ese material, para ser utilizado como biomaterial en un ser vivo, teniendo en cuenta su aplicación.



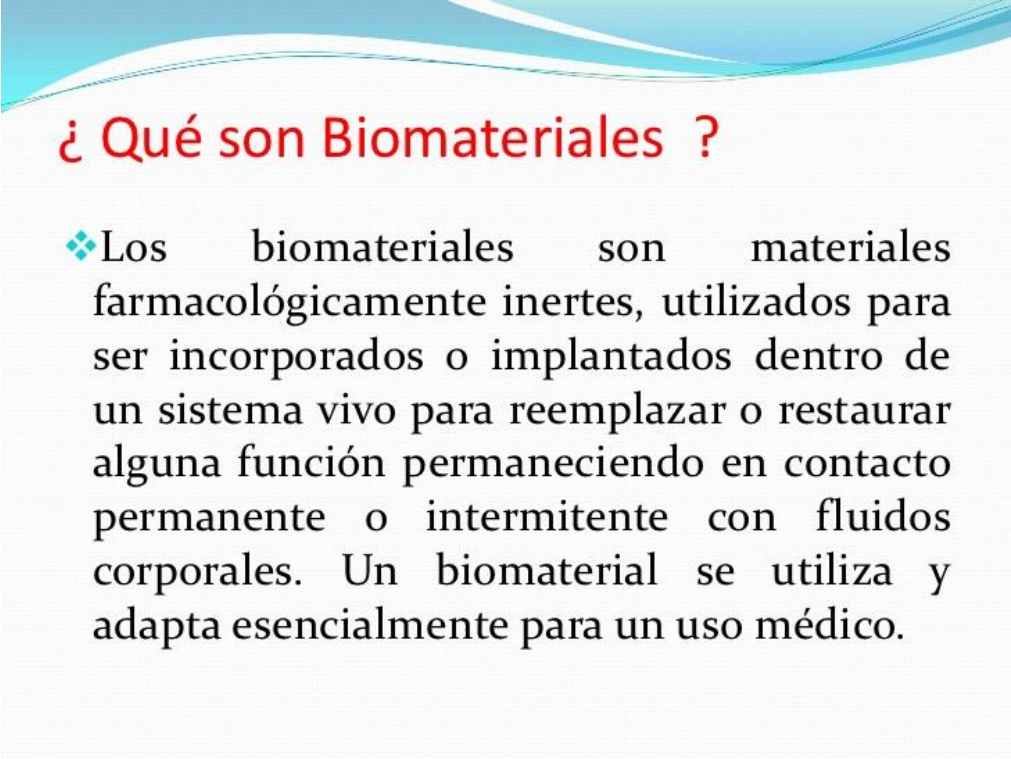
Fig. 1.2. Definición y características de los biomateriales.

Otra característica a tener en cuenta en la gran mayoría de biomateriales es su biodegradabilidad. Esta propiedad también está presente en todos los materiales convencionales como plásticos, vidrios, o incluso calcetines de lana. Todo es biodegradable, aunque el tiempo en que su descomposición ocurra no sea el mismo. Se define biodegradabilidad como la resistencia de una sustancia a ser descompuesta en los elementos químicos que la componen por la acción de organismos vivos, normalmente microorganismos, bajo condiciones ambientales.

A mayor biodegradabilidad; más fácil su descomposición. Un ejemplo claro se puede encontrar en la ingeniería de tejidos, donde gracias a esta propiedad se puede implantar un material que se comporte como sustituto temporal del tejido dañado, mientras éste se regenera. Progresivamente la masa del biomaterial irá disminuyendo por acción propia de las células del organismo, metabolismo, y por mecanismos físico-químicos, como la hidrólisis, de forma controlada hasta desaparecer completamente en el tiempo adecuado.

A veces los términos reabsorbible y degradable se utilizan en la bibliografía como sinónimos, si bien habría que destacar un matiz entre reabsorbible, que el organismo es capaz de metabolizar; y degradable, que se descompone después de un periodo de tiempo. En el caso de los implantes, la biodegradabilidad es muy importante ya que evita una segunda cirugía para eliminar el implante. Se debe garantizar también en el biomaterial que será químicamente estable y que tendrá un comportamiento eléctrico adecuado para su aplicación.

Además, debido a la progresiva pérdida de masa, las propiedades mecánicas se verán afectadas. Por lo tanto otro aspecto a tener en cuenta a la hora de diseñar un biomaterial serán sus propiedades mecánicas, como la resistencia mecánica y a fatiga, que dependerán de su aplicación. Otra propiedad muy importante de un biomaterial a tener en cuenta es que no sea tóxico ni cancerígeno, ya que estará en contacto con seres vivos. Se podría continuar citando propiedades, pero éstas parecen suficientes para describir lo que es un biomaterial de forma general.



## ¿ Qué son Biomateriales ?

- ❖ Los biomateriales son materiales farmacológicamente inertes, utilizados para ser incorporados o implantados dentro de un sistema vivo para reemplazar o restaurar alguna función permaneciendo en contacto permanente o intermitente con fluidos corporales. Un biomaterial se utiliza y adapta esencialmente para un uso médico.

Fig. 1.3. Concepto de los biomateriales.

## ☆ Historia

Desde la prehistoria, los hombres y algunos seres vivos han desarrollado materiales según sus necesidades. En la Edad de Piedra, los materiales que se obtenían de la naturaleza, por ejemplo la piedra o el hueso eran amartillados, cortados o calentados para obtener un material con las propiedades deseadas para su uso, por ejemplo herramientas.

Después, con el avance de la tecnología los hombres empezaron a usar los metales para crear herramientas con mejores propiedades, a este periodo se le llama la Edad de los Metales. Los metales que se usaron para desarrollar dicha tecnología fueron el cobre, el bronce y el hierro. Aquí hay que destacar el descubrimiento de las aleaciones.

La mejora en la tecnología de metales sigue estando presente hoy gracias al desarrollo de nuevas aleaciones. La aleación más importante, por la cantidad de aplicaciones que posee, es el acero, el cual ha sido utilizado, sobre todo en la construcción. El siguiente momento importante en la historia de los materiales para el ser humano fue el descubrimiento de los plásticos a mediados del siglo XIX.

Hoy en día, la tecnología de materiales está siendo enfocada a los polímeros y a los materiales compuestos, ya que con ellos es posible obtener un material con unas propiedades óptimas para la aplicación requerida. Además, cabe destacar la investigación de otro tipo de materiales como los biomateriales, también en significativo crecimiento.

Hace unos años, se encontraron los restos de un humano en el estado de Washington, en los Estados Unidos de Norteamérica, cuya antigüedad data de aproximadamente 9000 años. Este individuo, al que se lo conoce como “El Hombre de Kennewick” fue descrito como una persona alta, saludable y activa; y que se movilizaba con la punta de una flecha clavada en su cadera.

La herida había cicatrizado y la presencia de esa flecha en su cuerpo, aparentemente, no le impedía ejercer su actividad. Este “implante” no deseado nos muestra la capacidad que tiene el cuerpo humano para relacionarse con materiales extraños. Por supuesto que la punta de la flecha no guarda ningún parecido con los biomateriales actuales, pero demuestra cómo un material extraño puede ser bien tolerado por el cuerpo humano.



**Fig. 1.4. El Hombre de Kennewick.**

En 1829, H. S. Levert realizó los primeros estudios tendientes a determinar la compatibilidad biológica de materiales para implantes, ensayando plata, oro, plomo y platino en perros.

En 1870, el cirujano inglés Lord Joseph Lister introduce las técnicas quirúrgicas asépticas, las que reducen la infección abriendo así las puertas a las modernas prácticas quirúrgicas.

En 1886, el cirujano alemán H. Hansmann empleó por primera vez placas de acero para facilitar la reparación de fracturas de huesos. Éstas adolecían de defectos de diseño y se deterioraban rápidamente en el cuerpo humano. Años más tarde, en el 19° Congreso de la Sociedad Alemana de Cirugía se presentaron los primeros conceptos para el trasplante total de cadera, algunos de los cuales todavía están en práctica.

En 1893, W. A. Lane desarrolla un sistema de tornillos de carbón para placas de fijación de fractura de huesos y un par de años más tarde, William Roentgen descubre los Rayos X, los cuales se transforman en una herramienta insustituible de diagnóstico en la ortopedia y traumatología.

En el siglo XX comienza a trabajarse con aceros inoxidable (que fueron desarrollados a partir de 1912) como material resistente a la corrosión y adecuado para dispositivos ortopédicos.

El primer biomaterial, en el sentido en el que hoy se conoce este término, se desarrolló en la década de 1920. Reiner Erdle y Charles Prange, unieron sus conocimientos de médico dentista y metalurgia, respectivamente, para desarrollar el primer biomaterial metálico, la aleación Vitallium. Desde entonces, esta área ha experimentado un crecimiento vertiginoso, teniendo como referencia la línea de evolución de los materiales llamémoslos “comunes”, pero en lugar de en varios millones de años desarrollándose en un siglo. Sobre la Historia de los materiales se podría escribir mucho. Esto sirve sólo como una breve introducción donde se destacan algunos hitos importantes de la evolución de los materiales.

En 1928, Alexander Fleming introduce el primer antibiótico, la penicilina, que es seguido, posteriormente, por las sulfamidas (1932).

En 1931, un cirujano de Boston, Marius Smith-Petersen desarrolla un dispositivo de vidrio destinado a la aplicación en prótesis parciales de cadera y clavos para la fijación de huesos.

En 1936, se introducen las aleaciones base cobalto para cirugía ortopédica, gracias a los trabajos de C. S. Venable y W. G. Stuck. Estas aleaciones se convertirían en las más populares dentro del campo de la ortopedia.

En 1938, cirujanos británicos llevan a cabo el primer reemplazo total de cadera y, como consecuencia de los desarrollos generados por la medicina durante la Segunda Guerra Mundial, se introducen nuevas técnicas ortopédicas y quirúrgicas.

Luego de la Segunda Guerra Mundial, Sir Harold Ridley inventa las lentes intraoculares de acrílico. Esto surge a partir de cuidadosas observaciones realizadas sobre aviadores, quienes como consecuencia de accidentes, tenían implantados en sus ojos fragmentos de parabrisas de los aviones caza Spitfire y Hurricane. Dichos aviadores no presentaban reacción alérgica al material implantado (lo que hoy denominaríamos Material Biocompatible) y basado en esas observaciones, Ridley averiguó el origen de dicho material (denominado ICI Perspex) y con él, fabricó las primeras lentes intraoculares para ser aplicadas luego de las operaciones de cataratas.

