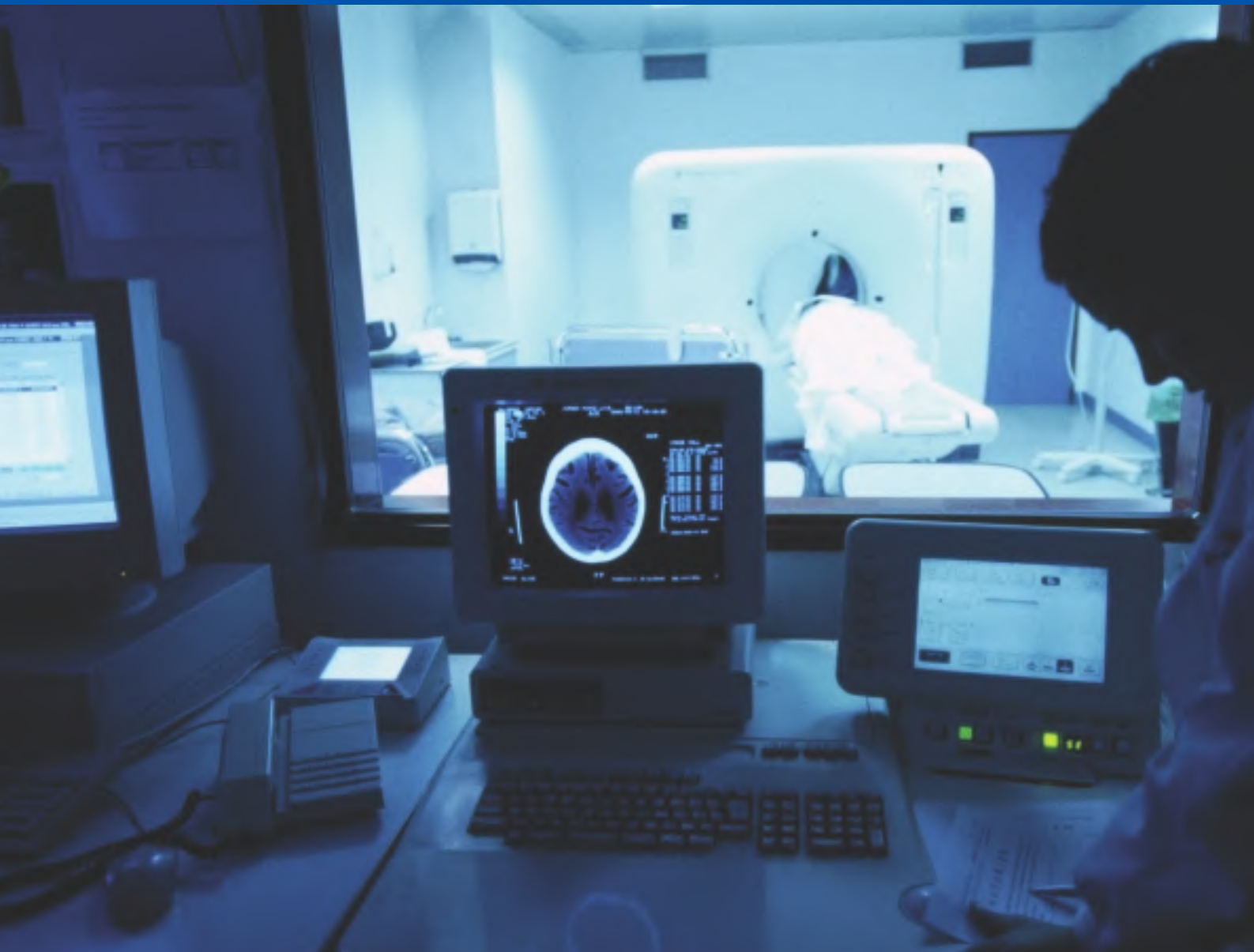


# La ingeniería al servicio de la medicina

TEXTO: MANUEL C. RUBIO FOTOGRAFÍA: AGE FOTOSTOCK



Desde el descubrimiento de los rayos X, hace ya más de un siglo, otros muchos equipos y tecnologías han revolucionado el mundo de la medicina. El espectacular avance experimentado por las tecnologías sanitarias, un complejo campo en el que convergen diversas y muy variadas áreas del conocimiento, y en el que España sigue presentando un claro déficit en cuanto a investigación, desarrollo e innovación, ha dado lugar en las últimas décadas a la consolidación de la ingeniería biomédica, una nueva área científica de formación interdisciplinar, de gran proyección profesional y que ya cuenta en nuestro país con programas académicos específicos

