

La gestión de la investigación

Manel Balcells Díaz

PID_00148843



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu

Índice

Introducción	5
Objetivos	8
1. Conceptos básicos sobre investigación, innovación y sistemas de innovación	9
1.1. Sistemas de innovación	9
1.1.1. Innovación en las tecnologías de asistencia sanitaria ...	9
1.1.2. La base científico-tecnológica	10
1.2. Fundaciones, redes y cibers	17
1.2.1. Fundaciones hospitalarias en Cataluña	17
1.2.2. Redes en Cataluña	18
1.2.3. Cibers	18
1.3. Parques tecnológicos	18
1.4. Centros tecnológicos	19
1.5. Tecnologías médicas en Cataluña	19
1.5.1. El sector de las tecnologías médicas	20
2. La financiación y la gestión económica de la investigación...	23
2.1. Las políticas de apoyo a la innovación y a la I+D	23
2.2. Principales instrumentos	23
2.3. Las políticas de la ciencia a las políticas de I+D e innovación ...	24
2.4. Políticas de apoyo y sistemas nacionales de innovación	25
2.5. El apoyo financiero	26
2.6. Algunos elementos de reflexión sobre el apoyo financiero a la I+D	27
2.6.1. Problemas con el concepto de I+D precompetitiva	27
2.6.2. Las dificultades para valorar el impacto real de las ayudas	27
2.6.3. Las ayudas, los sectores y los tipos de empresas	27
2.6.4. Los conflictos inevitables	28
3. Los recursos humanos en investigación	29
3.1. Carrera investigadora	29
3.1.1. Etapas de la carrera investigadora	31
3.2. Oferta de posgrado	31
3.3. Programa de incentivación de la incorporación e intensificación de la actividad investigadora	32
3.4. Proyecto ICREA	33
4. Instituto Europeo de Tecnología	34

4.1. Perfil de una candidatura competitiva	34
4.2. Objetivos de la Oficina Técnica de Proyectos KIC-IET	35
5. La transferencia de los resultados de investigación.....	36
5.1. Patentes y contratos de licencia	36
6. La gestión de la investigación en hospitales.....	38
6.1. Fundaciones	38
6.2. Unidades de innovación	39
Bibliografía.....	41

Introducción

El conocimiento y la comprensión de los instrumentos de gestión de la investigación constituyen la finalidad de este crédito en el módulo de los procesos de soporte asistencial.

La investigación en los hospitales de todo nivel representa un proceso angular, junto a la docencia, que es el motor de la innovación.

Hoy en día no se entiende un hospital sin incluir de forma explícita investigación e innovación en su esencia y en su práctica diaria.

Los cambios demográficos, el progresivo envejecimiento de la población y el aumento de la esperanza de vida han generado un intenso debate sobre el futuro y gestión del sector de la salud. El desarrollo futuro de la medicina está relacionado con la revolución genética y la aplicación de los nuevos desarrollos tecnológicos, muy especialmente los que se derivan de la intersección entre las TIC y las ciencias de la vida. Esto nos lleva hacia una medicina más personalizada y basada en la información. Conscientes de la importancia del sector salud en el futuro, las instituciones europeas están apoyando al desarrollo de bioclústers o biorregiones con el objetivo de potenciar las sinergias entre industria, investigación pública y administración, las colaboraciones entre empresas o entre empresas e instituciones de investigación, o las relaciones dentro de la cadena de valor de un mismo sector.

Uno de los temas centrales en los estudios de prospectivas es el futuro del sector de la salud y de cómo este se verá afectado por los adelantos tecnológicos y de las tecnologías de la información y comunicación. Las estadísticas demuestran un aumento importante de la esperanza de vida en los países desarrollados y en el futuro nos enfrentaremos a sociedades envejecidas. Este aumento, aun así, ha de ir acompañado de una mejora en la calidad de vida de las personas. Llegar a anciano y enfermo no es una opción deseable ni esperada. Por eso es lo que se están desarrollando toda una serie de tecnologías para poder prevenir enfermedades y aumentar la cantidad y calidad de vida de los ciudadanos.

Son diversos y numerosos los aspectos que incrementan la demanda de servicios relacionados con la salud en la mayoría de los países desarrollados. Podemos destacar el aumento de la gente mayor y los estilos de vida diferentes que han traído a un incremento de enfermedades crónicas; la demanda de un mejor acceso a los servicios médicos fuera de los hospitales; el desplazamiento de los servicios médicos hacía la casa del paciente; la necesidad de un aumento en eficiencia, individualización y equidad en unos servicios médicos orientados a la calidad pero con recursos financieros limitados, y las dificultades de encontrar y retener personal para la asistencia médica en casa y para el cuida-

do de la gente mayor. Todos estos retos añadirán presión al sistema sanitario –mayoritariamente público– y convertirán los servicios médicos en uno de los sectores que experimentará más cambios en el futuro y con más potencial de crecimiento.

Las presiones de cambio provocarán una reestructuración de los servicios médicos ofrecidos a los ciudadanos. En el futuro, la medicina se personalizará, los adelantos tecnológicos revolucionarán las diferentes dimensiones del sector sanitario y hablaremos de la medicina basada en la información, donde la información estará presente en toda la cadena de valor del sector.

Las empresas biotecnológicas y farmacéuticas, los fabricantes de aparatos médicos y las empresas del sector de las TIC tendrán que ofrecer los nuevos productos y servicios que pedirá el futuro del sector. Aparecerá un mercado mundial muy importante para las empresas tecnológicas relacionadas con el sector sanitario puesto que muchos de los servicios médicos se tendrán que subcontratar a empresas especializadas.

Se está produciendo una transformación progresiva del modelo sanitario hasta evolucionar en un sistema completamente integrado, en cuyo centro está situado el paciente. La integración se llevará a cabo a todos los niveles y entre todos los agentes implicados en la cadena sanitaria: paciente, personal sanitario, administración, industria de tecnología sanitaria, etc. No sólo el paciente será el centro del nuevo sistema, sino que será él mismo el que provoque dicho cambio, a medida que vaya accediendo a los nuevos servicios que se pongan a su alcance.