En 1943, P. H. Harmon experimentó con copas de acrílico para reemplazo de la articulación de cadera y, tres años más tarde, los hermanos Judet introducen una cadera de acrílico.

Ésta, poco tiempo después, demuestra ser muy débil, con lo que se concluye que El primer implante se efectuó en noviembre de 1949, y a pesar de los fracasos iniciales, las ingeniosas observaciones de Ridley, su creatividad y talento han permitido la implantación de más de 7 millones de lentes intraoculares por año. El concepto de “biocompatibilidad” de Ridley cambió el curso de la historia y mejoró la calidad de vida de millones de pacientes que sufren de cataratas.

A principios de la década del 50, se desarrollan las aleaciones base titanio, las que aún siguen empleándose con éxito en implantes. En esa misma década, las caderas de acero inoxidable comienzan a ser implantadas en forma regular.

En 1959, se produce un hito que pasará a ser el más importante dentro de la historia de los implantes de cadera. El cirujano ortopedista inglés Sir John Charnley comienza un estudio sistemático de reemplazos totales de cadera con bajo coeficiente de fricción, siendo el primero en introducir al polímero Teflón como integrante del reemplazo de cadera y al polimetilmetacrilato como cemento para huesos. Posteriormente, estos cementos son refinados a efectos de producir una adhesión a más largo plazo.

A pesar del extendido uso de estos materiales en medicina, el término biomateriales aún no había sido empleado “oficialmente”. Es probable que el campo de la ciencia que, en la actualidad, se denomina biomateriales se solidificara a partir de los simposios llevados a cabo en la Universidad de Clemson (Carolina del Sur, EEUU) a partir de 1969.

El éxito científico de estos simposios llevó a la formación de la Sociedad de Biomateriales de los Estados Unidos de América quien llevó a cabo su primera reunión en 1975, donde asistieron 382 participantes de 15 países: se disponía ya de investigadores e ingenieros que diseñaban materiales con un criterio específico; y científicos que exploraban la naturaleza de la biocompatibilidad.

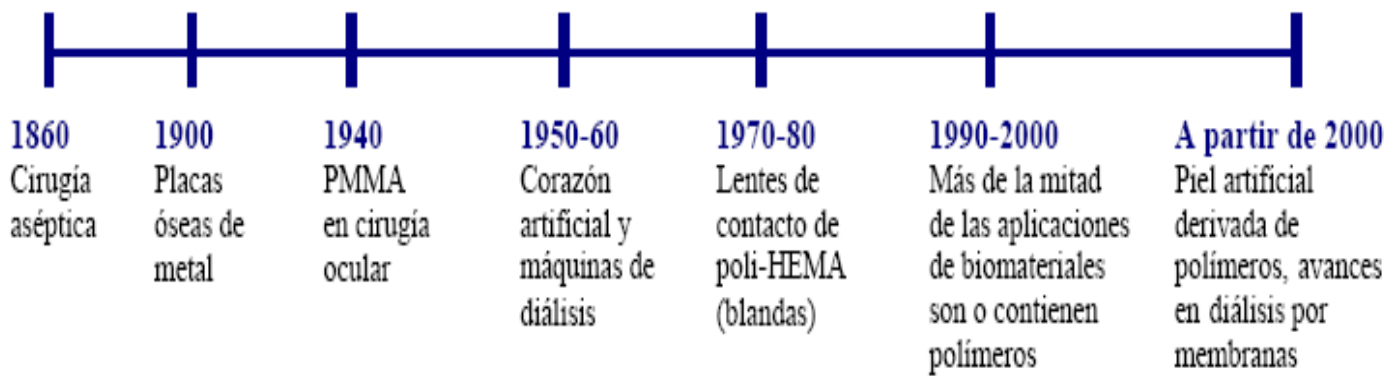
En la década del 70, comienza el uso de materiales porosos para asegurar el crecimiento del hueso alrededor del implante y, en la siguiente década, se mejoran, sustancialmente, tanto los materiales como las técnicas quirúrgicas.

En los años 70, la serie televisiva El hombre nuclear (The Six Million Dollar Man) contaba la historia del astronauta Steve Austin (protagonizado por Lee Majors), quien, tras haber sufrido un accidente en el cual perdió ambas piernas, un ojo y un brazo, recibió implantes artificiales que resultaban inadvertidos visualmente, pero que le permitían correr a más de 100 kilómetros por hora, ver con la precisión de una mira telescópica y levantar objetos de varias toneladas.

Cada capítulo de la serie comenzaba con una voz en off que decía: “Steve Austin. Astronauta. Su vida está en peligro. Usaremos la más avanzada tecnología para convertirlo en un organismo cibernético, poderoso, superdotado”. El hombre nuclear constó de 103 episodios emitidos entre 1973 y 1978. En esa época, quienes mirábamos la serie de televisión, sin importar nuestra edad, estábamos convencidos de que se trataba de ciencia-ficción.

Sin embargo, muchos de nosotros no dejá bamos de preguntarnos dónde terminaba la ciencia-ficción y dónde comenzaba el hecho científico. Ya han pasado 40 años de la emisión de El hombre nuclear y, en la actualidad, es muy frecuente encontrarnos con personas que tienen alguna parte de su cuerpo reparada o reemplazada, artificialmente, con el empleo de componentes fabricados con biomateriales.

En 1984, el cirujano William Harris, en colaboración con el MIT (Massachusetts Institute of Technology) desarrolla el equipamiento necesario para medir in vivo (en el cuerpo de un ser vivo) la presión real a la que es sometida una cadera funcional; y, finalmente, en ese mismo año, se introduce el sistema modular de reemplazo de cadera que consistía en una prótesis formada por varias partes cambiables.



**Fig. 1.5. Ejemplos de líneas del tiempo de los biomateriales**

En la actualidad existen grupos académicos enteros dedicados a los biomateriales, muchos programas de estudios de biomateriales en diversas universidades e institutos de investigación que se consagraron a la educación y a la exploración en ciencia e ingeniería de los biomateriales. Paralelamente a la investigación y al esfuerzo educativo, se han desarrollado cientos de compañías que utilizan biomateriales para fabricar dispositivos biomédicos. Finalmente, es de destacar que recién a partir de 1990 comienza la publicación de libros de texto sobre la ciencia de los biomateriales.

## ☆ Propiedades

Debido a las características del sistema inmunológico cuando se introduce un cuerpo extraño en el organismo éste tiende a rechazarlo o incluso a atacarlo, generando dolores, inflamaciones, que pueden provocar la retirada de dicho material. Por lo tanto, se debe garantizar la biocompatibilidad antes de proceder a la intervención, y aun así, esperar un cierto tiempo después de la operación a que el cuerpo extraño no produzca efecto dañino en el organismo. La biocompatibilidad no es blanco o negro, existe un índice de compatibilidad, el cual nos indica lo adecuado o no de ese material, para ser utilizado como biomaterial en un ser vivo, teniendo en cuenta su aplicación.

Otra característica a tener en cuenta en la gran mayoría de biomateriales es su biodegradabilidad. Esta propiedad también está presente en todos los materiales convencionales como plásticos, vidrios, o incluso calcetines de lana. Todo es biodegradable, aunque el tiempo en que su descomposición ocurra no sea el mismo. Se define biodegradabilidad como la resistencia de una sustancia a ser descompuesta en los elementos químicos que la componen por la acción de organismos vivos, normalmente microorganismos, bajo condiciones ambientales.

A mayor biodegradabilidad; más fácil su descomposición. Un ejemplo claro se puede encontrar en la ingeniería de tejidos, donde gracias a esta propiedad se puede implantar un material que se comporte como sustituto temporal del tejido dañado, mientras éste se regenera. Progresivamente la masa del biomaterial irá disminuyendo por acción propia de las células del organismo, metabolismo, y por mecanismos físico-químicos, como la hidrólisis, de forma controlada hasta desaparecer completamente en el tiempo adecuado.

A veces los términos reabsorbible y degradable se utilizan en la bibliografía como sinónimos, si bien habría que destacar un matiz entre reabsorbible, que el organismo es capaz de metabolizar; y degradable, que se descompone después de un periodo de tiempo. En el caso de los implantes, la biodegradabilidad es muy importante ya que evita una segunda cirugía para eliminar el implante. Se debe garantizar también en el biomaterial que será químicamente estable y que tendrá un comportamiento eléctrico adecuado para su aplicación.

## Propiedades de los Biomateriales

### Propiedades mecánicas

- **Ductibilidad**
- **Elasticidad**
- **Dureza**
- **Resistencia a la tracción**

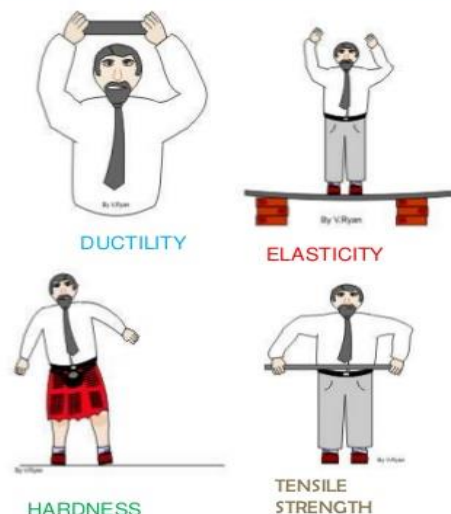


Fig. 1.6. Ejemplos de algunas propiedades de los biomateriales.



La consideración del sitio anatómico donde estará localizado un implante implica desafíos para el diseñador del dispositivo biomédico ya que se tendrán requerimientos particulares en cuanto a las propiedades del material a utilizar.

Por ejemplo, en cuanto a las propiedades mecánicas, dependerá del tipo de dispositivo a fabricar. Una prótesis de cadera debe ser fuerte y rígida; un material para reemplazar un tendón debe ser fuerte y flexible; una válvula de corazón debe ser flexible y dura; una membrana de diálisis debe ser fuerte y flexible; un reemplazo de cartílago de articulaciones debe ser suave y elastomérico (estos materiales presentan alta elasticidad y se pueden deformar mucho antes de que se rompan, como por ejemplo, una banda elástica).

En cuanto a la durabilidad, un catéter sólo debe durar 3 días, una placa de fijación de huesos debe cumplir su función durante 6 meses o más; una válvula del corazón debe flexionar 80 veces por minuto sin romperse durante toda la vida del paciente (se espera que sea durante 10 años o más); una articulación de cadera no debe fallar bajo cargas pesadas durante más de 10 años.

