

EVA M. MARTÍN DEL VALLE

**SANTO TOMÁS DE AQUINO:  
¿DEL REDUCCIONISMO AL HOLISMO  
EN LA CIENCIA ACTUAL?**



2012

**SANTO TOMÁS DE AQUINO:  
¿DEL REDUCCIONISMO AL HOLISMO  
EN LA CIENCIA ACTUAL?**

Conferencia pronunciada por doña Eva M. Martín Del Valle,  
Profesora Titular de Ingeniería Química  
de la Universidad de Salamanca, con motivo  
de la festividad de Santo Tomás de Aquino,  
el día 28 de enero de 2012



EVA M. MARTÍN DEL VALLE

**SANTO TOMÁS DE AQUINO:  
¿DEL REDUCCIONISMO AL HOLISMO  
EN LA CIENCIA ACTUAL?**



**UNIVERSIDAD  
DE SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
DE SALAMANCA**

©

Universidad de Salamanca  
Universidad Pontificia de Salamanca  
Eva M. Martín Del Valle

Depósito Legal: S. 86-2012

Impreso en España - *Printed in Spain*

Gráficas Lope  
C/ Laguna Grande, 2. Polígono «El Montalvo II»  
Teléf. 923 19 41 31 - Salamanca. España  
[www.graficaslope.com](http://www.graficaslope.com)

Todos los derechos reservados. Ni la totalidad ni parte de este libro  
puede reproducirse ni transmitirse sin permiso escrito de  
la Universidad de Salamanca.

*Quiero recordar especialmente a mi padre,  
porque estará siempre,  
y a Isabel Serrano.  
Ambos hubieran disfrutado de este día.*



# ÍNDICE

Saluda

*11*

Antecedentes

*17*

Ingeniería de tejidos y terapia celular

*23*

Nuevas terapias de tratamiento de cáncer

*33*

Conclusiones

*41*





*“Un maestro afecta eternamente; nunca se sabe cuándo acaba su influencia”.*

HENRY ADAMS

Excelentísimos Señores Rectores Magníficos  
de las Universidades de Salamanca  
y Pontificia de Salamanca  
Ilustrísimas y Dignísimas Autoridades  
Compañeros de los Claustros de ambas  
Universidades  
Señoras y Señores  
Queridos amigos

**E**S UN HONOR Y A LA vez un placer, que el equipo rectoral de la Universidad de Salamanca, se haya dirigido a mi persona para dar esta charla el día de Santo Tomás de Aquino, destacando, además, el hecho de que al pertenecer al área de las Ciencias digamos duras, mi elocuencia y conocimiento del tema ha de ser francamente menor que el de los que se dedican al Trivium, léase Letras tanto duras como blandas, donde la Retórica, la Dialéctica y la Gramática tienen su asiento.

Sin embargo intentaré, recalco lo de intentaré, estar a la altura de las circunstancias por cuanto los que pertenecemos al Quadrivium, provenimos de Pitágoras, donde la educación está basada en la moderación y el dominio de uno mismo imitando el orden y armonía del universo. Es esa imitación la que me impulsa a dictar estas palabras.

Lo primero que me llamó la atención, a una persona como yo, que soy lega en Filosofía y nociones Escolásticas, es el porqué Santo Tomás es el Patrón de la Universidad cuando otras parcelas del saber, tienen sus propios patronos: Letras –San Isidoro–, Ciencias –San Alberto–, Medicina –San Lucas–, etc... La respuesta quizá es, aunque Doctores hay que lo expresen mejor que yo, que Santo Tomás imbuido por las ideas de Aristóteles, transmitidas por su maestro San Alberto Magno, indica que aunque existe un mundo sensible, es decir del conocimiento singular, se puede llegar al conocimiento universal.

Santo Tomás en principio reduce lo universal a cosas singulares, un ejemplo de reduccionismo, pero al mismo tiempo como su maestro San Alberto Magno, acepta una Inteligencia, podemos decir un conocimiento superior, una

especie de holismo, que justifica la esencia de cada especie.

Es ello, por su conocimiento global y universal, no se olvide que también bebió de las fuentes de San Agustín, por lo que Santo Tomás al saber de todo se le considera el patrón de la Universidad.

Pues bien, dicho esto, mi charla mucho más prosaica, va dirigida al hecho de que teniendo saberes dispersos de las cosas, además aparentemente alejados unos de otros se pueden concatenar en un conocimiento común que dé sentido práctico a dicho conocimiento y justifique el porqué de esos saberes aparentemente teóricos y sin utilidad.