En primer lugar, el hecho de que el ciudadano adquiera un mayor nivel de protagonismo en el cuidado de su propia salud hará que incremente su demanda de servicios sanitarios, y especialmente la calidad de los mismos. Las mejoras vendrán de la mano de la tecnología, que hará factible optimizar los recursos, aumentar la eficacia y la eficiencia del sistema y reducir al mismo tiempo los costes de funcionamiento –mantenimiento del mismo–, sin que la calidad de los servicios ofrecidos se vea afectada, sino todo lo contrario. Asimismo, el ciudadano verá cómo se materializan distintos avances científicos y desarrollos tecnológicos en la aparición en el mercado de una oferta de productos y servicios que tendrán su efecto principal en una mejora de su calidad de vida. Hablamos de fármacos personalizados, mediante los que se conseguirá una reducción de los efectos secundarios en cualquier tratamiento, dispositivos para el diagnóstico y análisis (*biochips*, biosensores, etc.) que incrementarán el grado de autonomía de pacientes dependientes, etc. Además, las implicaciones de estos desarrollos afectarán enormemente tanto a la industria de tecnología sanitaria como a la industria farmacéutica, de forma que tendrá que reorientar su modelo de negocio hacia uno que le permita producir de manera flexible para ambas, y en lotes más pequeños, específicamente para la industria farma-

cética. Desde el punto de vista de la oferta de los servicios al ciudadano, uno de los aspectos clave para el éxito de la sanidad electrónica va a consistir en la articulación de un sistema de telemedicina eficaz.

Desde el punto de vista del profesional sanitario, las herramientas que éstos demandan y valoran como más interesantes para el desarrollo de su actividad en este ámbito son, principalmente, herramientas orientadas a dar soporte al diagnóstico y a la toma de decisiones y tecnologías avanzadas para su formación: colaboración en red entre profesionales, diagnóstico por imagen, tecnologías 3D para tratamiento y diagnóstico médico o quirúrgico a distancia, etc.

En una sociedad cada vez más envejecida, con ciudadanos más y mejor informados y con un acceso a la tecnología cada vez mayor, es lógico pensar que la demanda de servicios sanitarios vaya aumentando a lo largo de los próximos años. Por esta razón, conseguir hoy una mejora en el acceso a estos servicios sanitarios, así como un incremento de la calidad y efectividad de los mismos, es un factor clave para el éxito de la sanidad del futuro.

A lo largo de los años, la evolución de la asistencia sanitaria se ha ido produciendo al compás de los avances en la medicina, la tecnología y la ciencia en general. Sin embargo, no fue hasta hace relativamente poco tiempo, cuando se le empezó a dar importancia al individuo, como responsable de su salud.

En 1986, la OMS definió el desarrollo de la salud como: "el proceso que permite que las personas ejerzan control sobre determinantes de su salud, para poder mejorarla" considerándose como elementos clave, necesarios para su desarrollo, los siguientes:

- La promoción de la salud como proceso de mejora de la calidad de vida.
- La participación activa de los ciudadanos.

De esta forma, se definió la política sanitaria como un compromiso con la población basado en estrategias como: creación de una política sanitaria saludable, creación de entornos que apoyen la salud, fortalecimiento de la acción comunitaria, desarrollo de habilidades individuales, y reorientación de los servicios sanitarios.

Con el fin de seguir la evolución del sistema, en los últimos años se está utilizando el gasto en sanidad como indicador para medir la calidad/bondad de estos servicios (porcentaje para su PIB).

Objetivos

Al finalizar la asignatura se pretende que el alumno identifique los procedimientos y habilidades críticas necesarias para:

- Disponer de una visión general de las características de las actividades de investigación en el sistema de salud.
- Mejorar su conocimiento sobre el papel estratégico de las actividades de investigación en el sistema de salud.
- Gestionar los procesos de gestión de la investigación en hospitales los instrumentos de protección y transferencia de los resultados de la investigación.

Competencias

1. Técnicas:

- Conocimiento:
 - Mapa investigación biomédica en España
 - Principales fuentes de financiación
 - Instrumentos de valorización
 - Programa de innovación en hospitales
 - Funcionamiento de las unidades de Innovación
 - Gestión de proyectos europeos
 - Conocimiento del Instituto Europeo de Innovación
- Destrezas/Habilidades:
 - Saber integrar la gestión de la investigación en la gestión diaria del hospital.
 - Saber crear unidades de innovación

2. Participativas:

- Valores
 - Integrar el valor de la docencia y la innovación en la práctica hospitalaria como valor añadido

1. Conceptos básicos sobre investigación, innovación y sistemas de innovación

1.1. Sistemas de innovación

1.1.1. Innovación en las tecnologías de asistencia sanitaria

A pesar de que algunas de las nuevas terapias son bastante costosas, la innovación en las diferentes tecnologías en salud humana¹ tiene la capacidad de reducir costes, proveer asistencia sanitaria remota y aumentar la eficacia de esta provisión de asistencia sanitaria para, por ejemplo, impedir exámenes duplicados.

⁽¹⁾Particularmente en lo que se refiere a prevención y cribado.

La integración efectiva de las diferentes aplicaciones de la asistencia sanitaria y los servicios de apoyo podría aumentar la calidad de vida de los ciudadanos al permitir que éstos tengan unas condiciones de vida que les permitan ser independientes y de esta manera hacer que se sientan más integrados en la sociedad. Las tecnologías de asistencia poseen, por ejemplo, la capacidad para ayudar a que las personas mayores puedan permanecer en sus casas por más tiempo, proporcionándoles una mayor seguridad y apoyándoles a ellos y a sus cuidadores intermedios, incluso a pesar de que los ciudadanos europeos mayores constituyen un grupo muy heterogéneo tanto en perfiles y actitudes como en formas de vida.

En el sector de la salud, los consumidores de productos y servicios sanitarios por lo general no son los mismos que tienen que pagar por ellos. En conjunto todas estas influencias contribuyen a aumentar el mismo problema: el éxodo de los sistemas sanitarios actuales. En cualquier caso, un acceso general y equitativo a la asistencia sanitaria no puede implicar un acceso libre e ilimitado a cualquier tipo de tratamiento médico o producto. Cada vez se sabe mejor que existen límites para lo que puede ser financiado de forma colectiva.

Los autocuidados y la autorresponsabilidad deben ser promovidos. Los pacientes tienen derecho al acceso a una información objetiva y de buena calidad sobre los medicamentos que toman y deben tener la posibilidad de poder decidir en cuanto a sus tratamientos. Los pacientes no pueden tener preferencias objetivas a menos que tengan información suficiente y apropiada sobre los tratamientos relevantes y las diferentes opciones junto con los posibles beneficios y riesgos de cada uno de ellos. Esto requerirá un esfuerzo coordinado que abarcará a un amplio abanico de agentes.