Finalmente, en cuanto a lo relacionado con las propiedades en volumen, una membrana de diálisis debe tener una permeabilidad específica; la copa acetabular de la articulación de cadera debe tener lubricidad, y las lentes intraoculares deben tener una claridad y requisitos de refracción específicos. Para reunir todas estas características, se debe recurrir a las bases de la ciencia de materiales, la química, la física, etc.

Todo esto lleva a concluir que el tipo de material empleado en la construcción de un determinado dispositivo biomédico, depende de los factores químicos, físicos y mecánicos a los que se verá sometido.

Al mismo tiempo que se ha llevado a cabo un gran esfuerzo para investigar cómo funcionan los biomateriales y cómo perfeccionarlos, muchos de ellos surgieron como resultado de una considerable experiencia acumulada, pruebas y errores, suposiciones inspiradas, y a veces azar.

En la actualidad se dispone de una variedad de materiales que realizan satisfactoriamente las funciones biológicas en el cuerpo y los médicos pueden usarlos con razonable confianza, y la función en los pacientes es aceptable. Las complicaciones generadas por los dispositivos biomédicos, de existir, son menores que las que surgen de las enfermedades originales. Estos materiales pueden ser divididos en materiales metálicos, poliméricos, cerámicos y materiales compuestos.

Además, debido a la progresiva pérdida de masa, las propiedades mecánicas se verán afectadas. Por lo tanto otro aspecto a tener en cuenta a la hora de diseñar un biomaterial serán sus propiedades mecánicas, como la resistencia mecánica y a fatiga, que dependerán de su aplicación. Otra propiedad muy importante de un biomaterial a tener en cuenta es que no sea tóxico ni cancerígeno, ya que estará en contacto con seres vivos.

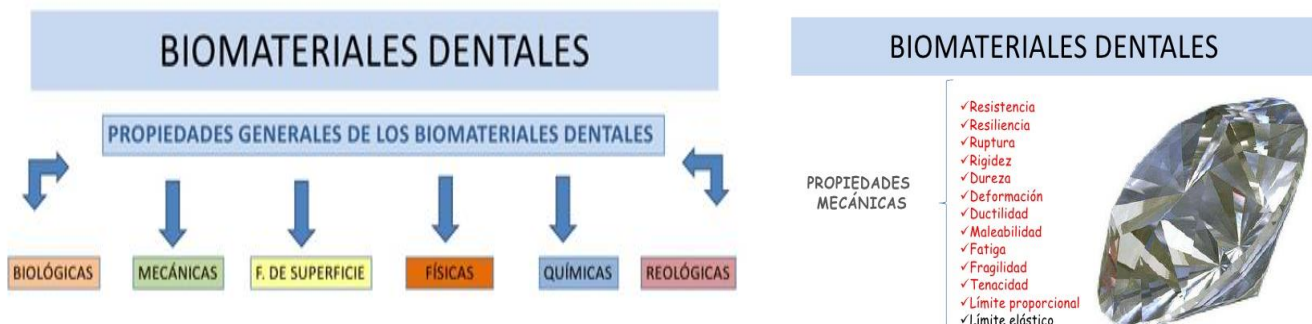


Fig. 1.7. Propiedades generales de biomateriales dentales.

Por otra parte, con el objeto de incrementar la resistencia al desgaste, se ha implementado el uso de recubrimientos duros en cabezas femorales, aplicados mediante técnicas de depositación física en fase vapor (PVD), además de utilizar materiales cerámicos como alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) o circonia (ZrO<sub>2</sub>).

Biológicamente

**Inertes:** Titanio y sus aleaciones, fibras de carbón. En teoría no debería haber ninguna reacción entre ambas superficies. Son materiales bioinertes.

**Activos:** Vidrios cerámicos, Bioglass®, Hidroxiapatita. La Hidroxiapatita representa el 70% en peso del sistema óseo. Su fórmula molecular es [Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>].<sub>3</sub>.Ca(OH)<sub>2</sub>. Hay unión (difusión) entre ambas superficies. Son materiales bioactivos.

**Tolerables:** Acero inoxidable; aleaciones Ni-Cr, Ni-Cr-Mo, Co-Cr-Mo, plásticos. Son materiales biotolerables.

**Biodegradables:** Polímeros, aleaciones de magnesio.

Otras aleaciones que han tomado gran importancia en aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales, así como en aplicaciones médicas para implantes quirúrgicos, son las de base titanio, especialmente la aleación Ti6Al4V, la cual presenta ventajas superiores en peso, propiedades mecánicas y de resistencia a la corrosión con respecto a las aleaciones base cobalto y acero inoxidable.



## Propiedades Biológicas

**Biocompatibilidad:** es estar en armonía con la vida, es decir que no tiene efectos tóxicos o dañinos sobre las funciones biológicas



## Propiedades Biofísicas

### Materiales dentales

- No deben ser peligrosos para la pulpa y los tejidos dentales.
- No deben contener sustancia tóxicas, que puedan ser liberadas y absorbidas en el sistema circulatorio.
- Estar libres de potenciales sensibilizantes que puedan ocasionar una respuesta alérgica.
- No deben ser carcinógenos

Fig. 1.8. Casos de propiedades de diversos biomateriales.

## Los requisitos y características que debe cumplir un biomaterial

Los biomateriales deben de cumplir distintos requisitos para poder ser implantados al ser humano:

1. Ser **biocompatible**, es decir, debe ser aceptado por el organismo, no provocar que éste desarrolle sistemas de rechazo ante la presencia del biomaterial
2. **No ser tóxico**, ni carcinógeno.
3. Ser químicamente **estable** (no presentar degradación en el tiempo) e inerte.
4. Tener una **resistencia** mecánica adecuada.
5. Tener un tiempo de fatiga adecuado.
6. Tener **densidad y peso adecuados**.
7. Tener un **diseño** de ingeniería perfecto; esto es, el tamaño y la forma del implante deben ser los adecuados.
8. Ser relativamente barato, reproducible y **fácil de fabricar** y procesar para su producción en gran escala.

## 1.2. Clasificación de los biomateriales.

Se podría continuar citando propiedades, pero éstas parecen suficientes para describir lo que es un biomaterial de forma general. A continuación, se citan algunas formas de clasificación de los biomateriales, teniendo presente la cantidad de posibles clasificaciones que existen:

☆ Según su origen:

- ▲ Natural, por ejemplo seda, lana, colágeno.
- ▲ Sintético, comúnmente denominados materiales biomédicos.

☆ Dentro de los sintéticos y según su naturaleza:

- ▲ Polímeros. Tienen propiedades cercanas a los tejidos vivos. Son los biomateriales más usados en implantes e ingeniería de tejidos.
- ▲ Metales. Poseen buenas propiedades mecánicas. Usados, por ejemplo, en prótesis ortopédicas, implantes dentales.
- ▲ Cerámicos. Son químicamente inertes y estables. Usados, por ejemplo, en prótesis óseas, válvulas de corazón.
- ▲ Compuestos. Sus propiedades son muy variadas según los elementos que los constituyan. Usados en todos los campos de la bioingeniería.



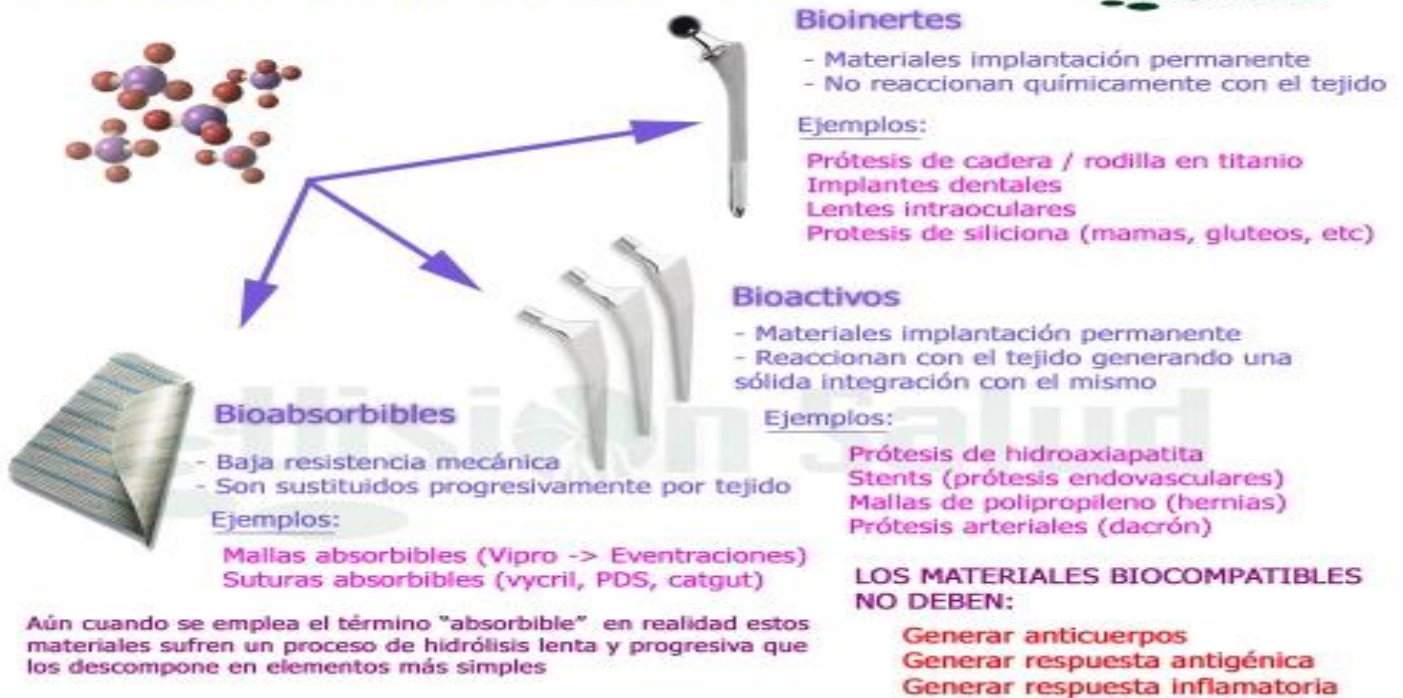
Fig. 1.10. Ejemplos de clasificación de biomateriales.

☆ En función de la respuesta del propio organismo: o Inertes

- ▲ Bioactivos
- ▲ Reimplantados
- ▲ Biodegradables
- ▲ No degradables

## Clasificación de los Biomateriales

Uision Salud



Cuando un material no es biocompatible su introducción en el organismo genera:



Inflamación



Granulomas



Rechazo



Necrosis

## CLASIFICACIÓN SEGÚN REACTIVIDAD QUÍMICA

- **CASI INERTES:** son poco reactivos debido a que son poco solubles cuando están dentro del cuerpo humano.
- **BIOACTIVOS:** forma enlaces químicos con el tejido que lo rodea.
- **REABSORBIBLES:** se degradan en un tiempo posterior a ser implantados, dando lugar a productos que no son tóxicos y que pueden ser eliminados por el organismos.