Es decir ¿Se ha de pasar de un reduccionismo, la gran especialización, a un holismo con conocimiento más general y en el que forzosamente ha de incluirse la multidisciplinaridad?

Creo que sí y me baso en ello utilizando las mismas palabras de Santo Tomás *“Ya que las Ciencias particulares dejan sin tratar algunas cosas que necesitan investigación, se hace necesaria una Ciencia Universal y Primera que estudie las cuestiones de las que no se ocupan las Ciencias Particulares”*.

Para reforzar lo anterior, es decir la necesidad de multidisciplinaridad pongamos como ejemplo a aquello que dedico mis esfuerzos que es la aplicación de la Ingeniería para ayudar a resolver algunos problemas que plantea la Medicina, lo que podríamos llamar Ingeniería Biomédica.

Entendida en sentido amplio, la aplicación de Ingeniería Química en Biomedicina hace uso de los principios y los métodos de la ingeniería a la comprensión, definición y resolución de problemas en Biología y en Medicina. Es evidente, por tanto, su fuerte carácter multidisciplinar, porque incorpora aspectos relacionados con la electrónica, la informática, los materiales, la mecánica, las comunicaciones, etc., además de las ciencias de la vida.

Todo ello conlleva a que la demanda de profesionales y de investigadores relacionados con el tratamiento y el diagnóstico de enfermedades y con el desarrollo de nuevas terapias basadas en nanotecnologías se encuentre en un momento de gran crecimiento.

Además, es indudable que el enorme avance que ha experimentado la Medicina durante la segunda mitad del siglo xx no habría sido po-

sible sin la aportación concurrente de técnicas avanzadas que han permitido el desarrollo de nuevas soluciones a problemas médicos. Este hecho condiciona que la aplicación de Ingeniería en Medicina sea uno de los sectores industriales de mayor crecimiento en la economía mundial. A ello hay que unir el incuestionable peso económico y social del sector *salud* que afecta potencialmente a todos los ciudadanos, si bien tiene una singular incidencia en los sectores de población que requieren una atención especial, como las personas mayores y las discapacitadas.



## ANTECEDENTES

**E**L cuerpo humano por sí mismo es una gran fábrica de procesos químicos, sensible, compleja y extremadamente inteligente. Así, los músculos tiemblan para calentar el cuerpo cuando desciende la temperatura. El páncreas produce insulina para controlar los niveles de azúcar. Los riñones eliminan la urea, los minerales y el agua de la sangre. Los glóbulos blancos de la sangre se organizan para defender el cuerpo contra las infecciones y un largo etcétera de procesos que involucran balances de materia y energía asociados con reacción química.

En su sentido más amplio, la aplicación de la Ingeniería Química a la Biomédica ha estado con nosotros durante siglos y quizás durante milenios.

Los textos más antiguos que contienen conceptos que hoy día podrían entenderse como “aplicaciones de Ingeniería en Biomedicina” son probablemente el clásico griego *De las par-*



tes de los animales de Aristóteles y el libro chino *Nei Jing* (o *Internal Classic*) que se transmitió junto a las enseñanzas de Confucio.

Aristóteles, por ejemplo, presentó una descripción de la anatomía y de la función de los órganos internos. Su análisis del movimiento de la uretra para transportar la orina desde el riñón hasta la vejiga es realmente encomiable. Aristóteles también escribió *Del movimiento de los animales* en el que aparecen dibujadas partes de animales y del ser humano que describen el proceso de andar.

Otros científicos más modernos han contribuido también a aspectos particulares relacionados con esta misma disciplina. Leonardo da Vinci (1452-1519) se puede considerar como el primer científico *bioingeniero*. Sus observaciones del movimiento humano cumplían



Figura 1. Dibujo de Leonardo da Vinci en de *De Motu Animalium* de Giovanni Borelli.

sorprendentemente la tercera ley de Newton. Además, trató temas como el grado de locomoción, el efecto de correr en contra del viento, etc.

Desde ese momento son muchos los científicos que han empleado sus investigaciones para dar explicación a fenómenos que tienen lugar en el cuerpo humano. Así, cabe destacar a Robert Boyle (1627-1691) estudió el pulmón y la función del aire ó a Jean Poiseuille (1797-1869) que determinó la relación flujo-presión en el interior de un tubo. En su estudio estableció la condición de “no-deslizamiento” como la condición de contorno más apropiada entre un fluido viscoso y una pared sólida. Su relación empírica, conocida como ley de Poiseuille, se utiliza con bastante asiduidad en Cardiología.