1.1.2. La base científico-tecnológica

Las diferentes tecnologías de asistencia sanitaria ganarán importancia de forma global, incluso aunque su posible aplicación siga siendo distinta en los diferentes países, puesto que la inversión en asistencia sanitaria continúa siendo competencia de cada país. El progreso técnico del sector de la salud hará posible nuevos tratamientos o tratamientos mejores que los tradicionales, pero al mismo tiempo serán tratamientos más costosos. Los grupos de aplicaciones dominantes con un mayor grado de desarrollo son las tecnologías de la información y comunicación (TIC), las nanotecnologías, las tecnologías de materiales, la genética y la biotecnología y por último, las tecnologías de la energía. Se espera un aumento en la convergencia entre nano y biotecnología, entre la tecnología de la información y las ciencias cognitivas, con las consecuentes aplicaciones y oportunidades en el sector de la salud, por ejemplo en neurociencia o en enfermedades cardiovasculares.

Los avances tecnológicos con un mayor potencial de aplicabilidad en el sector de la asistencia sanitaria (particularmente en el diagnóstico y tratamiento) han sido identificados en las siguientes áreas:

- Farmacogenómica
- Terapia génica
- Diagnóstico genético
- Células madre
- Telecuidados, telemedicina y e-salud
- Bioinformática
- Cirugía mínimamente invasiva
- Aplicaciones de la nanotecnología a la medicina
- Medicina regenerativa
- Órganos artificiales y bioartificiales
- Ingeniería de tejidos

Farmacogenómica

La farmacogenómica es el estudio de la relación entre la genética humana y la actividad farmacéutica. En términos sencillos, los medicamentos no tienen los mismos efectos en todos los pacientes. La dotación genética del paciente es un factor clave en las variaciones de los efectos de un mismo medicamento. El aumento en el conocimiento del genoma humano proporcionará información sobre las diferencias individuales para metabolizar medicamentos.

Terapia génica

La terapia génica es un método potencial para el tratamiento de desórdenes genéticos mediante la liberación de un gen "activo" en un *locus* concreto para una proteína defectuosa. Este gen externo expresa una proteína que adopta el

papel de la proteína que falta debido a un desorden genético. Las ventajas de este proceso son la liberación local de proteínas en un tejido específico y la naturaleza de la liberación.

La terapia génica ha sido definida como "la corrección o prevención de enfermedades a través de la adición o expresión de material genético que reconstituye o corrige funciones genéticas aberrantes o deficitarias, o que interfiere con los procesos causantes de enfermedades".

El diagnóstico genético y la terapia génica tendrán gran importancia en el futuro. Varios de los estudios examinados coinciden en el hecho de que para el período de tiempo comprendido entre los próximos 5-20 años las enfermedades provocadas por un único gen serán diagnosticadas y podrán ser tratadas con la ayuda de la terapia génica y que el diagnóstico genético será muy utilizado para conocer la predisposición a determinadas enfermedades. Las implicaciones éticas asociadas a estas aproximaciones son mencionadas específicamente. Se supone que el uso del diagnóstico genético y de los métodos de terapia génica contribuirá a hacer posibles algunas aproximaciones terapéuticas novedosas por la modificación genética de receptores, canales iónicos, enzimas u otras proteínas implicadas en la transmisión de señales intracelulares.

Diagnóstico genético

El *diagnóstico genético* es el término genérico para un número de técnicas de diagnóstico que están relacionadas con la detección y predicción de enfermedades congénitas y hereditarias con los posibles tratamientos para ellas. Dichas enfermedades son el resultado de anomalías cromosómicas, que pueden ser visualizadas por microscopía convencional, o son el resultado de mutaciones en el ADN². El desarrollo del diagnóstico mediante ADN puede abordar el diagnóstico de enfermedades multifactoriales, que son el resultado de interacciones complejas entre la predisposición genética a padecer una determinada enfermedad y algunos factores ambientales (en la mayoría de los casos desconocidos). El impacto futuro y la importancia del diagnóstico genético vendrán determinados por las políticas y descubrimientos del Proyecto del Genoma Humano (HGP).

⁽²⁾Base química de la herencia.

Células madre

Las células madre son las "células primordiales" de los seres humanos y tienen la capacidad de diferenciarse en otros tipos de células. En la actualidad, está asumido que las células madre procedentes de embriones humanos tiene un gran potencial. En cualquier caso, existe una evidencia creciente de que las células madre adultas, por ejemplo las que proceden del cordón umbilical o de tejidos completamente desarrollados, podrían mostrar una potencialidad similar a la potencialidad de las células madre de células embrionarias, si son convenientemente tratadas. La atención nacional e internacional se ha cen-

trado en células madre embrionarias. La mayor preocupación es si el desarrollo de nuevos tratamientos médicos puede justificar las cuestiones éticas relacionadas con el aislamiento de células madre procedentes de embriones.

Telecuidados, telemedicina y e-salud

Los telecuidados y la telemedicina consisten en un conjunto de tecnologías basadas en las TIC. Conllevan un trabajo mejorado entre agentes en salud y asistencias sociales al permitir la recopilación, la gestión y la transferencia de información de manera oportuna. Los telecuidados y la telemedicina son los dos componentes de la e-salud.

La e-salud se describe aquí como el uso combinado de la comunicación electrónica y de las tecnologías de la información en el sector sanitario. Es una amplia colección de actividades basadas en las TIC que están transformando la provisión de asistencias sanitarias (telecuidados y telemedicina son ambos componentes de la e-salud). La e-salud hace uso de los datos digitales, los transmite, los almacena y los recupera de forma electrónica, con propósitos clínicos, educativos y administrativos tanto a distancia como localmente.

Telecuidados

Atención sanitaria y social proporcionada a distancia mediante el uso de las TIC, generalmente para personas que se encuentran en sus propias casas o en parajes remotos.

Telemedicina

Uso de las TIC para la práctica de la medicina a distancia ayudando a los trabajadores del sector de la salud a comunicarse entre ellos con una mayor efectividad.