Fig. 1.11. Ejemplos de clasificación de biomateriales.

La importancia de los materiales ha sido, es y será importantísima para la vida. La definición de “material” es tan sencilla como amplia: “Elemento que entra como ingrediente en algún compuesto”. Todo está formado por materiales, desde un botón hasta un rascacielos, digamos que “todo objetivo tangible está compuesto de material”.

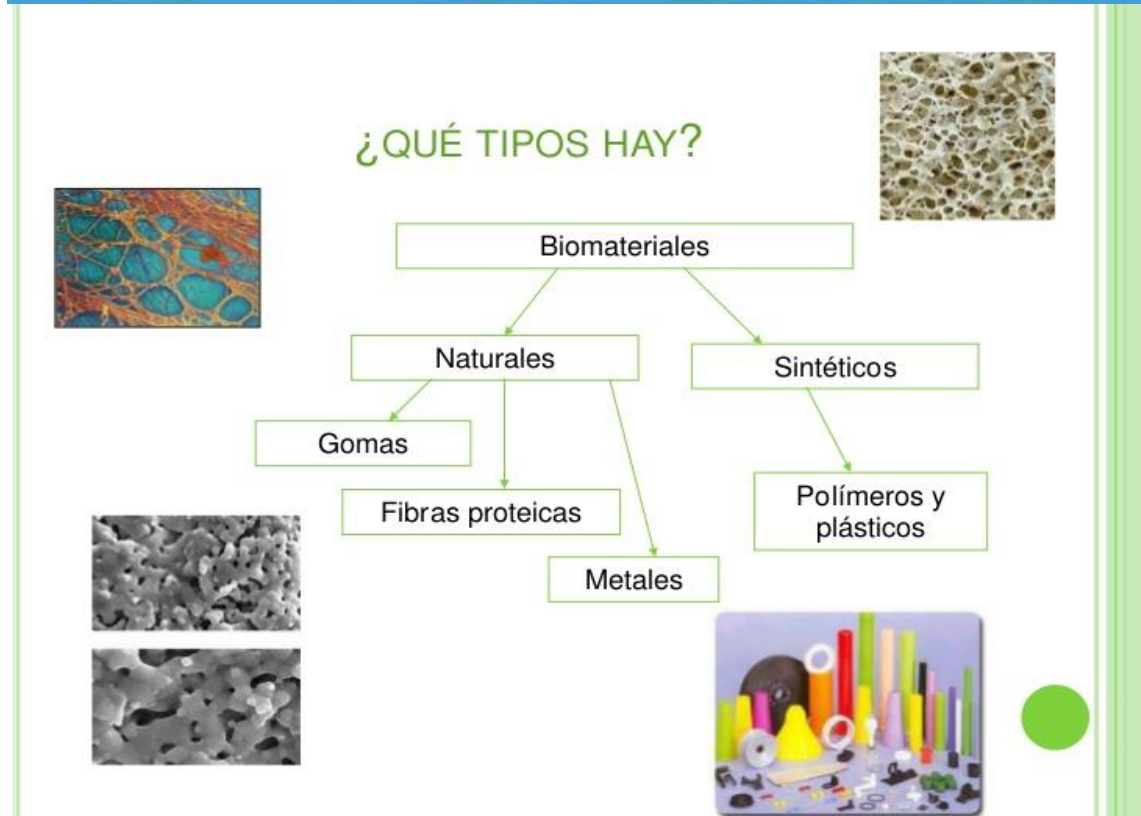
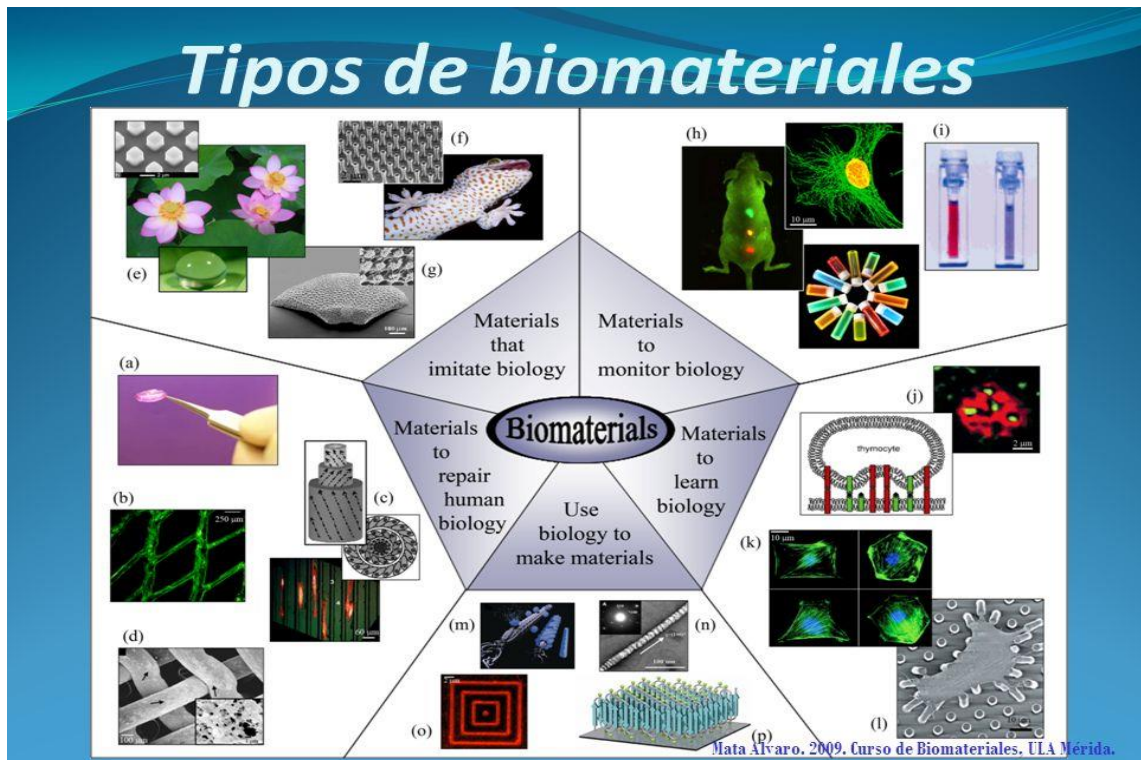


Fig. 1.12. Tipos de biomateriales.

### 1.3. Biomoléculas, estructura y propiedades.

Las biomoléculas son las moléculas constituyentes de los seres vivos. Los cuatro bioelementos más abundantes en los seres vivos son el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N), representando alrededor del 99 por ciento de la masa de la mayoría de las células.

Estos cuatro elementos son los principales componentes de las biomoléculas debido a que:

1. Permiten la formación de enlaces covalentes entre ellos, compartiendo electrones, debido a su pequeña diferencia de electronegatividad.
2. Permiten a los átomos de carbono la posibilidad de formar esqueletos tridimensionales  $-C-C-C-$  para formar compuestos con número variable de carbonos.
3. Permiten la formación de enlaces múltiples (dobles y triples) entre C y C, C y O, C y N, así como estructuras lineales ramificadas cíclicas, heterocíclicas, etc.
4. Permiten la posibilidad de que con pocos elementos se den una enorme variedad de grupos funcionales (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, aminas, etc.) con propiedades químicas y físicas diferentes.

Se pueden clasificar en:

- a) Biomoléculas inorgánicas: agua y sales minerales
- b) Biomoléculas orgánicas: glúcidos (hidratos de carbono), lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

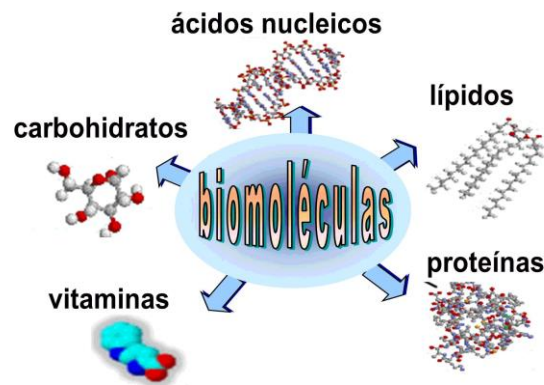


Fig. 1.12. Tipos de biomoléculas orgánicas.

Los organismos vivos producen elementos que le permiten subsistir y reproducirse en el tiempo, y estas moléculas son producidas constantemente hasta el momento de la muerte del ser vivo. Es esto lo que son las biomoléculas: cualquier tipo de molécula orgánica producida por un organismo vivo.

Pero adentrémonos en el mundo de las biomoléculas para conocerlas más de cerca y aproximarnos de paso a nuestra esencia. Las biomoléculas están constituidas principalmente por carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, y en menor medida fósforo y sulfuro. Suelen incorporarse otros elementos, pero en menor frecuencia.

Las biomoléculas cuentan con estos elementos en sus estructuras ya que les permiten el equilibrio perfecto para la formación de enlaces covalentes entre ellos mismos, también permite la formación de esqueletos tridimensionales, la formación de enlaces múltiples y la creación de variados elementos.

## Tipos de biomoléculas

A grandes rasgos las biomoléculas se dividen en dos tipos: orgánicas e inorgánicas, y es posible caracterizarlas de la siguiente manera:

- ☞ Biomoléculas inorgánicas: Son las que no son producidas por los seres vivos, pero que son fundamentales para su subsistencia. En este grupo encontramos el agua, los gases y las sales inorgánicas.
- ☞ Biomoléculas orgánicas: Son moléculas con una estructura a base de carbono y son sintetizadas sólo por seres vivos. Podemos dividir las en cinco grandes grupos.
  1. Lípidos. Están compuestos por carbono e hidrógeno, y en menor medida por oxígeno. Su característica es que son insolubles en agua. Son lo que coloquialmente se conoce como grasas.
  2. Glúcidos. Son los carbohidratos o hidratos de carbono. Están compuestos por carbono, hidrógeno y oxígeno, y sí son solubles en agua. Constituyen la forma más primitiva de almacenamiento energético.
  3. Proteínas. Están compuestas por cadenas lineales de aminoácidos, y son el tipo de biomolécula más diversa que existe. Tienen varias funciones dependiendo del tipo de proteína del que estemos hablando.
  4. Ácido nucleico. Son el ADN (ácido desoxirribonucleico) y ARN (ácido ribonucleico). Son macromoléculas formadas por nucleótidos unidos por enlaces.
  5. Vitaminas. Las vitaminas también lo son. Estas son usadas en algunas reacciones enzimáticas como cofactores.