Durante el último medio siglo, los ingenieros químicos han contribuido en numerosos desarrollos biomédicos. Han ayudado a modernizar las técnicas de diagnóstico de enfermedades, así como la versatilidad en los tratamientos, y han mejorado la seguridad y la eficacia de los mecanismos de administración de fármacos. Puede decirse, por tanto, que la contribución de la Ingeniería Química al desarrollo de la sociedad ha sido y es, en la actualidad, indiscutible.

Lo que se conoce como Ingeniería Biomédica comenzó en la década de 1950, cuando los médicos del Hospital de Cambridge recurrieron a un profesor de Ingeniería Química, Edward Merrill, del MIT, a fin de que les midiera la viscosidad de la mucosidad pulmonar (para el tratamiento de la fibrosis quística) y de la sangre humana (la viscosidad es una medida directa de la velocidad de coagulación o de la resistencia a fluir por el sistema circulatorio).

A pesar de la experiencia de los ingenieros químicos en la elaboración industrial de ingeniosos instrumentos para medir la viscosidad de los fluidos complejos, los problemas biomédicos han puesto de manifiesto desafíos técnicos que continuarán siendo un reto para ingeniería química en los próximos años.

En los años sesenta y setenta, los ingenieros químicos participaron en el análisis reológico, problemas y fenómenos de transporte de materia para establecer, por ejemplo, las tasas de difusión a través de biomembranas, necesarias para desarrollar algunos órganos artificiales como las máquinas de diálisis renal y unidades de oxigenación pulmonar.

A partir de este momento fue creciendo el número de ingenieros químicos que se dedicaron a dar solución a problemas complejos de flujo de fluidos relacionados con las válvulas del corazón, entre otras cosas. Análisis newtonianos y no newtonianos, de fluidos circulatorios, lo que no deja de ser un punto relevante en el tratamiento de presión arterial.

Durante la década de los ochenta y de los noventa, los ingenieros químicos comenzaron a aplicar modelos matemáticos mucho más sofisticados con el fin de ayudar a los investigadores a comprender mejor los fenómenos biomédicos complejos, como el cáncer y la arteriosclerosis, y desarrollar opciones avanzadas para su detección, análisis y tratamiento. A partir de ese momento, los avances que se vienen realizando se centran principalmente en el desarrollo de nuevas terapias y tratamientos de esas enfermedades para las que hoy no existen vías óptimas para abordarlas.

A continuación y a modo de ejemplo, trataré en las siguientes líneas de mostrarles algunos de los avances en los que, aprovechando sinergias, nuestro grupo está trabajando activamente.



# INGENIERÍA DE TEJIDOS Y TERAPIA CELULAR

LOS seres vivos son capaces de autorepararse mediante procesos completamente reciclables, operan de forma silenciosa y dan lugar a formas estéticamente agradables y de alta durabilidad.

Todas estas cualidades positivas están siendo consideradas en las últimas décadas como modelos para el diseño artificial.

De lo anterior se puede plantear la siguiente pregunta, ¿por qué no intentar fabricar los propios materiales y tejidos naturales? Y, en seguida ¿por qué no fabricar órganos completos no ya artificiales sino idénticos a los biológicos?

Una respuesta positiva a esta pregunta tendría consecuencias dramáticas en el futuro de la Biomedicina. Precisamente, la reparación y sustitución natural de tejidos y órganos por otros fabricados y no procedentes de transplantes es

el objeto de trabajo de una nueva rama de la Medicina como es la Medicina Regenerativa y, en el campo específico de los materiales tisulares, de la Ingeniería de Tejidos.

La Ingeniería de Tejidos cubre un amplio espectro donde se aplican los principios de la ingeniería y de las ciencias de la vida al desarrollo de sustitutos biológicos con el objetivo de restaurar, mantener o mejorar las funciones de tejidos y órganos. El objetivo sería conseguir un mayor control sobre la fabricación y modificación de los propios tejidos biológicos, con propiedades alteradas o combinadas con las de materiales diseñados artificialmente. Ello será posible en un futuro cercano, mediante el uso de la Nanotecnología, que parece será capaz, por fin, de romper definitivamente la barrera entre lo natural y lo artificial.