Desde que el físico alemán Wihelm Röntgen descubriera en 1895 los rayos X, tal y como los denominó por desconocer su naturaleza, otros muchos equipos y tecnologías han revolucionado el mundo de la medicina ofreciendo a los profesionales de la salud herramientas claves para el diagnóstico preciso de una gran diversidad de procesos patológicos. Lo que empezó casi por casualidad con esta nueva clase de rayos –Röntgen estaba investigando el comportamiento de un tubo de rayos catódicos de alta energía– ha seguido después y muy especialmente en la segunda mitad del siglo pasado con la ecografía, el escáner, la resonancia magnética nuclear (RM), la electroencefalografía, la tomografía por emisión de positrones (TEP) y otras tecnologías más sofisticadas y menos conocidas. Con los nuevos equipos no sólo es posible distinguir los órganos y tejidos internos de forma cada vez más clara y precisa, sino visualizar incluso cosas tan elusivas como la memoria, haciendo realidad el viejo anhelo médico de ver las interioridades del cuerpo humano como si fuera transparente.

Pero estos avances no se han limitado únicamente al campo del diagnóstico por imágenes. Nuevas técnicas de cirugía mínimamente invasiva, laparoscopias, tratamientos con radiaciones, sustitutos sintéticos de órganos dañados de forma irreversible o dispositivos que permiten recuperar mecánicamente funciones perdidas, son sólo algunos ejemplos de los muchos retos que la ciencia y la tecnología tiene abiertos en la actualidad en el campo de la salud. Hablamos, entonces, de telemedicina, biotecnología, trasplantes, robótica y telerrobótica en cirugía, biónica o informática médica, términos que pueden parecer de nuevo

cuño pero que sin embargo son ya muy habituales en los principales centros de investigación de medio mundo.

### La salud es lo primero

Lo cierto, en cualquier caso, es que hoy en día nadie discute la enorme trascendencia de estas tecnologías, aunque sólo sea por la innegable repercusión social que conllevaría su progresiva generalización en los sistemas sanitarios. Y es que, como se dice comúnmente, la salud es lo primero. Así, no resulta nada extraño que entre las cien noticias más importantes ocurridas durante el pasado siglo diferentes estudios incluyan, y por delante incluso de la teoría de la relatividad y acontecimientos como los de la aparición del ordenador personal e internet, a varias relacionadas con la medicina: el descubrimiento de la penicilina, la píldora abortiva, la vacuna contra la polio, la identificación del virus del sida o en un lugar menos destacado el anuncio del primer mamífero clonado.

### Tecnologías sanitarias

Las tecnologías sanitarias, un complejo campo en el que convergen disciplinas de la física, química, ingeniería, electrónica, informática y otras, se relacionan, de una manera genérica, con todo lo que supone innovación al servicio de la salud o, en un sentido amplio, de la calidad asistencial de la población, y se dirigen a las personas que padecen una enfermedad (potencialmente todos los ciudadanos), a las personas con discapacidad (alrededor de tres millones y medio de personas en España) e incluso a los sectores de la población que requieren de una especial atención, como son las personas mayores (más de siete millones de españoles tienen más de 65 años).

De un modo más concreto se puede

decir que las tecnologías sanitarias comprenden todo tipo de equipos, dispositivos y procedimientos médicos y quirúrgicos utilizados en la atención médica para la predicción, prevención, detección, diagnóstico, tratamiento, paliación o rehabilitación de enfermedades.

### La I+D+I en España

En este contexto, la investigación científica, el desarrollo y la innovación tecnológica (I+D+I) se erigen no sólo en instrumentos fundamentales para la mejora de la salud, del bienestar social y de la calidad de vida de la población, sino también para optimizar los beneficios sociales que se derivan de los recursos que se utilizan con este propósito, tal y como se destaca en el *Libro blanco de I+D+I de productos sanitarios*.