Básicamente estos son los tipos de biomoléculas que existen, y todas ellas están presentes en los seres humanos, y dependemos de ellas para nuestra vida.



**Fig. 1.13. Aminoácidos.**



## ☆ Estructura y propiedades

**Hidratos de carbono**, grupo de compuestos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno. La fórmula de la mayoría de estos compuestos puede expresarse como  $C_nH_{2n}O_n$ . Los hidratos de carbono, como clase, son los compuestos orgánicos más abundantes en la naturaleza. Todos tienen un sabor más o menos dulce. En general, a todos los monosacáridos, disacáridos y trisacáridos se les denomina azúcares para distinguirlos de los polisacáridos como el almidón, la celulosa y el glucógeno. Los azúcares, que están ampliamente distribuidos en la naturaleza, son producidos por las plantas durante el proceso de fotosíntesis.

En los organismos vivos, los hidratos de carbono sirven tanto para las funciones estructurales esenciales como para almacenar energía. En las plantas, la celulosa y la hemicelulosa son los principales elementos estructurales. En los animales invertebrados, el polisacárido quitina es el principal componente del dermoesqueleto de los artrópodos. En los animales vertebrados, las capas celulares de los tejidos conectivos contienen hidratos de carbono. Para almacenar la energía, las plantas usan almidón y los animales glucógenos; cuando se necesita la energía, las enzimas descomponen los hidratos de carbono.

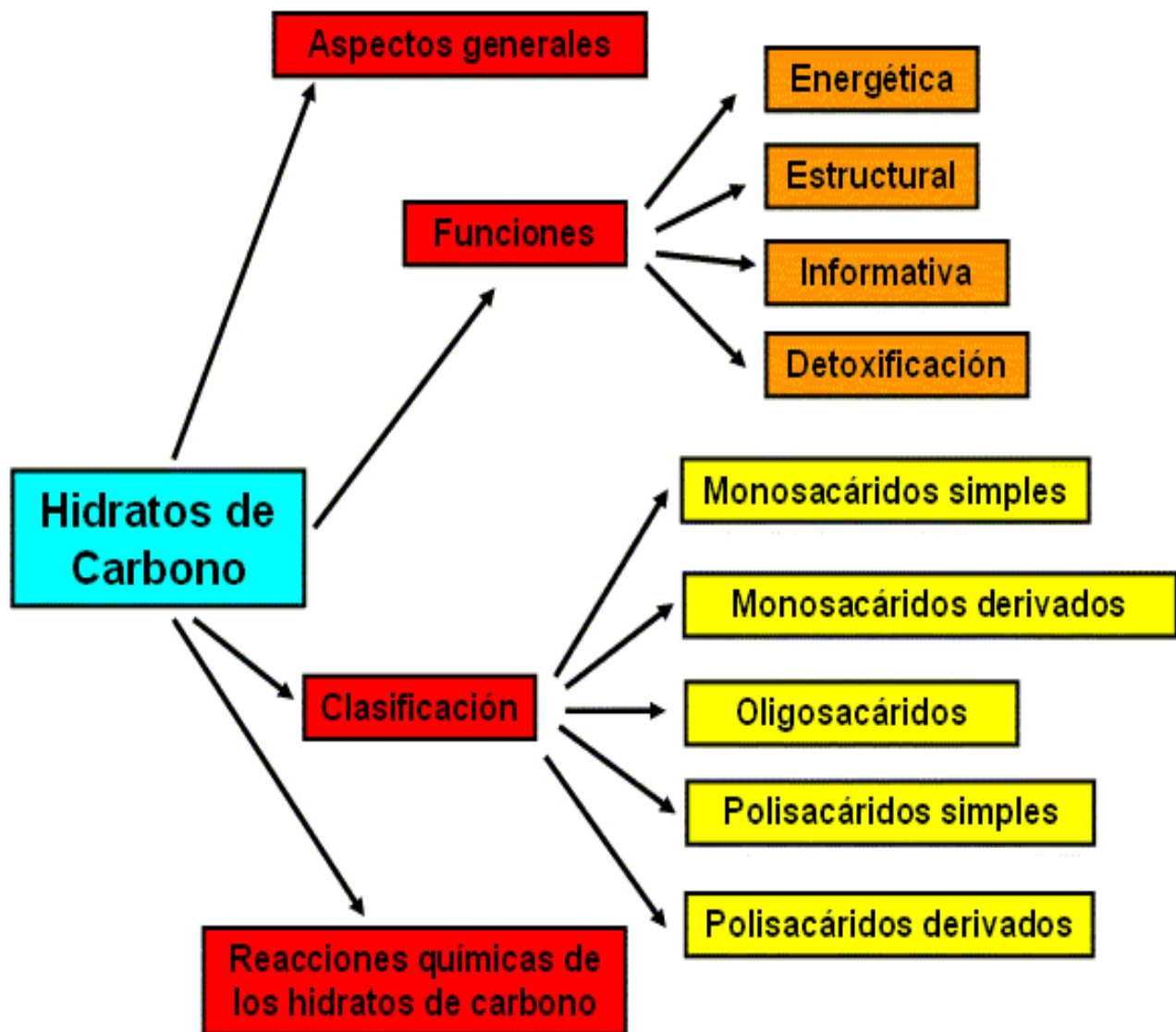


Fig. 1.14. Funciones y clasificación de los hidratos de carbono.

**Lípidos**, grupo heterogéneo de sustancias que se encuentran en los organismos vivos. Los lípidos se distinguen de otros tipos de compuestos orgánicos porque no son solubles en agua (hidrosolubles) sino en disolventes orgánicos (alcohol, éter). Entre los lípidos más importantes están los fosfolípidos, componentes mayoritarios de la membrana de la célula.

Los **fosfolípidos** limitan el paso de agua y compuestos hidrosolubles a través de la membrana celular, permitiendo así a la célula mantener un reparto desigual de estas sustancias entre el exterior y el interior. Grasas y aceites, también llamados glicéridos, sirven como depósitos de reserva de energía en las células animales y vegetales. Cada molécula de grasa está formada por cadenas de ácidos grasos unidas a un alcohol llamado glicerol o glicerina.

Cuando un organismo recibe energía asimilable en exceso a partir del alimento o de la fotosíntesis, éste puede almacenarla en forma de grasas, que podrán ser reutilizadas posteriormente en la producción de energía, cuando el organismo lo necesite. A igual peso molecular, las grasas proporcionan el doble de energía que los hidratos de carbono o las proteínas. Otros lípidos importantes son los esteroides, que incluyen la vitamina D y varios tipos de hormonas responsables del desarrollo sexual.

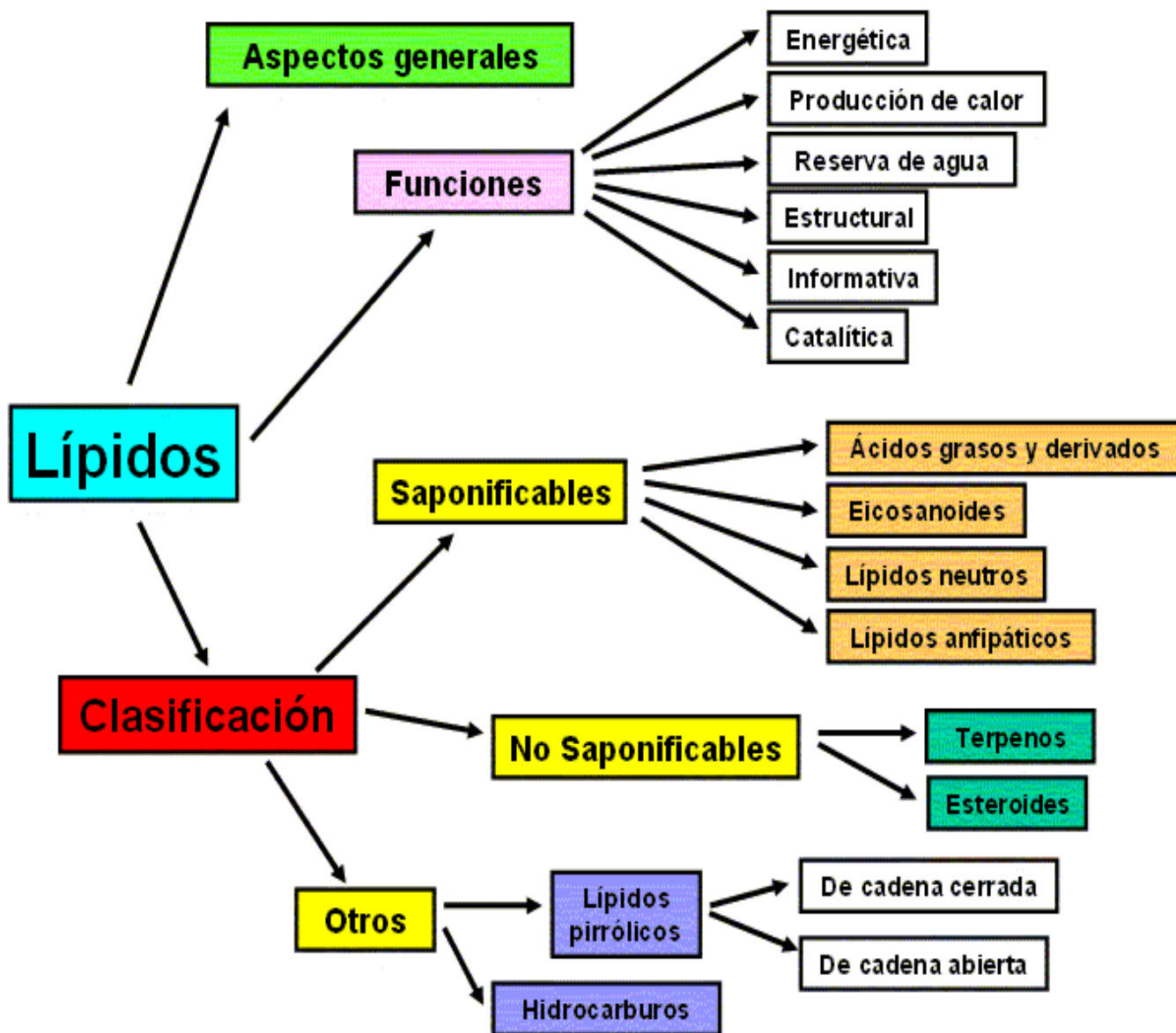


Fig. 1.15. Funciones y clasificación de los lípidos.