En el contexto de la Ingeniería de Tejidos, es habitual utilizar de forma temporal o permanente un soporte estructural denominado *andamio* con objeto de soportar las primeras cargas y proveer a las células de un lugar donde adherirse, proliferar y diferenciar en su caso, sirviendo de guía para la formación de nuevo tejido. Habitualmente se requiere también que el material componente del andamio se degrade a lo largo

del tiempo de forma que vaya siendo sustituido de forma progresiva por nuevo tejido que será el que, finalmente, llene el defecto original.

En este escenario, el éxito del proceso está directamente relacionado con las propiedades del andamio tales como la biocompatibilidad, tamaño y distribución del poro, cinética de degradación, propiedades mecánicas, permeabilidad, transferencia de materia, hidrofiliicidad etc entre otras muchas. Sin embargo, el proceso completo para el diseño de un andamio en una aplicación específica es muy caro y exige multitud de ensayos de gran duración y costo. Es por ello, por lo que los modelos matemáticos y métodos computacionales son muy útiles, tanto para la reducción del costo como para la validación de hipótesis de trabajo y la evaluación de la influencia relativa de distintos parámetros en experimentos virtuales, muchas veces imposibles de realizar físicamente por razones éticas o de disponibilidad de pacientes específicos. Asimismo, el modelado del comportamiento funcional de tejidos vivos es esencial para comprender y posteriormente reproducir las condiciones fisiológicas reales en las que se producen los procesos celulares *in vivo*. Finalmente, el acoplamiento con modelos bio-



químicos es de enorme importancia para conseguir una mejor comprensión de la influencia relativa de fenómenos tan relevantes como la mecanotaxis, la quimiotaxis o la mecanotransducción.

En esta línea, en nuestro grupo, junto con los Servicio de Cirugía Torácica y Anatomía Patológica del Hospital Clínico de Salamanca se ha diseñado un implante ó tiritas de liberación dual con capacidad para regenerar el tejido pulmonar después de una neumonectomía, evitando así la formación de fístulas.

La neumonectomía (resección de todo un pulmón) es una técnica quirúrgica utilizada sobre todo en el tratamiento del carcinoma pulmonar y, más raramente, en el de otras patologías no tumorales, como la tuberculosis o las bronquiectasias. A pesar de una cuidadosa selección preoperatoria, los pacientes neumonectomizados en nuestro país siguen presentando tasas altas de mortalidad precoz y morbilidad siendo la fístula broncopleural postneumonectomía (FBPN) una de las complicaciones postoperatorias más graves y difíciles de resolver.

La FBPN se define como una comunicación entre el espacio pleural y la vía aérea a través

del muñón bronquial. En estas circunstancias, en las que el muñón bronquial está en riesgo por desarrollo de fístula (isquemia, infección...), una adecuada cicatrización y revascularización de la sutura bronquial es esencial para evitar la mortandad postoperatoria, sin mencionar los altos gastos hospitalarios que se generan por tratamientos prolongados y repetitivos.

Uno de los enfoques que ha obtenido un mayor éxito en el tratamiento de esta complicación quirúrgica es la reparación de tejidos mediante sistemas que contienen diferentes líneas celulares. Así, según los trabajos realizados hasta ahora, es posible postular que la cobertura del muñón bronquial con un injerto tisular de fibroblastos y diferentes factores terapéuticos, tales como el factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) y el factor de crecimiento fibroblástico (bFGF), reducen el riesgo de muerte pos-operativa por fístula broncopleural tardía postneumectomía.

Existen pruebas de que la acción coordinada y secuencial de ciertos factores de crecimiento, tales como el VEGF, el FGF o el PDGF (factor de crecimiento derivado de plaquetas), aceleran los procesos normales de angiogénesis y maduración vascular, permitiendo el desarrollo de

redes capilares totalmente funcionales dentro de injertos inicialmente avasculares.