Según se refleja en este informe del sector, los gastos sanitarios en los países desarrollados han adquirido una extraordinaria importancia, ascendiendo en España en 1999 a la cifra de casi 37.900 millones de euros (6,3 billones de pesetas), lo que representaba un gasto anual per cápita de 961 euros (160.000 pesetas).

Asimismo, los expertos consideran que este gasto continuará aumentando en los próximos años a un ritmo estimado de entre el 7% y el 8% anual como consecuencia del envejecimiento de la población (según un estudio de las Ocede, las personas mayores de 65 años consumen un gasto medio cuatro veces superior al de las personas de edad inferior), de las mayores expectativas de los ciudadanos y de los avances en la tecnología sanitaria.

### Dependencia tecnológica

Por otro lado, el citado libro blanco señala que en nuestro país la situación del sector sanitario es de gran dependencia en materia

tecnológica, hasta el punto que sólo el 20% de la tecnología que se consume es de producción nacional. Esta situación, que contrasta claramente con la posición de España dentro de la UE y con el volumen económico de su mercado, hace que alrededor de 900 empresas españolas se dediquen fundamentalmente a la distribución de productos fabricados en otros países, mientras que el número de las que se dedican a la producción (sin contar los fabricantes de productos a medida, existen aproximadamente 1.000 ortopedias en España) apenas llega a las 370, y en algunos casos se trata de filiales de multinacionales.

A esta realidad, según se destaca en el citado libro blanco de la I+D+I, cabe añadir que los prejuicios, todavía presentes en los facultativos de nuestro país, sobre la escasa calidad del producto nacional limita la creación, consolidación y crecimiento de las empresas del sector, además de provocar que las empresas sigan un planteamiento mimético hacia la tecnología foránea.

En esta visión general del sector de productos sanitarios también se alude a la gran desconexión existente entre el Sistema

Nacional de Salud, que constituye el 77% del total del gasto sanitario español, y las políticas de innovación tecnológica que se desarrollan en nuestro país, desaprovechando, en consecuencia, las posibilidades de establecer políticas industriales que potencien este sector, a diferencia de los planteamientos estratégicos que se despliegan en otros países de nuestro entorno.

### Mecanismos de protección

Pero al margen de este estado actual de dependencia tecnológica, lo cierto es que la Administración ha ido paulatinamente incorporando, aunque con cierto retraso en relación a sus socios europeos, diversos mecanismos de protección para asegurar que las nuevas tecnologías introducidas sean las adecuadas o, dicho de otro modo, produzcan mejoras tangibles y el menor número posible de efectos no deseados. La creación de las agencias de evaluación, las comisiones y comités de ética existentes a diferentes niveles y la tendencia cada día mayor a dar participación al ciudadano, a través de comisiones consultivas, constituyen la reacción estatal para asegurar

que el desarrollo tecnológico se enmarque dentro de un contexto eminentemente social.

En este sentido, hay que destacar el papel de las agencias de evaluación de tecnologías sanitarias, organismos que tienen su origen en la necesidad de establecer, sobre bases científicas, el impacto médico, económico, social y ético de las técnicas y procedimientos de uso médico-sanitario. Así, y además de las agencias existentes en Andalucía, Cataluña y el País Vasco, adscritas sus respectivos servicios públicos de salud, la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del Ministerio de Sanidad y Consumo asume de este modo, y en coordinación con la Dirección General de Planificación Sanitaria, Sistemas de Información y Prestaciones, y la Secretaría del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, funciones tales como las de identificar e informar sobre las tecnologías nuevas y establecidas que necesitan evaluación; producir, revisar, evaluar y sintetizar la información científica tanto en tecnologías nuevas como ya existente, y contribuir a la