**Ácidos nucleicos:** Moléculas muy complejas formadas por muchísimos nucleótidos (Polinucleótidos). Reciben este nombre porque fueron aisladas por primera vez del núcleo de células vivas. Sin embargo, ciertos ácidos nucleicos no se encuentran en el núcleo de la célula, sino en el citoplasma celular. Todos los organismos poseen estas biomoléculas que dirigen y controlan la síntesis de sus proteínas, proporcionando la información que determina su especificidad y características biológicas, ya que contienen las instrucciones necesarias para realizar los procesos vitales y son las responsables de todas las funciones básicas en el organismo

Los ácidos nucleicos tienen al menos dos funciones: transmitir las características hereditarias de una generación a la siguiente y dirigir la síntesis de proteínas específicas. El modo en que los ácidos nucleicos realizan estas funciones es el objetivo de algunas de las más prometedoras e intensas investigaciones actuales. Los ácidos nucleicos son grandes polímeros formados por la repetición de monómeros denominados nucleótidos, unidos mediante enlaces fosfodiéster. Se forman largas cadenas; algunas moléculas de ácidos nucleicos llegan a alcanzar tamaños gigantescos, de millones de nucleótidos encadenados. Existen dos tipos básicos, el ADN y el ARN.

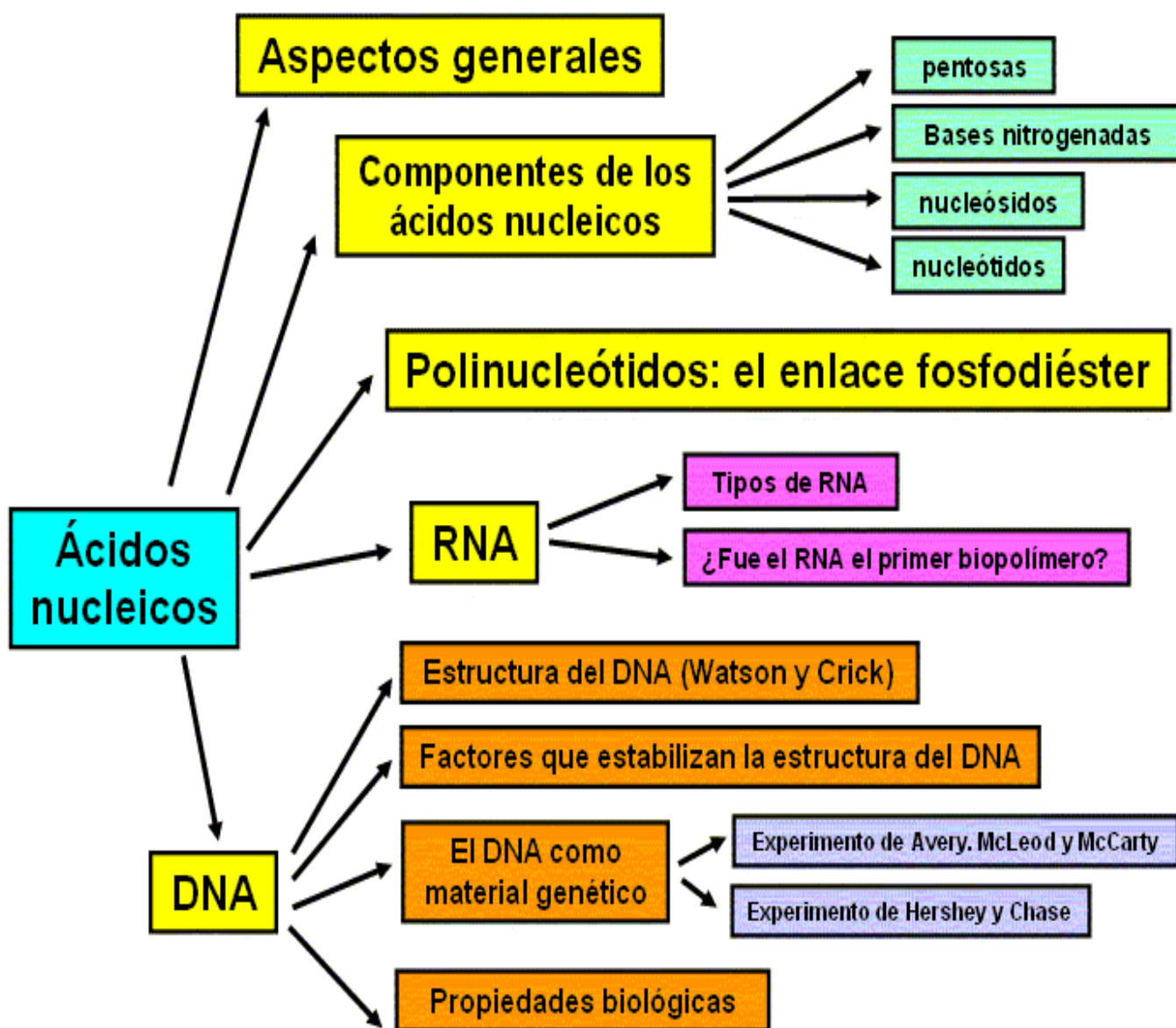


Fig. 1.16. Funciones y clasificación de los ácidos nucleicos.

**Proteínas**, nombre que recibe cualquiera de los numerosos compuestos orgánicos constituidos por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos; forman los organismos vivos y son esenciales para su funcionamiento. Las proteínas de la dieta sirven sobre todo para construir y mantener las células, aunque su descomposición química también proporciona energía, con un rendimiento de 4 calorías por gramo, similar al de los hidratos de carbono (véase Metabolismo). Además de intervenir en el crecimiento y el mantenimiento celulares, las proteínas son responsables de la contracción muscular. Las enzimas digestivas son proteínas, al igual que la insulina y casi todas las demás hormonas, los anticuerpos del sistema inmunológico y la hemoglobina, que transporta oxígeno en la sangre.

Las proteínas, desde las humanas hasta las que forman las bacterias unicelulares, son el resultado de las distintas combinaciones entre veinte aminoácidos distintos, compuestos a su vez por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y, a veces, azufre. En la molécula proteica, estos ácidos se unen en largas hileras (cadenas polipeptídicas) mantenidas por enlaces peptídicos. Para sintetizar sus proteínas esenciales, cada especie necesita disponer de los veinte aminoácidos en ciertas proporciones. Mientras que las plantas pueden fabricar sus aminoácidos a partir de nitrógeno, dióxido de carbono y otros compuestos por medio de la fotosíntesis, casi todos los demás organismos sólo pueden sintetizar algunos. Los restantes, llamados aminoácidos esenciales, deben ingerirse con la comida. El ser humano necesita ocho aminoácidos esenciales para mantenerse sano: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano y valina.

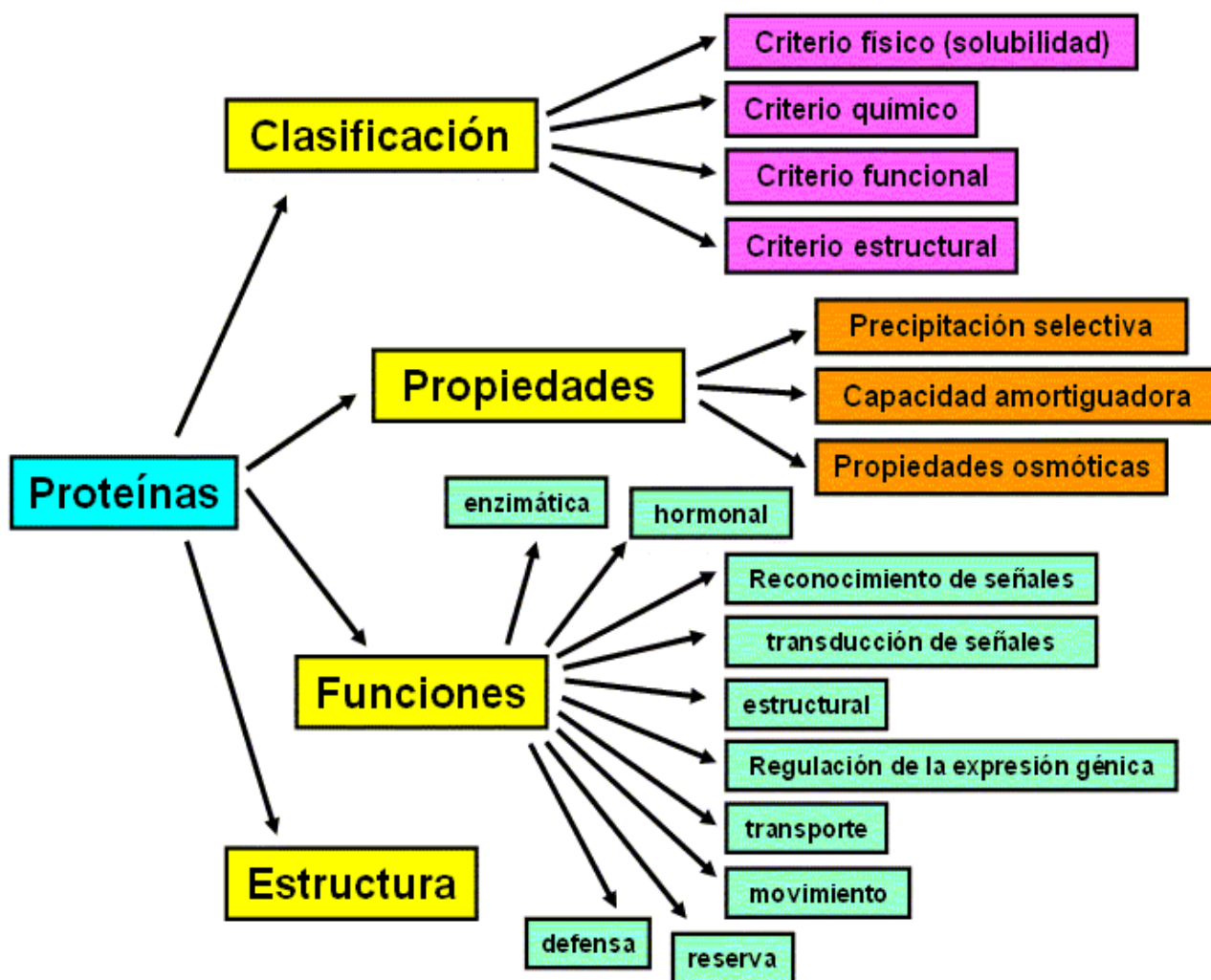


Fig. 1.16. Funciones y clasificación de las proteínas.