Sin embargo uno de los factores más importantes que pueden complicar el desarrollo de las terapias celulares es la protección de las células implantadas del sistema inmunitario. Una solución no deseada al inmuno-rechazo es la administración de un cóctel de inmuno-supresores que puede producir serios efectos secundarios. En nuestro trabajo se propuso como solución al inmunorechazo la encapsulación de las líneas celulares en membranas biocompatibles y selectivamente semipermeables, que aseguran la protección mecánica y bloquean la entrada de los mediadores inmunes, pero que permiten la difusión hacia el exterior de las moléculas

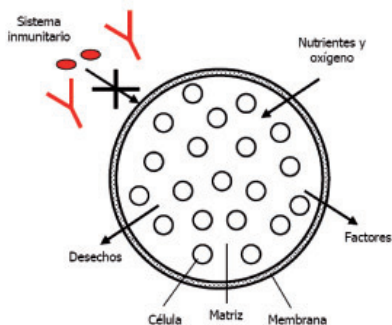


Figura 2. Representación de un sistema de microencapsulación de células.

activas (factores tróficos) producidas por las células y que permitirán el tratamiento de las enfermedades. Además, este tipo de membranas permiten la entrada de nutrientes y oxígeno, y la salida de los desechos.

Las células encapsuladas ofrecen la ventaja de ser capaces de sintetizar y de segregar de forma continua las proteínas específicas, así como de responder a las señales fisiológicas que regulan la secreción. La membrana de las cápsulas actúa como una barrera impermeable para las moléculas más grandes, como los anticuerpos y componentes complementarios, responsables del rechazo celular, de tal forma que el transplante en un huésped inmunológicamente incompatible se hace posible, actuando como permeable para las moléculas más pequeñas como nutrientes y proteínas de bajo peso molecular. Por tanto si se consigue la permeabilidad adecuada las células encapsuladas pueden mantener su funcionalidad y así segregar las proteínas específicas que difundirán a través de la cápsula y que son necesarios en los procesos de regeneración tisular.

Durante los últimos años, se ha dedicado un gran esfuerzo en el desarrollo de soportes

esféricos (microcápsulas) para la inmovilización de material biológico a fin de utilizarlos en terapia celular. Sin embargo recientemente, se están desarrollando otro tipo de soportes poliméricos de inmovilización: los *films* poliméricos. Este tipo de soportes presentan una serie de ventajas en comparación con los soportes esféricos, como su fácil recuperación en caso de complicaciones, su utilidad en la reparación de tejidos y para el tratamiento de heridas y quemaduras. Además, los *films* poliméricos por su forma, estructura y resistencia mecánica son adecuados para su fijación mediante sutura quirúrgica.

Por cierto que la resistencia mecánica de algunos de estos soportes, que debe resistir la tensión creada por el corazón, por ejemplo para la reparación de infartos de miocardio, fue analizada mediante su módulo elástico en trabajos anteriores por el grupo de investigación al que pertenezco.

Pues bien, teniendo en cuenta los factores anteriormente descritos nuestro grupo desarrolló una tejido ó tira biocompatible de liberación dual y controlada mediante la utilización de *films* de dos fases y de diferente estructura, para la regeneración del tejido pulmonar.

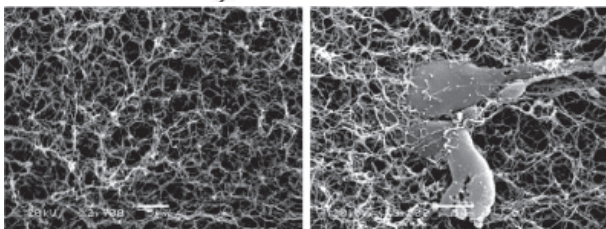
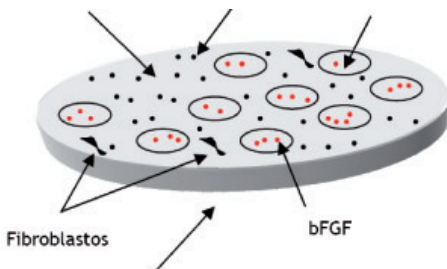


Figura 3. Representación de sistema dual de liberación e imagen en SEM.

Esta matriz bifásica no sólo permite una liberación secuencial de dos factores terapéuticos diferentes (VEGF y bFGF), sino que también permite el crecimiento de los fibroblastos incorporados. Con todo esto, la matriz desarrollada permite la vascularización y la regeneración del epitelio bronquial para un posible tratamiento de la fístula broncopleural post-neumonectomía.

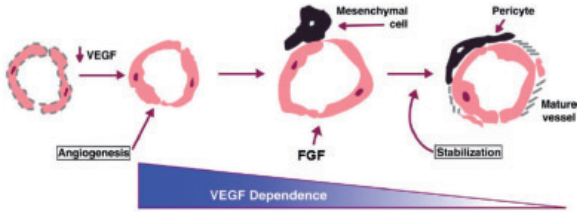


Figura 4. Mecanismo de revascularización propuesto.