Bioinformática

Se esperan grandes avances en bioinformática (en combinación con la genómica funcional) para los próximos 5 o 10 años, en todo aquello relacionado con una mayor comprensión de las funciones de genes y proteínas. Se piensa que un mayor desarrollo del software permitirá explorar nuevas funciones proteicas y crear nuevas bases de datos de secuencias de proteínas. Estarán disponibles nuevos métodos para descodificar la información proveniente del ADN. También se espera desarrollar nuevos métodos más rápidos y baratos para analizar genomas completos, incluyendo polimorfismos de un solo nucleótido (SNP), desarrollando de esta forma terapias individualizadas. En esencia, se asume que la bioinformática tendrá una importancia crucial en el procesamiento y uso de grandes cantidades de datos que proceden de la proteómica y de la genómica funcional. En este contexto, aumentará el uso del cribado de alto rendimiento (*high-throughput-screening*). También se piensa que la bioinformática en un futuro, jugará un papel muy importante en la simulación de interacciones moleculares. Para ello se utilizarán los datos estructurales procedentes de análisis mediante RMN o cristalografía de rayos-x.

Cirugía mínimamente invasiva

La cirugía mínimamente invasiva es un campo que ha ganado atención desde mediados de los años ochenta. La razón por la que esto ha sucedido así es porque se trata de un área que ha crecido rápidamente, ya que reduce de forma sustancial las molestias a los pacientes. En parte este crecimiento se ha alimentado de cambios técnicos, pero también ha venido dado en la mayoría de los casos por el desarrollo de nuevas tecnologías más avanzadas, especialmente

en el caso de las endoscopias, de los catéteres vasculares y de los dispositivos para la imagen médica. Se espera que la demanda de cirugía mínimamente invasiva aumente con el envejecimiento de la población.

Las tendencias en el desarrollo de la medicina regenerativa están cambiando, pasando de un mayor énfasis en el reemplazo de tejidos hacia métodos biológicos destinados a la reparación y la regeneración de tejidos. Esta tendencia también muestra un movimiento hacia las intervenciones quirúrgicas menos invasivas. También hay un incremento en el desarrollo de dispositivos neurotecnológicos regeneradores, prótesis controladas por la mente y dispositivos para reducir el sufrimiento producido por parálisis. Estos descubrimientos han empezado a difuminar los límites entre "humanos" y "máquinas".

Las endoscopias especializadas aportan nuevas posibilidades: cortes y cicatrices más pequeñas, menos molestias post-operatorias, menores tiempos de estancia en el hospital; la cirugía mínimamente invasiva supone menos estrés para el paciente que la cirugía tradicional. Para los próximos años se espera la puesta en marcha de forma habitual de sensores en la superficie corporal para medir de forma no invasiva el azúcar en sangre.

Para un futuro más lejano se espera poner en marcha medidas terapéuticas que mejoren el tratamiento sintomático de la diabetes. Se piensa, por ejemplo, que el desarrollo de una terapia génica específica para la diabetes se producirá alrededor del año 2017.

Las técnicas de imagen médica tales como la imagen por resonancia magnética o la tomografía computerizada se utilizan ya de forma rutinaria en los hospitales. Gracias a estas técnicas es posible visualizar el interior del cuerpo desde el exterior y formar imágenes tridimensionales de órganos. En el futuro, su uso en el diagnóstico se extenderá aún más. Una tendencia importante es el diseño de escáneres cada vez más pequeños con costes y necesidades operativas menores.

Estarán disponibles imanes más pequeños y baratos para su uso en ortopedia, neurología y mamografías. La neurografía por resonancia magnética (MRN) puede identificar daños en nervios periféricos mediante la detección del incremento de señales en puntos en los que se localice el trauma. También puede mostrar procesos regenerativos o degenerativos de nervios periféricos, siendo la primera modalidad de imagen médica capaz de realizar algo así. La introducción de imágenes multicapa, con 3 mm de resolución, y resolución tridimensional ha revolucionado este campo y ha conseguido realizar imágenes de todo el organismo. Éste es uno de los logros más interesantes para el diagnóstico de metástasis y de cáncer recurrente. En el cáncer recurrente de cabeza y cuello, áreas con grandes dificultades para los métodos tradicionales, la tomografía por emisión de positrones (PET) ha mostrado una gran precisión de más de un 95% de aciertos en casos de enfermedades recurrentes. La tomografía por emisión de positrones de cuerpo completo será la forma de diagnosticar

cáncer menos costosa, más rápida, disponible de forma generalizada y la más precisa y rápida en el sentido de la detección de cáncer que se ha extendido o es recurrente.

El movimiento hacia la cirugía mínimamente invasiva ha potenciado la proliferación de centros quirúrgicos ambulatorios. La consecuente reducción del volumen de procedimientos quirúrgicos ha llevado consigo una reducción remarkable en el tiempo de espera y en los costes de atención sanitaria. La cirugía estética y la cultura de la belleza aumentarán y las nuevas oportunidades de tecnología genética serán accesibles.

El entrenamiento en las técnicas de cirugía mínimamente invasiva ayudará a los cirujanos a aprender cómo llevar a cabo intervenciones mínimamente invasivas más rápidas y seguras. En estas técnicas de cirugía, los cirujanos utilizan instrumentos miniaturizados tales como endoscopios, lo que hace que no sea necesario realizar grandes incisiones en el organismo. Para el paciente esto se traduce en postoperatorios más sencillos, con menos molestias y una curación más rápida, para el cirujano supone dificultades adicionales. En este sentido, los robots son superiores a los humanos y por ello han entrado ya en muchos hospitales. Los robots pueden asistir al personal médico en muchas ocasiones durante la cirugía mínimamente invasiva.

Aplicaciones de la nanotecnología en la medicina

Las aplicaciones nanobiotecnológicas en el área médica son uno de los campos más prometedores. En el área de la liberación de fármacos algunos productos han alcanzado ya el mercado, como por ejemplo liposomas, nanocristales y proteínas PEGiladas. El uso de las nanopartículas podría incrementar la solubilidad de algunos medicamentos y podría suponer la liberación de los fármacos en tejidos específicos con la destrucción exclusiva de aquellos dañados. Los recubrimientos de superficies nanoestructurados podrían aumentar la biocompatibilidad de los implantes. Otra aplicación futura es el desarrollo de nanodispositivos de diagnóstico, que podrían implantarse como sensores para el diagnóstico y la detección temprana de enfermedades. En la actualidad la tecnología de *biochips* disponible se encuentra dentro de la escala de los micrómetros pero se espera que los *nanoarrays* y los dispositivos *lab-on-a-chip* se desarrollen en un período de tiempo cercano.

Medicina regenerativa

La medicina regenerativa alberga grandes posibilidades para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. El uso práctico de la terapia celular, incluyendo células madre para el Parkinson, para la esclerosis múltiple, para el Alzheimer, para enfermedades de la médula espinal, se espera tenga lugar en los próximos diez años.