## 1.4. Estadística sobre el uso de biomateriales en el sector salud en México.

El siglo XXI se ha caracterizado por un desarrollo dinámico de nuevas áreas, las cuales conjuntan conocimientos de varias ciencias y disciplinas: medicina-ingeniería, psicología-logística, economía-mercadotecnia, entre otras.

Dicho desarrollo es el resultado directo de la combinación de las necesidades del mundo contemporáneo y la admirable capacidad de ingenio del ser humano, la cual se ha distinguido por la característica de innovación en diferentes áreas del conocimiento. Tal ha sido el caso de la bioingeniería, en donde se han desarrollado una gran cantidad de aplicaciones biomédicas con el objeto de acrecentar la calidad de vida de muchos pacientes.

A fin de educar profesionistas capaces de este tipo de desarrollos, las universidades en el mundo abrieron varias carreras que unen conocimientos en diversas aéreas de la ingeniería con la medicina, biotecnología, bioingeniería, biomecánica e ingeniería biomédica, y la formación en biomateriales es una de las importantes materias en el proceso de educación de expertos en ingeniería biomédica.

Los biomateriales, sustancias naturales o sintéticas cuya misión es reemplazar una parte o alguna función de nuestro organismo, de forma segura y fisiológicamente aceptable, se pueden clasificar de diversas formas: según su composición química, en biometales, biopolímeros, biocerámicos, biocompuestos y semiconductores; según su origen, en naturales y sintéticos.

Otra forma más práctica de clasificar los son los dispositivos implantables, los cuales se implantan un tiempo en el cuerpo humano para sustituir una función, y los no implantables, entre los cuales se incluyen sondas y catéteres, entre otros.

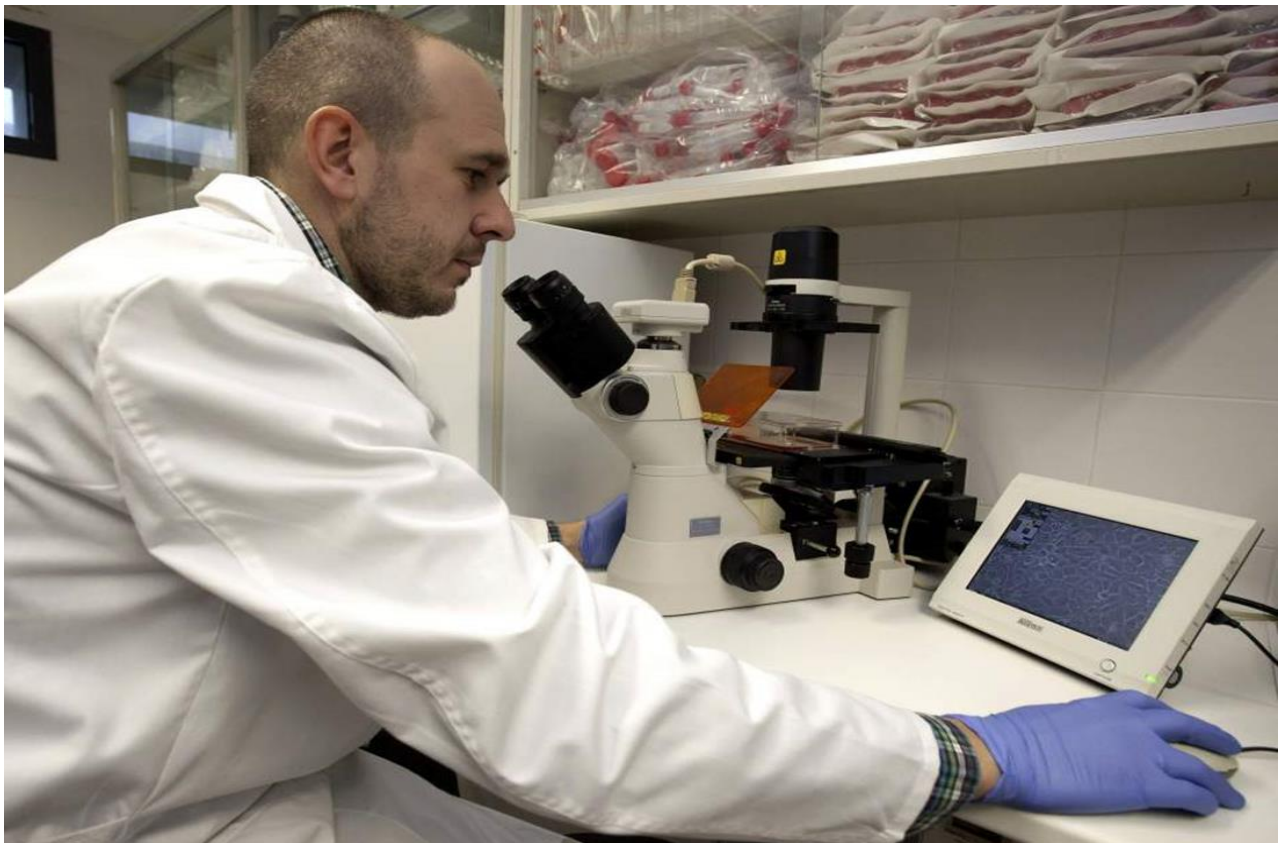


Fig. 1.17. Investigadores en el área de biomateriales.

## Aplicaciones Medicas

### ✓ La prótesis total de cadera

La solución para este tipo de fracturas, y enfermedades como la artritis, entre otras, puede ser una prótesis total de cadera vista en el inciso b). Esta articulación está formada por una copa acetabular (UHMWPE, Co-Cr, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, ZrO<sub>2</sub>), la cual se fija en la pelvis y sirve como asiento para una esfera cuyo vástago (Co-Cr, 316LQ, Ti6Al4V) es empotrado en el fémur. Los dos elementos artificiales restauran el sistema articular tipo rótula, con el cual el paciente puede volver a caminar.

### ✓ Implante de rodilla

El reemplazo de rodilla es uno de los avances más importantes en la cirugía ortopédica, y fue realizado por primera vez en el año 1968.

### ✓ Válvulas de corazón

El corazón es una parte vital de la anatomía humana, dado que es una bomba de recirculación de la sangre a través del cuerpo. Las válvulas del corazón permiten que éste bombee sangre eficientemente. Estas válvulas son propensas a fallar por enfermedades; sin embargo, pueden ser sustituidas por las válvulas prostéticas artificiales.

Las válvulas mecánicas son excelentes en términos de durabilidad, pero son obstaculizadas por su tendencia a coagular la sangre. Las válvulas biológicas son de menor durabilidad y se deben sustituir periódicamente.

### ✓ Implantes dentales

El surgimiento de los implantes dentales ha influenciado grandes cambios en la odontología clínica en la segunda mitad del siglo XX. Mediante técnicas quirúrgicas específicas, es posible reemplazar piezas dentales perdidas, por otras sintéticas, con las mismas funciones y gran duración. La prótesis consta de tres partes fundamentales, llamadas corona, perno o muñón, que soportará a la corona y el implante propiamente dicho que reemplazará la raíz del diente.

### ✓ Espina dorsal

El primer procedimiento quirúrgico por un disco herniado torácico fue reportado por Middleton y Teacher en 1911. Desde los años 1930 hasta la actualidad, se emplea el material metálico en prótesis en las cirugías. En 1966 se hizo la primer cirugía con prótesis, substituyendo un disco cervical.

El desarrollo de la medicina es posible gracias al equipo e implantes especialmente diseñados y construidos por especialistas en varias áreas: medicina, mecánica, electrónica, ingeniería de materiales, entre otros.

Un grupo multidisciplinario de especialistas es capaz de diseñar y fabricar aparatos e implantes necesarios para pacientes que requieren la sustitución total o parcial de un elemento de su organismo: pulmones, corazón artificial, estimuladores cardíacos, varios tipos de prótesis, etcétera.

Científicos universitarios estudian el uso de biomateriales, como los andamios celulares de cóndilo de bovino, los cuales son producidos y diseñados por el equipo de María Cristina Piña, del Instituto de Investigaciones en Materiales (IIM) de la UNAM, para favorecer la recuperación funcional y estructural del hígado.

Al frente de los científicos, Gabriela Gutiérrez Reyes, responsable del Laboratorio de Hígado, Páncreas y Motilidad de la Unidad de Medicina Experimental de la Facultad de Medicina (FM), ubicada en el Hospital General de México, destacó que el hígado es considerado la fábrica química del organismo. Lo anterior, pues realiza funciones que proporcionan al cuerpo las condiciones indispensables para vivir, estar alertas y saludables, sin embargo, las enfermedades hepáticas figuran entre las principales causas de mortalidad en México (tercera en hombres y séptima en mujeres).

Indicó que la hepatitis C, en conjunto con el consumo excesivo de alcohol, derivan en una de las etapas terminales de esas afecciones: la cirrosis hepática, para la cual no hay tratamiento farmacéutico eficaz, sólo trasplantes. "La desventaja es que existen pocos donadores de órganos", apuntó. En cuanto a las afecciones de tipo viral, como la hepatitis C, muchos enfermos son diagnosticados en fases avanzadas y sólo 50 por ciento responde al tratamiento.

Gutiérrez Reyes explicó que "hemos encontrado la funcionalidad de esos materiales en uretras de perros y, en el caso del hígado, en ratas. En ambos se colocaron fragmentos del andamio y se observó que sí había invasión de las células hepáticas al tejido. "Es decir, este último creció sobre el andamio, por lo que consideramos que podría ser un buen modelo para utilizarse como implantes en medicina regenerativa", indicó.

En cuanto a la uretra, en un estudio que realiza Christian Acevedo García, urólogo, bajo la dirección de Gabriela Gutiérrez, se retiró un fragmento de ese conducto (por el que pasa la orina) en perros sanos y en otros a quienes se les indujo estenosis (estrechamiento del conducto), se les colocó el andamio celular en forma de tubo.

Se observó que conforme avanzaba el tiempo la cantidad de material colocado fue reemplazado por tejido sano, es decir, la uretra se regeneró. Esta línea de investigación surgió del contacto de Acevedo García con integrantes del IIM, quienes desarrollaron una matriz de colágena con cualidades mecánicas y de composición que le permiten funcionar como andamio en diferentes tejidos. El material ha sido probado con éxito en áreas como ortopedia, cirugía maxilofacial y odontología, no así en tejidos blandos.

Gabriela Gutiérrez recordó que a Christian "le interesaba ver si este andamio podría sustituir el tejido dañado y reemplazar la uretra. En tanto, nosotros queremos determinar si esto también puede favorecer la regeneración hepática". La experta puntualizó que estos trabajos pueden convertirse en una esperanza de vida para pacientes con enfermedades hepáticas crónicas, de ahí la importancia del vínculo que hay en la medicina traslacional (el de la ciencia básica y el de las aplicaciones clínicas).