La eficacia del implante diseñado se comprobó mediante modelos animales. Para ello se utilizaron 35 cerdos de dos a tres meses de vida. Los resultados obtenidos, considerados como pilotos, pusieron de manifiesto que no existía rechazo y la regeneración del tejido pulmonar ocurría de forma satisfactoria debido el crecimiento de numerosos vasos sanguíneos, evitando de esta manera la formación de fístulas. Este hecho ha condicionado que se avance en la investigación y será probado, en un paciente de forma experimental.

# NUEVAS TERAPIAS DE TRATAMIENTO DE CÁNCER

*«La esperanza es un sentimiento extraño: es tenaz y frágil al mismo tiempo y necesita ser alimentada con mucho cuidado, ya que lo mismo puede salvar vidas que trastornar la mente».*

Por eso a través de estas líneas me gustaría tratar con extremado respeto a los enfermos y sus familiares. Demasiadas veces se han generado precipitadamente expectativas de curación en base a terapias con poco contraste experimental.

El cáncer es un conjunto de enfermedades caracterizadas por la existencia de una proliferación anormal de células. Lo que confiere la característica de malignidad a esta proliferación celular es su capacidad para invadir órganos y tejidos y diseminarse a distancia.

En términos absolutos, el cáncer, junto con las enfermedades cardiovasculares suponen la



primera causa de mortalidad en los países del primer mundo.

El envejecimiento de la población, el incremento de la incidencia de muchos tumores malignos y la mejor supervivencia de los enfermos de cáncer debida a los avances diagnósticos y terapéuticos, han supuesto un aumento significativo del número de pacientes de cáncer (prevalencia).

Es obvio que no se va a encontrar en pocos años un remedio mágico para una enfermedad tan compleja y multiforme como el cáncer. Pero vivimos un momento alentador, porque en los últimos 25 años se ha avanzado enormemente en el conocimiento básico de las causas y de la dinámica de los diferentes tumores. La aplicación clínica de esos conocimientos es una tarea lenta y cuidadosa, pero ya se van cosechando algunos frutos. Se va imponiendo una nueva estrategia contra el cáncer: multidisciplinar, selectiva y personalizada. Los tiempos de supervivencia crecen significativamente en bastantes casos y los expertos auguran que a medio plazo el cáncer podría ser una enfermedad crónica, con la que se conviviría muchos años.

La quimioterapia tradicional explota la única peculiaridad conocida hasta hace poco de las células tumorales: su gran velocidad de proliferación. Pero esto provoca la muerte de cualquier célula del cuerpo que se esté dividiendo, en particular las que lo hacen rápidamente, como las del revestimiento del aparato digestivo. El conocimiento de la biología molecular íntima del cáncer ha permitido en los últimos años diseñar fármacos que bloquean selectivamente las moléculas alteradas de las células tumorales o los factores de crecimiento que necesitan, sin dañar las células sanas.

Este sueño de encontrar “*balas mágicas*” contra el cáncer se había originado a principios de los 80, cuando se elaboraron los primeros anticuerpos monoclonales en cantidades masivas. Cada una de estas moléculas del sistema inmunitario reconoce un receptor específico en la superficie de las células. Si se identificaban los receptores característicos de las células cancerosas, podrían bloquearse con estos anticuerpos, que también podrían llevar adheridos fármacos antitumorales. Estas expectativas se vieron frustradas porque los anticuerpos se obtenían de ratones y el sistema inmunitario del

cuerpo los destruía o reaccionaba exageradamente ante ellos, dañando las células sanas.

Estas dificultades se están solucionando ya que los nuevos anticuerpos monoclonales han sido modificados para parecerse mucho más a los humanos, lo que prácticamente elimina el ataque por parte del sistema inmunitario hacia ellos como fármacos o isótopos radiactivos. Además, algunos de ellos llevan añadidas enzimas que transforman en el propio tumor los precursores de los fármacos en su forma activa. Otras vías ensayadas en inmunoterapia son la estimulación y la modulación de nuestro sistema inmunitario para que actúe preferentemente contra los tumores.