En el caso del Parkinson, se espera que se efectúen los primeros ensayos clínicos utilizando terapia celular en los próximos diez años.

Algunos estudios muestran las últimas tendencias hacia el uso de la medicina regenerativa para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. En este sentido, cuatro de los cinco informes consultados están de acuerdo en el hecho de que varios métodos de terapia celular diferentes³ serán utilizados para tratar tejidos cardíacos enfermos, por ejemplo, después de sufrir un ataque al corazón. En cualquier caso, existen diferentes opiniones con relación a la fecha en la que todo esto será llevado a cabo: el rango de tiempo va del 2010 al 2018.

⁽³⁾Alotrasplantes, uso de células madre autogénicas.

Al desarrollo de neuroimplantes y de miembros artificiales se le concede un período de tiempo similar. En este campo, las expectativas se extienden a la consecución de sistemas con funciones cerebrales, por ejemplo, un oído interno artificial, una retina artificial, dispositivos que permitan el movimiento controlado de grupos musculares tras sufrir una paraplejía o una apoplejía. En principio, se espera llegar a comprender los mecanismos causantes de enfermedades como el Alzheimer o el Parkinson como paso previo para el desarrollo de terapias novedosas. No obstante, el período de tiempo que se piensa que es necesario para conseguir todos estos logros varía de unas fuentes a otras, yendo de los cinco hasta los veinte próximos años. Se cree que, de aquí a diez años, se encontrará disponible de forma rutinaria un tratamiento para las enfermedades causadas por priones. Para la localización selectiva de fármacos es necesario un período de tiempo similar. El desarrollo de tratamientos para apoplejías que aúne conceptos genéticos, ambientales o de estilos de vida, se encuentra más lejano en el tiempo.

Órganos artificiales y bioartificiales

Una tendencia generalizada es el desarrollo de sistemas biológicos con diferentes niveles de complejidad: desde órganos artificiales completos para ser implantados hasta el crecimiento de células artificiales. El desarrollo de implantes de cóclea, retinas artificiales o piernas artificiales se espera que tenga lugar en los próximos diez años. Otras aplicaciones, tales como el desarrollo de órganos capaces de respirar, placentas artificiales o incluso el desarrollo de tejidos musculares artificiales, la sangre sintética o células artificiales, se piensa que necesitarán unos 15-20 años para poder llevarse a cabo.

Habrà un incremento en el uso de órganos artificiales que estén compuestos por células y tejidos humanos. Los materiales multifuncionales posibilitarán el suministro de alimentos a estas células y, al mismo tiempo, su protección frente a los ataques del sistema inmune. Para conseguir este tipo de órganos bioartificiales se requerirán otros quince años más.

Un objetivo más lejano es la unión entre las IT y los tejidos biológicos. De esta manera, de acuerdo con las predicciones, en un período de tiempo de diez años se conseguirá la conexión de los órganos artificiales con el tejido nervioso

y el cerebro. En 15 años, se piensa que los biosensores coordinarán la actividad de los órganos artificiales implantados, haciendo posible el control basado en tecnología informática, independiente del sistema nervioso. En cualquier caso el desarrollo de la inteligencia artificial de los circuitos a las células vivas permanece en un futuro lejano.

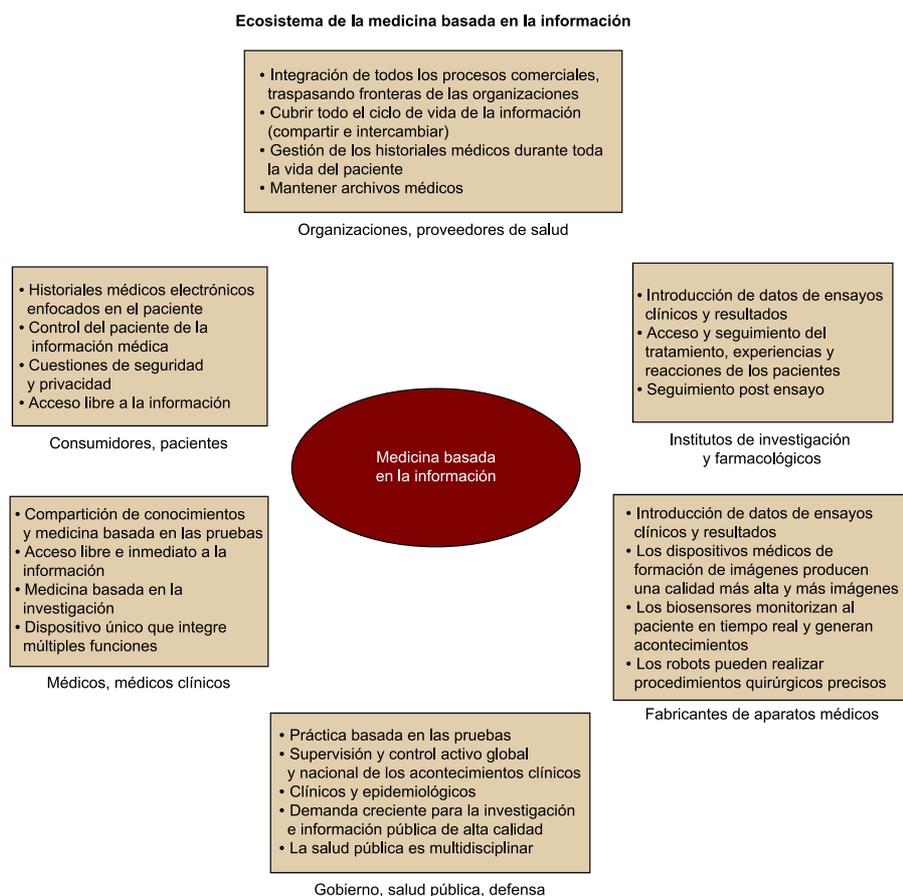
Ingeniería de tejidos

Se cree que el cultivo de células diferenciadas en el marco de la ingeniería de tejidos producirá grandes avances. Se piensa que en diez o quince años será posible utilizar células vivas en división de un paciente para cultivarlas en un soporte artificial y crear de esta forma un nuevo tejido. Aquí los sistemas matrices son biológicamente "inteligentes" y lo más biocompatibles posibles. En cualquier caso, la ingeniería de tejidos se convertirá en una alternativa realista para los trasplantes o para el desarrollo de órganos artificiales en un tiempo aproximado de veinte años.