## FENINTEC, IMPULSO DE LA I+D+I

La Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (Fenin), una organización de ámbito nacional creada en 1977 y que en la actualidad agrupa a unas 330 empresas fabricantes, importadoras y distribuidoras de productos de tecnología sanitaria (excepto medicamentos), presentó a finales del pasado mes de mayo en Madrid el proyecto Fenintec para impulsar la I+D+I en el sector. Esta iniciativa, puesta en marcha en colaboración con los ministerios de Ciencia y Tecnología y Sanidad, surgió hace algo más de un año a raíz de la edición del Libro Blanco de la I+D+I en el sector de productos sanitarios. Según su responsable, Eva Beloso, el objetivo estratégico de Fenintec es facilitar la relación y la colaboración entre las empresas y los centros de I+D para la innovación tecnológica de los productos y servicios sanitarios. Fenintec consiste en la elaboración de una base de datos que engloba centros de I+D que trabajan en el ámbito de la ingeniería biomédica y de la investigación sanitaria y empresas del sector interesadas en la innovación tecnológica de los productos y servicios sanitarios. Toda esta información está recogida en una página web, a la que se accede a través de [www.fenin.org](http://www.fenin.org), que permite la búsqueda de socios para el desarrollo de proyectos de I+D y la presentación de manifestaciones de interés en la cooperación tecnológica.

Si prospera adecuadamente, este proyecto puede tener continuidad en el futuro. Así, la secretaria general de la patronal, Margarita Alfonsel, apuntaba que los siguientes pasos se relacionarían con dos medidas complementarias contempladas en Fenintec: orientar los sistemas de compra y potenciar los laboratorios de ensayo y

certificación, así como incentivar su uso por las empresas, al tiempo que señalaba que también podría concretarse en el desarrollo de un sistema telemático de compras.

Fenin, que desarrolla su actividad en diez sectores o grupos empresariales de actividad e intereses comunes, ha incorporado a principios de junio uno nuevo en el que se aglutinan las empresas fabricantes y exportadoras del sector sanitario del que participan en todo el país entre 70 y 100 compañías. El primer objetivo de este recién creado grupo es sumar 50 asociados en lo que queda de año.

La Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria, por otra parte, aseguró hace poco más de un mes que la deuda que las administraciones públicas mantenían con los suministradores de productos y tecnologías sanitarias al cierre del primer trimestre de este ejercicio ascendía a 1.330 millones de euros. Según los datos de Fenin, el Servicio Andaluz de Salud y la Conselleria de Sanitat de Valencia acaparaban el 57% de la deuda generada con estas empresas suministradoras y acumulaban una demora en los pagos de 468 y 485 días, respectivamente.

La patronal ha solicitado a las administraciones públicas sanitarias un plan de saneamiento con compromisos de pago en tiempo y forma. Fenin reclama, en este sentido, que los pagos se realicen dentro del plazo de dos meses establecido por la Ley de Contratos de la Administración Pública y que superado este límite de tiempo se genere el derecho a percibir intereses de demora. Actualmente, el Sistema Nacional de Salud español tiene un promedio de pago de sus compras de 300 días.



Técnico utilizando un microscopio, uno de los más de 700.000 dispositivos médicos existentes en el mundo.

adecuada formación de los profesionales sanitarios para lograr la correcta utilización de la tecnología.

### Nace una nueva disciplina

En otro orden de cosas, se puede decir que este bombardeo tecnológico, fruto de los avances en las ciencias físicas, en la instrumentalización electrónica, en la computación o en el campo de las telecomunicaciones, ha derivado en las últimas décadas y de forma relevante en el espectacular desarrollo experimentado por una nueva disciplina: la ingeniería biomédica.

Entendida como un área de la bioingeniería, la ingeniería biomédica puede definirse como la aplicación de los principios eléctricos, electrónicos, mecánicos, químicos o cualquier otro de la ingeniería para comprender, modificar, o controlar los sistemas biológicos, así como para diseñar y fabricar productos capaces de monitorizar

funciones fisiológicas y de asistir en el diagnóstico y el tratamiento de pacientes.

### 20.000 bioingenieros

La actividad en Europa en esta disciplina donde se verifica más directamente el impacto entre la medicina y la ingeniería es muy intensa, tal y como señalaba en un reciente artículo publicado en la revista virtual Aula-Bioingeniería, de Datex-Ohmeda, el profesor Enrique Gómez Aguilera, integrante del Grupo de Bioingeniería y Telemedicina de la ETS de Ingenieros de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Madrid, estimándose que en la actualidad existen en la Unión Europea más de 20.000 bioingenieros o ingenieros biomédicos trabajando en esta área, tanto en el mundo académico como en el de la investigación o la industria.