Sin embargo, actualmente la vía común de tratamiento continúa siendo la quimioterapia tradicional. Los medicamentos quimioterápicos actúan indiscriminadamente sobre células cancerígenas y las que no los son, como por ejemplo, las células de la médula ósea (donde se fabrican las células sanguíneas) y las membranas mucosas del conducto gastrointestinal. Los folículos pilosos también se dividen con frecuencia y son sensibles a algunos medicamentos de quimioterapia. Por este motivo, algunos de estos fármacos producen náuseas, vómitos,

diarrea, llagas en la boca. Otros dan lugar a una pérdida temporal del cabello. La médula queda temporalmente perjudicada en su función de producir células sanguíneas, lo que hace que se produzcan infecciones, pues el número de leucocitos es inferior, o que se produzca cansancio o anemia, ya que el número de hematíes también puede disminuir.

Al ser medicamentos muy fuertes, los efectos secundarios también lo son. Debido a sus efectos secundarios, la quimioterapia se administra en forma de ciclos, durante un período de tiempo se administran los medicamentos y seguidamente se deja un período de descanso. Este período de descanso se utiliza para que se produzca una recuperación hematológica ya que, como hemos dicho antes, estos medicamentos producen efectos sobre las células cancerosas y otras que no lo son.

Con el fin de minimizar estos efectos y actuar de forma más efectiva en nuestro grupo se está contribuyendo al desarrollo de nuevos vehículos para conducir estos medicamentos hasta únicamente las células tumorales. Específicamente nuestro proyecto se centra en el desarrollo de terapias dirigidas aplicables a cáncer de pulmón.

Se trata de unas pequeñas partículas construidas mediante una técnica mecánica, capaces de desplazarse a través de la sangre hasta alcanzar los tumores del paciente ó bien ser aplicados directamente en el tumor. Estos pequeños robots son micropartículas capaces de moverse a través de la sangre, encontrar y fijarse a las células tumorales a través de unos ligandos específicos y, una vez allí, suministrar la terapia necesaria para matar la célula y así evitar su proliferación.

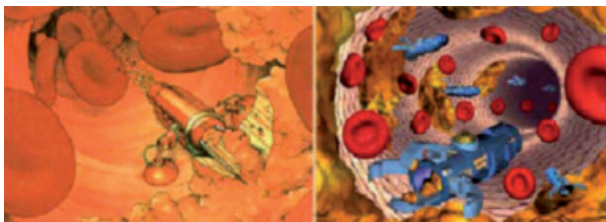


Figura 5. Mecanismo de acción de terapia dirigida.

En nuestro grupo se ha desarrollado una tecnología para producir microcápsulas biocompatibles. A estas microcápsulas se le fijan en la superficie dos compuestos que son capaces de reconocer las células tumorales en el cáncer de pulmón de células pequeñas, de tal forma que se anclan a ellas y mediante mecanismos controlados liberan los fármacos correspon-

dientes. Para asegurar que las microcápsulas llegan a los lugares deseados y liberan la dosis de fármaco adecuada se han realizado modelos matemáticos que simulan el movimiento de los fluidos así como el arrastre y deposición de las micropartículas en los sistemas bronquiales y los alvéolos.

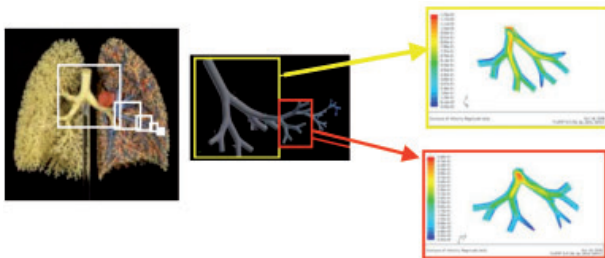


Figura 6. Perfiles de liberación de fármaco simulados en los alveolos.

Hasta ahora, la eficacia del sistema ha sido comprobada in vitro, con líneas celulares de tumores pulmonares de humano, de forma exitosa. El siguiente paso será validar la tecnología en modelos animales para lo cual la colaboración de los Servicios de Cirugía Torácica, Anatomía Patológica y Oncología será fundamental.

Por tanto como diría Nicolescu “...Aunque no es una nueva disciplina o superdisciplina, la investigación transdisciplinar se nutre de la disci-

*plinar, mientras que, al contrario, la investigación disciplinar se ve clarificada por el conocimiento transdisciplinar en una forma nueva y fértil. En este sentido, las investigaciones disciplinar y transdisciplinar no son antagónicas, sino complementarias.”*

## CONCLUSIONES

LA transferencia de conocimiento entre disciplinas y el aprovechamiento conjunto del acervo común permiten la aparición de nuevos descubrimientos, en muchas ocasiones inesperados y de enorme importancia. Para ello, el papel del “integrador”, del investigador, quizás menos especializado, pero capaz de entender varios lenguajes y hacerse entender por distintas comunidades es cada vez importante.