Diseño racional de medicamentos

El diseño racional de fármacos es el desarrollo de nuevas entidades químicas o moleculares en función de la estructura física o de la composición química de una diana determinada –un receptor molecular o una enzima– y el diseño de medicamentos capaces de unirse a esas moléculas, activándolas o inactivándolas. Los diseñadores de fármacos usan la química y la física para identificar características de un agente específico que inicia una patología; una vez que se identifica una cadena de eventos, los diseñadores intentan participar en un punto concreto con un método específico.

En el siguiente gráfico se adjunta el ecosistema de la medicina basada en la información donde reflejamos la complejidad de *stakeholders* que participan en el propio proceso sanitario.



1.2. Fundaciones, redes y cibers

Hacemos en este apartado un repaso de cuáles son los instrumentos de investigación e innovación en general en el Estado español y un listado exhaustivo de los recursos en Cataluña con sus enlaces para su mayor conocimiento si procede.

1.2.1. Fundaciones hospitalarias en Cataluña

Uno de los pilares más importantes y diferenciales de la biomedicina catalana respecto a otros clústers biotecnológicos y biomédicos internacionales es la actividad desarrollada en las fundaciones e institutos de investigación de los hospitales destinada a mejorar la investigación sanitaria en Cataluña.

- Fundació Institut de Recerca de l'Hospital Universitari Vall d'Hebron
- Institut d'Investigació Biomèdica de Bellvitge
- Institut d'Investigació en Ciències de la Salut Germans Trias i Pujol
- Fundació Institut d'Investigació Biomèdica de Girona Doctor Josep Trueta
- Fundació de Recerca Biomèdica Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII
- Institut de Recerca Biomèdica de Lleida
- Institut d'Investigació en Atenció Primària Jordi Gol
- Institut de Recerca de l'Hospital de la Santa Creu i Sant Pau

- Institut d'Investigacions Biomèdiques August Pi i Sunyer

1.2.2. Redes en Cataluña

Dentro del programa de soporte a la investigación del Plan de investigación e innovación (PRI), se han llevado a cabo un conjunto de actuaciones para favorecer el establecimiento de redes de colaboración entre los grupos con objetivos comunes y potenciar la interdisciplinar y la multidisciplinar. Estas actuaciones pretenden impulsar la colaboración entre los grupos de diversas instituciones, aumentar la capacidad de elaborar y proponer grandes proyectos de investigación e innovación, incrementar la masa crítica de investigadores, la optimización de las infraestructuras y los equipamientos de I+D+i existentes en Cataluña y rentabilizar las inversiones de I+D+i.

1.2.3. Cibers

Organismo de investigación, dotado de personalidad jurídica propia, que tiene como misión la investigación monográfica sobre una enfermedad o problema de salud concreto definido de una forma amplia. Está integrado por grupos de investigación, sin contigüidad física, pertenecientes a diferentes administraciones, instituciones y comunidades, del sector público o privado, con líneas y objetivos de investigación centrados en un área específica común y coordinándose con otros grupos para la consecución de unos objetivos científicos que difícilmente podrían plantearse en un contexto de ejecución más restringido.

Los primeros 9 CIBER aprobados en 2006 y 2007 por el ISCIII cuentan con 314 grupos, integrados por 2.773 científicos.

- CIBERBBN. Bioingeniería, biomateriales y nanomedicina
- CIBERESP. Epidemiología y salud pública
- CIBEROBN. Fisiopatología de la obesidad y nutrición
- CIBEREHD. Enfermedades hepáticas y digestivas
- CIBERNED. Enfermedades neurodegenerativas
- CIBERES. Enfermedades respiratorias www.ciberes.org
- CIBERER. Enfermedades raras www.ciberer.es
- CIBERSAM. Salud mental www.cibersam.net
- CIBERDEM. Diabetes y enfermedades metabólicas asociadas

1.3. Parques tecnológicos

La red de Parques científicos y tecnológicos de Cataluña (XPCAT) agrupa 10 espacios de producción, transferencia, difusión y uso del conocimiento, actúa de punto de contacto entre las comunidades investigadora e innovadora. Esta red integra grupos y centros de investigación universitarios, empresas e institutos de investigación y se crean nuevas empresas basadas en el conocimiento

con el objetivo de crear valor en sus actividades. Para conseguirlo, encontramos un gran número de personas que desarrollan actividades de investigación e innovación en un amplio abanico de líneas de trabajo.

- Parque científico de Barcelona
- Parque científico y tecnológico agroalimentario de Lérida
- Parque científico y tecnológico de la Universidad de Girona
- Parque tecnológico de Tarragona
- Parque de investigación biomédica de Barcelona (PRBB)
- Parque de investigación UAB
- Parque de Innovación La Salle
- Parque de investigación en innovación de la UPC (Parque UPC)
- Parque tecnológico del Vallès, S. A.
- TecnoCampus Mataró-Maresme (TCM)
- Tecnoparque, Parque tecnológico del campo
- 22@Barcelona
- Parque tecnológico Barcelona Norte (Barcelona Activa)

1.4. Centros tecnológicos

La red que aglutina los principales centros y agentes de transferencia tecnológica de Cataluña es la red TECNIO con el objetivo de acercarlos a la empresa y favorecer la competitividad y la protección internacional del tejido empresarial catalán. Está impulsada por ACCIÓ y nace con dos misiones:

- Consolidar y potenciar el modelo de transferencia tecnológica para generar un mercado tecnológico catalán que aporte competitividad a la empresa.
- Dotar de tecnología a las empresas para aportar valor añadido a sus proyectos y ser un trampolín de proyección exterior para las mismas.

1.5. Tecnologías médicas en Cataluña

El **producto sanitario**⁴ (*medical device*) es cualquier instrumento, dispositivo, equipo, programa informático, material u otro artículo, utilizado solo o en combinación, junto con cualquier accesorio, incluidos los programas informáticos destinados por su fabricante en finalidades específicas de diagnóstico y/o terapia y que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con la finalidad de:

- diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad;
- diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia;
- investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico, y

⁽⁴⁾Definición según la Directiva de las Comunidades Europeas relativa a productos sanitarios (2007/47CE):

- regulación de la concepción.

Y que no ejerza la acción principal que se desea obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos

1.5.1. El sector de las tecnologías médicas

Se prevé que el gasto sanitario mundial aumente un 10% en los próximos 5 años con una industria dinámica basada en la innovación y en la capacidad de generar nuevos productos y con una tasa de crecimiento anual del 5%.