La creciente demanda de estos profesionales, que en opinión de Gómez Agui-

lera ha llevado al desarrollo de más de 150 programas académicos de ingeniería biomédica en universidades y escuelas politécnicas, es especialmente relevante en el caso de las tecnologías médicas, uno de los sectores comerciales de mayor crecimiento del mundo. Así, en la actualidad existen en el mundo más de 700.000 modelos de dispositivos médicos y 15.000 fabricantes, lo que supuso en 1999 un volumen económico de 146 billones de euros.

### Formación interdisciplinar

Para este experto, las revoluciones actuales en biología y microelectrónica y en la aplicación de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones en los servicios sanitarios están afectando profundamente al mercado de la tecnología médica, promoviendo cada vez más la colaboración entre la industria y la universidad y acentuando la demanda de ingenieros biomédicos que trabajan en equipos cuyos miembros tienen diversas formaciones y experiencias, desde científicos e ingenieros, hasta gestores de negocio, abogados y expertos en regulación.

La formación interdisciplinar de los ingenieros biomédicos les permite, por otra parte, interactuar no sólo con sus compañeros de ingeniería y gerentes de negocio, sino también con los médicos y proveedores de salud –sus principales clientes– así como con otro personal encargado de la regulación, propiedad intelectual, investigación y desarrollo.

Es precisamente este carácter interdisciplinar de la ingeniería biomédica el que da origen, especialmente durante la década de los noventa, a la aparición de centros de investigación, como el de la Universidad Politécnica de Cataluña, en el que los investigadores de los departamentos de ciencias de los materiales e ingeniería metalúrgica, ingeniería de sistemas, automática e informática industrial, e ingeniería electrónica y técnicas energéticas pretenden cubrir la demanda de I+D existente en el ámbito de la ingeniería biomédica mediante el apoyo a la transferencia de tecnología y formación tanto hacia el sector industrial como el de las ciencias de la salud.

Por otro lado, es asimismo indudable la relevancia que paulatinamente han ido adquiriendo en el Sistema Nacional de Salud las diferentes técnicas asociadas al equipamiento electromédico. Hoy en nuestros hospitales se pone más que nunca de manifiesto la importancia de conceptos como seguridad integral del paciente, calidad, protocolización o externalización. La recién creada Sociedad Española de

# INTERNET

Electromedicina e Ingeniería Clínica persigue, en este sentido y desde su carácter científico y técnico, promover no sólo la necesaria interlocución con las diferentes administraciones sanitarias y, en muchos casos, también judiciales, sino sobre todo la ordenación y normalización profesional de los estándares y requisitos necesarios para la correcta aplicación del equipamiento electromédico, así como la formación de profesionales en todos los campos relacionados con la electromedicina e ingeniería clínica.

## Programas universitarios

Últimamente y precisamente en el ámbito de la formación –la Universidad Tecnológica de Varsovia fue la primera que incluyó en 1946 en sus programas universitarios la ingeniería biomédica como disciplina–, un creciente número de universidades ha venido estableciendo en sus centros departamentos de ingeniería biomédica, como un claro reconocimiento de la necesidad de dar una especificidad curricular a esta nueva y diferenciada disciplina científica en la que sus profesionales, con frecuencia desempeñando papeles complementarios a los del médico en los equipos clínicos, se ocupan tanto de la gestión, seguridad, desarrollo, fabricación y mantenimiento de los cada vez más complejos instrumentos biomédicos, como de los métodos de medida e incluso de la interpretación de los datos obtenidos.