"Toda la información clínica que manejan los médicos es útil para quienes hacemos ciencia básica y viceversa; esa unión que hemos desarrollado nos permitiría avanzar más rápido en el hallazgo de una nueva opción terapéutica que permita a los pacientes contar con una mejor calidad de vida", concluyó.



**Fig. 1.18. Investigadores en el área de biomateriales.**

En México no se hace casi nada en biomateriales, dijo la física María Cristina Piña Barba sobre la escasa investigación para desarrollar prótesis e implantes nacionales con materia prima original.

Al participar en la Semana de la Ciencia que inició el lunes en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM, plantel Del Valle), la académica del Instituto de Investigaciones en Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) comentó que solo en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) se emplean 50 mil implantes cada año, todos importados, condición que eleva su costo y los hace inaccesibles para muchos pacientes.

"Hasta el hilo de sutura se trae de otros países", comentó Piña en su conferencia sobre biomateriales, durante la primera jornada de divulgación científica con la que la UACM se suma a los festejos del Año Internacional de la Física.

La especialista expuso la importancia de la física para evaluar características como estructura, resistencia, adaptabilidad y porosidad en diversos materiales que se utilizan para sustituir piernas, brazos, ojos, ligamentos, piel y huesos.

Mientras algunos materiales, como el titanio y otros metales, requieren gran resistencia para realizar con ellos prótesis de piernas y de cadera, otros como los sustitutos de piel, hechos con polímeros, necesitan una alta sensibilidad para dejar salir algunas sustancias del organismo pero impedir la entrada de otras.

"Los tres tipos de biomateriales, metálicos, cerámicos y poliméricos, requieren pruebas físicas para caracterizar su estructura, densidad, porosidad y propiedades mecánicas", detalló Piña, quien desarrolla en la UNAM un biomaterial a partir de huesos de bovino.

Otras pruebas de biomateriales son de caracterización química (para saber el contenido preciso del material, incluidos materiales traza) y biológica, con pruebas in vivo en ratas de laboratorio, para garantizar que no haya rechazo del organismo.

"Todo este tipo de investigación desaparecerá cuando se desarrollen los estudios con células troncales embrionarias", dijo la investigadora sobre la nueva ciencia que busca desarrollar, de origen, células que se conviertan en tejidos específicos para reparar órganos y tejidos.



**Fig. 1.19. Investigadores mexicanos en el área de biomateriales.**



El Centro de Investigación en Química Aplicada, CIQA, está realizando investigación de clase mundial en México. Algunos desarrollos ya cuentan con aplicaciones comerciales en productos de línea blanca y de la industria automotriz.

A la par con el gran desarrollo industrial que se evidencia en la industria plástica en México, es notable también el nivel que ha alcanzado la investigación básica en polímeros. Uno de los ejemplos más representativos lo constituye el CIQA, Centro de Investigación en Química Aplicada, una dependencia de Conacyt (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) que existe en México desde hace ya 39 años. El CIQA inició su trabajo en investigación de polímeros desde hace aproximadamente 15 años, logrando desarrollos importantes en el área de compuestos y materiales biobasados.

Según afirma Sergio Hernández, responsable del área de Procesos de Formación, en el CIQA se ha trabajado en la generación de bioplásticos con fibras naturales, buscando que los compuestos generados sean 100% biodegradables. La naturaleza de los materiales de refuerzo varía y se han utilizado residuos agroindustriales propios de México.

Un ejemplo es la producción de bioplásticos reforzados con desechos de cebada de cerveza. También se está trabajando con residuos de fécula de maíz. "La cascarilla del elote, que es más duro, se separa y la estamos moliendo para formar un bioplástico", comenta Hernández. También se está trabajando con fibras de plantas nativas como el agave. "Estamos trabajando en compuestos hasta con 40% de fibras de agave en inyección, para producción de palanganas y recipientes", añade.

Otra de las líneas de investigación de mayor relevancia es la generación de nanocompuestos. El CIQA ha trabajado en la formulación de compuestos a partir de cargas orgánicas e inorgánicas. La ventaja de usar nanocompuestos frente a cargas convencionales, como la fibra de vidrio, por ejemplo, es que es posible utilizar un porcentaje mucho menor y lograr un desempeño similar o mejor.

Un ejemplo son los nanocompuestos fabricados con nanopartículas de plata. "La partícula de plata a tamaño nano genera iones que evitan la reproducción de bacterias", explica Hernández. Esta aplicación ya se encuentra en uso comercial, en la fabricación de lavadoras de la empresa Mabe, quienes hacen uso del poder antibacterial de este material para eliminar olores.

Otro compuesto de efecto antibacterial que se encuentra en desarrollo cuenta en su formulación con óxido de calcio y partículas de titanio. Este compuesto ha sido formulado para la empresa Whirlpool, con el fin de ser incorporado en el PS de alto impacto que se utiliza en el interior de los refrigeradores. Con ayuda de este nanocompuesto se puede prolongar la vida de los alimentos almacenados, al reducir la proliferación de microorganismos.

También se están generando nanocompuestos de fibra de vidrio para la industria automotriz. De acuerdo con Hernández, gracias a la reducción de tamaño a escalas nanométricas es posible lograr compuestos de nylon con fibra de vidrio que con tan sólo 3% de refuerzo tienen el mismo comportamiento mecánico de compuestos tradicionales de nylon con 30% de fibra de vidrio.

Aunque en México ya existe la utilización de biomateriales en la industria, será dentro de siete años cuando se observe su aplicación generalizada, coinciden especialistas del sector químico.

Esto se debe a que el país tiene un atraso de ocho años, en comparación con naciones desarrolladas, en la investigación de nuevas sustancias modificadas genéticamente a través de la biotecnología, señaló Rubén Muñoz, director del área de Seguridad, Medio Ambiente e Higiene de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ).

Los biomateriales están en primera fase de desarrollo en el país, pero en siete años, su utilización será común en la industria alimenticia, farmacéutica, automotriz, plástica, energética y textil, detalló Luis Manuel Guerra, director del Instituto de Asistencia en Investigaciones Ecológicas.

Los nuevos materiales que avanzan con más rapidez son los biocombustibles, bioplásticos, biopigmentos, bioaditivos y biofertilizantes, dijo. El directivo subrayó que el sector textil mexicano ya utiliza 30% de biomaterial, mientras que en alimentos y bebidas, la biotecnología tiene presencia en 80% del producto.

Destacó el primer vuelo comercial en la ruta México-España, que Aeroméxico realizó el 1 de agosto, con una mezcla de 25% de bioturbosina de *Jatropha* y 75% de turbosina tradicional en uno de sus tanques, como ejemplo del avance de los biocombustibles.

Rubén Muñoz de ANIQ explicó que el biomaterial es 40% más costoso en comparación al tradicional, pero empresas transnacionales con operaciones en el país, realizan aportaciones para su desarrollo y aplicación. Luis Manuel Guerra destacó a compañías como Dow, DuPont, Bayer y Grupo Quó, quienes desarrollan nuevas sustancias y materiales a través de biotecnología en México. Aunque la mayoría de la investigación se realiza en Estados Unidos, Europa y Asia, estas firmas extranjeras transfieren su tecnología a los biotecnólogos y químicos mexicanos que laboran en ellas.



**Fig. 1.20. Algunos avances en la investigación mexicana en el área de biomateriales.**

Científicos de México, España e Italia crearon una red trinacional de investigación denominada Red MATUEM que busca crear nuevos materiales de interés para la industria, principalmente en los campos de la óptica y los biomateriales, informó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), a través del Fondo de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología (Fonciacyt).

La red es coordinada desde México por el investigador emérito Eusebio Juaristi Cosio, del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), pero también cuenta con la participación de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigaciones Ópticas (CIO), de Guanajuato, la Universidad Autónoma de Barcelona, el Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona y la empresa Veneto Nanotech, de Padua, Italia.

“El propósito es intercambiar conocimiento entre grupos de investigadores en México y la Unión Europea y organizar proyectos de investigación sobre biomateriales, materiales fotónicos y materiales funcionales en general. Uno de los objetivos principales es diseñar biomateriales que puedan ser usados en el diseño y transporte de medicamentos, así como en la obtención de marcadores biológicos específicos”, informa el expediente de presentación de esta red, enviado al Foncicyt.

Algunos de los materiales que se busca obtener deberán ser sensibles a la luz y presentar diferentes características ópticas que son de interés industrial, como foto-luminiscencia, foto-conductividad y electro-luminiscencia, los cuales pueden servir como herramientas en diferentes procesos biológicos, médicos e incluso se pueden trasladar a la industria de la electrónica.

Otro campo en el que buscará trabajar esta red y en el cual ya existe experiencia en México es la síntesis de moléculas orgánicas y la síntesis de un tipo de biomoléculas llamadas péptidos.

El doctor Eusebio Juaristi Cosio fue presidente de la Sociedad Mexicana de Química, Premio Nacional de Ciencias y Artes en 1998 y actualmente es miembro de El Colegio Nacional.

Uno de los planteamientos de la red que coordina este doctor es buscar la incorporación de más países de la Unión Europea al grupo de trabajo, después de consolidarlo con España e Italia.

Manos a la obra. La creación de esta Red MATUEM fue propuesta desde mayo de 2009 y se planteó una primera fase de trabajo de 22 meses en la que generó 10 empleos de base tecnológica. Los grupos e instituciones participantes han estado involucrados en relaciones de cooperación científica entre sí y tienen la experiencia e infraestructura.

Hasta la fecha se han realizado dos reuniones de trabajo, con la participación de más de 130 investigadores. El primer encuentro se llevó a cabo en octubre de 2010 en la sede del CIO, en León, Guanajuato y el segundo encuentro, en abril de 2011, tuvo como sede la Universidad Autónoma de Barcelona, en la capital de Cataluña.

Para establecer esta red, los gobiernos de México y de la Unión Europea hicieron una inversión inicial de un millón 484 mil pesos, mientras que las instituciones que participan invirtieron otros 636 mil pesos.

En estos encuentros se ha puesto énfasis en campos del conocimiento como la elaboración de nanomateriales orgánicos y sus aplicaciones. También se han impartido talleres y conferencias sobre nuevos campos del conocimiento como los tejidos duros, los alimentos funcionales y nuevos materiales de interés para la protección del medio ambiente.

La conformación de la red permitirá a los socios estrechar los lazos con entidades académicas y gubernamentales de ambas regiones, identificar, ejecutar y asimilar los niveles de gestión para la consecución de recursos mediante proyectos de investigación y tecnológicos en el área de materiales con aplicaciones industriales.