En Estados Unidos la inversión en investigación (gastos+D/ventas) es de 11% y en Europa del 7% con unas ventas totales de:

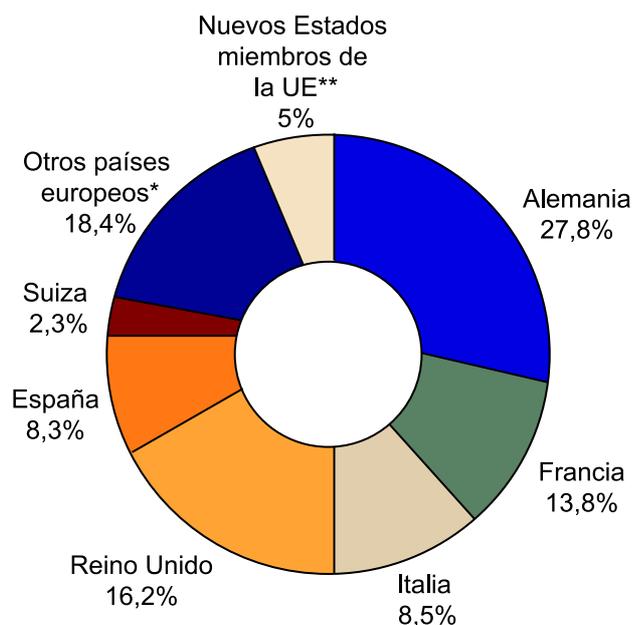
- EUA – 98,0 billones de euros
- EUR – 72,6 billones de euros
- Japón – 23,1 billones de euros
- China – 3,7 billones de euros
- Brasil – 3.0 billones de euros

El sector de tecnología sanitaria es predominantemente norteamericano, cerca del 60% de los productos consumidos mundialmente son productos producidos por compañías de Estados Unidos con más de 20.000 compañías de tecnología sanitaria registradas en el mundo (según la FDA). No obstante la gran mayoría tienen ingresos menores a 5 millones de dólares.

En Europa en el 2006 tuvieron un volumen de ingresos de 63,6 billones y es un tercio del mercado global de las tecnologías médicas, el segundo mercado en importancia después de los EE. UU. Ocupan 435.000 puestos de trabajo y generan el 6,8% del total del gasto sanitario (= 0,55% del PIB) con 11.000 empresas, 80% PYMES. Alemania, Irlanda, Francia y el Reino Unido son los mayores exportadores de tecnologías médicas.

En el Estado español hay unas 1.700 empresas, de las cuales 950 son fabricantes de tecnología sanitaria con una facturación en exportación en torno a los 6.000 millones de euros (78% público – 22% privado). Más de 350 empresas exportadoras que mueven unos 1.500 millones de euros y 3.700 millones de euros de importación y con más de 30.000 empleados en el sector.

Respecto a Europa, el Estado español representa el 8,3% del mercado europeo de tecnologías médicas.



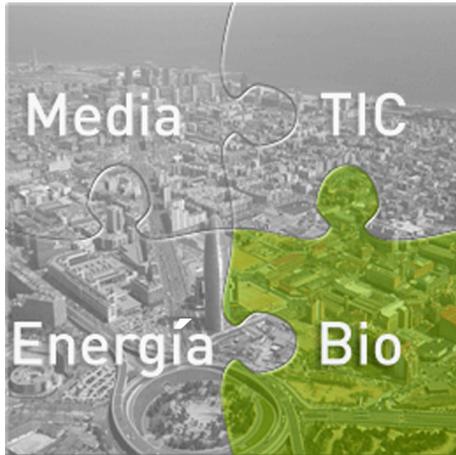
Porcentaje del total de ventas de tecnología médica en Europa European Medical Technology Sales (72,6 billones €)
 * Finlandia, Suecia, Dinamarca, Noruega, Holanda, Bélgica, Luxemburgo, Portugal, Austria, Grecia, Irlanda
 ** Estonia, Lituania, Polonia, República Checa, Eslovaquia, Hungría, Eslovenia, Malta, Chipre, Bulgaria, Rumanía

El 80% son pequeñas y medianas empresas con una amplia gama de productos ofertados, más de 400.000 productos sanitarios agrupados en 10.000 familias (según datos de GMDN). Con un corto ciclo de vida del producto y periodo de recuperación de la inversión. Un alto coste de distribución de los productos y de formación de los usuarios. La estabilidad del sector tiene una edad media de vida en torno a los 20 años y la gran concentración empresarial está en Cataluña y en la Comunidad de Madrid.

Su principal cliente son las administraciones públicas sanitarias con adaptación a 17 servicios de salud diferentes.

En Cataluña las tecnologías médicas son una apuesta estratégica al ser un sector fragmentado pero emergente con gran capacidad de crecimiento empresarial y creador de riqueza, motor de innovación y con nuevas oportunidades de negocio. Cuenta con una investigación de primer nivel internacional y capaz de sostener el desarrollo de un tejido empresarial local potente de empresas no necesariamente grandes.

Ejemplo



Como ejemplo de sede de empresas de tecnologías médicas en Cataluña tenemos a 22@Barcelona:

- **Empresas:** Gaes, Matachana...
- **Instituciones:** IBEC, ACCIÓ, Biocat
- **Espacios específicos/Incubadora/Espacios de divulgación:** Health Building
- **Universidades:** UB, UPC, UPF
- **Centros tecnológicos:** IBEC
- **Residencia:** Zamora-Almogàvers y Btec

Cataluña tiene una base de empresas de distinta tipología con estructuras comparables a otros países europeos. Con 200 empresas, 5.000 puestos de trabajo y con un volumen de negocio de 1.200 millones de euros, Cataluña concentra el 40% del sector en España y un 90% está en el área metropolitana de Barcelona, con presencia local de empresas multinacionales muy importantes que pueden tener un efecto de anclaje del tejido empresarial. También existen patronales organizadas como Fenin Secartys o Aetic.

Resumiendo, las tecnologías médicas en Cataluña tienen el apoyo institucional, la demanda sofisticada, personal cualificado y una localización atractiva. Con centros sanitarios avanzados, incluyendo los 6 hospitales de mayor producción científica de España por número de publicaciones. Centros de investigación de prestigio mundial. El IBEC y sus grupos asociados del CREB y del CBEN llevan a cabo el 90% de la investigación universitaria TecMed en Cataluña, y trabajan con un gran número de empresas del sector y hospitales. Los profesores de la UPC y la UB imparten el único máster de Ingeniería biomédica en todo el Estado español.