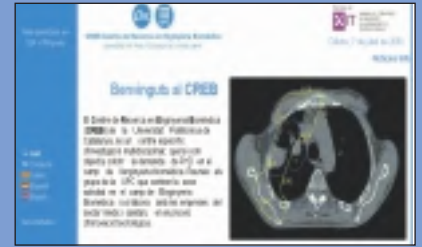
En la actualidad, los programas académicos que se ofrecen en Europa en este campo son muy diversos, si bien la mayoría coinciden en dedicar gran parte de sus contenidos a ofrecer un módulo general en ingeniería biomédica más una especialización que, en algunos casos, es específica en alguna o varias de sus diferentes áreas asociadas (gestión de la tecnología médica, bioinformática, física médica, microtecnología, ingeniería clínica, etc.), y en otros abarca otras diferentes ramas de la ingeniería, como pueden ser la ingeniería eléctrica o mecánica.

En España, y al margen de enseñanzas de postgrado en ingeniería clínica y otras disciplinas, el Consejo de Universidades aprobó el pasado año y tras un largo proceso de gestiones que se inició en Valencia el segundo ciclo de la titulación de ingeniería biomédica. Según la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica, se prevé que este plan de estudios a nivel nacional también se implante en otros países de la Unión Europea –en algunos ya existe–, por lo que actualmente se está promoviendo una coordinación que estandarice la trayectoria curricular a nivel europeo.

## Centro de Investigación en Ingeniería Biomédica

<http://www.creb.upc.es>

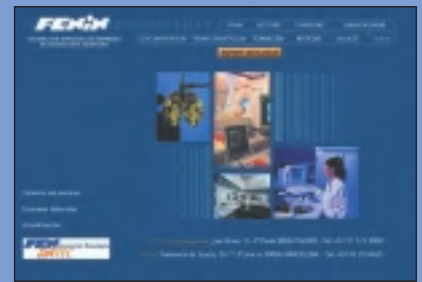
Página de este centro de investigación multidisciplinar dependiente de la Universidad Politécnica de Cataluña constituido con el objetivo de cubrir la demanda en I+D en el campo de la ingeniería biomédica.



## Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria

[www.fenin.org](http://www.fenin.org)

Página en la que además de información sobre el proyecto Fenintec para impulsar la I+D+I en este campo, se facilita información sobre el sector, las empresas federadas, grupos de trabajo, convocatorias, exportación, noticias y enlaces de interés.



## Sociedad Española de Ingeniería Biomédica

[www.seib.uv.es](http://www.seib.uv.es)

Página de esta sociedad integrada en la International Federation of Biomedical Engineering dirigida a mantener el contacto entre los investigadores y profesionales que desarrollan su actividad en las diversas ramas de la bioingeniería.

## Otros sitios de interés

[www.seeic.org](http://www.seeic.org)

Página de la Sociedad Española de Electromedicina e Ingeniería Clínica, con información técnica, congresos y otros sitios de interés.

[www.isciii.es/aets](http://www.isciii.es/aets)

Web de la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, adscrita al Instituto de Salud Carlos III, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

[www.aets.org](http://www.aets.org)

Página de la Asociación Española de Evaluación de Tecnologías Sanitarias, organización interdisciplinar que agrupa a profesionales activos en el sector o con intereses científicos en el mismo.

[www.aatrm.net](http://www.aatrm.net)

Web de la Agencia de Evaluación de Tecnología e Investigación Médica, empresa pública adscrita al Servicio Catalán de Salud.

[www.juntadeandalucia.es/salud/orgdep/AETSA/default.htm](http://www.juntadeandalucia.es/salud/orgdep/AETSA/default.htm)

Web de la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía.

[www.euskadi.net/sanidad/osteba](http://www.euskadi.net/sanidad/osteba)

Web de la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias del País Vasco.

[www.canarias.org/funcis](http://www.canarias.org/funcis)

Fundación Canaria de Investigación de la Salud.

[www.diariomedico.com](http://www.diariomedico.com)

Revista médica con información continua sobre medicina y tecnología.

[www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria](http://www.datex-ohmeda.es/aula-bioingenieria)

Revista virtual para los profesionales de la bioingeniería.

[www.hispamed.org](http://www.hispamed.org)

Artículos y enlaces sobre biomedicina y tecnologías de la salud.

[www.mundobiotech.com](http://www.mundobiotech.com)

Información sobre la primera Feria Internacional de Biotecnología, celebrada en Madrid los pasados días 11 y 12 de junio.