Son “las conexiones”, entre disciplinas, las fronteras, las interfases, las heterogeneidades, las zonas de fuerte gradiente donde se puede generar mucha entropía, y es en este contexto, donde aumentan la probabilidad de generación de nuevo y valioso conocimiento.

Mi opinión personal es que el ingeniero químico está especialmente preparado para ejercer este papel. Su perfil práctico, más cercano



a las herramientas, su interés en la aplicación y su convicción sobre la necesidad de dar soluciones, le permiten entender mejor los objetivos globales de distintos colectivos científicos.

Uno de los ámbitos de mayor importancia en la actualidad, tal como he tratado de demostrar y en el que esta comunicación *transdisciplinar* se hace evidente es la Biomedicina. Aquí se han mostrado tan solo algunos ejemplos en Ingeniería de Tejidos y Terapia en Cáncer, en los que he tratado de dejar clara su aplicabilidad al mejor entendimiento del comportamiento del cuerpo humano, a la mejora de las técnicas de rehabilitación y a la cura de patologías.

Su importancia futura será, sin duda, aún mayor. La revolución biomimética en marcha tendrá una influencia decisiva en la Humanidad. Sin embargo, para avanzar en la misma, es imprescindible sobrepasar las limitaciones, tanto históricas como organizativas de la enseñanza actual, basada únicamente en el rígido clásico esquema disciplinar. La perspectiva transdisciplinar complementaria nunca ha conseguido disponer de raíces suficientemente fuertes en la organización académica.

El desarrollo de las estructuras disciplinares de pensamiento dentro de las universidades durante el siglo XIX produjo al mismo tiempo “entendimiento y ceguera”. Entendimiento mediante el análisis cada vez más profundo en materias gradualmente más específicas. Pero también ceguera, ya que esta especificidad se ha conseguido a expensas de una visión más global. El siglo XX puede muy bien considerarse como el de la híperespecialización. Mediante la división progresiva del trabajo, el ser humano ha alcanzado cotas inimaginables de progreso económico e intelectual.

Sin embargo, la especialización ha acabado por convertirse más en institucional que en una verdadera demanda intelectual. Temas como la legitimación profesional, los modelos de financiación, o los avances en la carrera profesional individual, conducen a expertos magníficos en áreas cada vez más pequeñas. La transdisciplinariedad, las excursiones fuera de los ámbitos reconocidos como propios por una disciplina son normalmente penalizados en aras del mantenimiento de un orden institucional excesivamente estático.

El esquema organizativo se basa todavía en departamentos y centros disciplinares, dejando, en el mejor de los casos, la aproximación holista a centros que las universidades perciben como “en” pero no “de” sí mismas. Este aspecto es de particular importancia en nuestro país, uno de los más conservadores en la identificación y consolidación de nuevos perfiles derivados de disciplinas emergentes y, más aún, de aquellos otros que suponen una concepción más multi o transdisciplinar. Sin embargo, el intelecto humano no está confinado, es curioso, crea conexiones y busca la verdad en muchas esferas simultáneas. En mi opinión, es imprescindible abrir las puertas, airear la casa. La investigación de calidad no es la que mejor se alinea con los cánones al uso, sino la que abre nuevas perspectivas de futuro, aquella que hace honor a la frase de Einstein *“La mente intuitiva es un regalo sagrado y la mente racional su fiel sirviente. Hemos creado una sociedad que honra al sirviente y ha olvidado el regalo.”*

El reto del siglo XXI será la síntesis e integración del crecimiento exponencial del conoci-

miento humano en un todo inteligible. Quiero, por tanto, desde estas líneas, animar a romper el “dogma disciplinar”, de forma que, manteniendo la excelencia en el análisis, se complemente con la dinámica transdisciplinar, para que con ello nos adentremos en la fascinante tarea de entender algo mejor la interacción del *bios* griego con su entorno.



Se acabó de imprimir  
en Salamanca  
esta Conferencia,  
el día 26 de enero de 2012,  
festividad de los santos Timoteo y Tito





**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA  
DE SALAMANCA**