2. La financiación y la gestión económica de la investigación

2.1. Las políticas de apoyo a la innovación y a la I+D

La asignación de recursos en actividades de I+D comporta niveles de incertidumbre superiores a los de cualquier otra actividad productiva. A causa de esta incertidumbre la organización que invierte en I+D asume cierto riesgo importante. En el modelo lineal se evoluciona de la I+D básica a la aplicada y al desarrollo tecnológico y de la I+D radical a la I+D incremental. La organización tenderá a desplazar sus actividades a niveles de riesgo más pequeños, es decir, que existirá una diferencia a favor de la I+D aplicada, del desarrollo tecnológico y de la I+D incremental.

Después de un proceso más o menos costoso se ha obtenido un nuevo *output*, pero el coste de producción y transmisión de este conocimiento es en la mayoría de los casos insignificante. A falta de un sistema de protección legal, o cuando este exista pero su vulnerabilidad sea muy alta, el productor de los nuevos conocimientos tendrá muchas dificultades para apropiarse su rentabilidad a través de la venta en el mercado.

De todas maneras, la intervención del sector público no elimina la incertidumbre, y las patentes no pueden hacer apropiable una mercadería tan intangible como la información.

2.2. Principales instrumentos

El caso del apoyo más directo en las empresas se puede resumir en cuatro términos: apoyo técnico, apoyo financiero, apoyo en información y ayudas fiscales.

Las ayudas fiscales suelen consistir en desgravaciones relacionadas con los gastos o con las inversiones relacionadas con la I+D o ensayos y homologaciones para las empresas, especialmente las pymes.

Los principales instrumentos de política científica y tecnológica son:

- Tareas de coordinación y programación de las actividades entre los agentes del sistema de ciencia y tecnología.
- Tareas de investigación, tratamiento y difusión de información de interés para los agentes del sistema de ciencia y tecnología.
- Coordinación y fomento de participación de organizaciones del país en programas internacionales.

- Ayudas financieras de formación y reciclaje del personal investigador.
- Participación directa en actividades de I+D (centros públicos, universidades, centros de apoyo).
- Ayudas financieras directas a empresas: subvenciones, créditos privilegiados, capital riesgo.
- Ayudas fiscales a empresas.
- Sistema de patentes y otras normas de protección legal para los resultados de la I+D.

2.3. Las políticas de la ciencia a las políticas de I+D e innovación

Distintos estudios mostraron que el problema de la innovación no estaba simplemente en la importancia de las inversiones en I+D, sino en una gestión de las estructuras universitarias e industriales basada en el modelo del empresario-emprendedor.

Entre las características destacables de esta evolución hay que mencionar las siguientes⁵: la preocupación estaba en integrar la investigación fundamental en el conjunto del sistema de investigación; actualmente, el interés se centra en integrar las actividades científicas y técnicas en el conjunto de la economía; antes preocupaba el papel que debía tener el Estado en el apoyo a la investigación fundamental, hoy en día nos preguntamos en qué condiciones y hasta dónde puede ir el papel del Estado en la estimulación de las innovaciones técnicas.

⁽⁵⁾Salomón (1988).

La política científica tenía por objetivo crear las bases científicas y técnicas del crecimiento económico, o sea, ponía en juego actores, instituciones y unos problemas que comportan medidas que conciernen a la política científica. Una política de innovación comprende un abanico de actores mucho más amplio, que va desde la industria al sistema bancario, a la formación profesional e, incluso, a la cultura técnica.

El desplazamiento hacia la innovación industrial de las políticas de la innovación permite hacer frente no solo a las consecuencias de la crisis, sino también a las transformaciones provocadas por las nuevas tecnologías. Los productos y procesos resultantes de estas nuevas tecnologías definen nuevos modos de producción y consumo, se propagan en todos los sectores de la vida económica y social y se desarrollan en empresas flexibles y descentralizadas, capaces de adaptarse rápidamente en el mercado.

Las innovaciones no tienen por objetivo principal los bienes de equipo pesado, sino los bienes de producción relacionados con la información, con los materiales compuestos y con la ingeniería genética. Las características de este sistema se pueden resumir de la siguiente manera:

- Mayor complejidad de concepción
- Relaciones más estrechas con las instituciones científicas

- Localización más diversificada de la producción
- Mayor autonomía de utilización.
- Proceso más rápido de mundialización

Se puede hablar de una evolución de las actividades de I+D y de transferencia de tecnología hacia un nuevo paradigma. Algunos autores destacan entre los rasgos más característicos del paradigma los siguientes:

- un mayor protagonismo de las actividades de difusión de tecnologías delante de las actividades de generación,
- la interactividad del proceso,
- su acumulatividad,
- la importancia de los procesos de aprendizaje, y
- su complejidad.

2.4. Políticas de apoyo y sistemas nacionales de innovación

Al hablar de sistemas nacionales de innovación tendemos a centrarnos en las instituciones y mecanismos de apoyo más directamente relacionados con la innovación. El sistema está formado por un conjunto de actores que tienen por objetivo la producción y la difusión de ciencia y tecnología en el interior del espacio nacional: empresas, públicas y privadas, pequeñas y grandes, universidades, hospitales y centros públicos. El concepto de sistema nacional de innovación es útil en la medida en que se ocupa de inversiones y actividades referidas a los procesos de aprendizaje tecnológico de los países. Los actores establecen un conjunto de vínculos y flujos muy diversos y numerosos entre sí: financieros, legales, tecnológicos, sociales, de información...

Los actores relacionados de forma directa o indirecta con las políticas de apoyo pueden ser muy variados: universidades, centros de investigación, centros de servicios técnicos, asociaciones de investigación, parques tecnológicos, agencias gubernamentales...

Las políticas de apoyo se han ajustado a la evolución de la percepción del proceso de la innovación; desde una perspectiva más sistemática e interactiva, las acciones son mucho más variadas: hacer de catalizador, ayudar a crear redes, estimular la demanda de tecnologías, acciones de difusión, etc.

Con frecuencia se trata de iniciativas mixtas entre la Administración y asociaciones sectoriales que hacen posible la existencia de unas infraestructuras de apoyo en la investigación (y en los procesos de información) que una empresa por sí sola difícilmente podría tener. Las acciones para potenciar las relaciones entre las universidades y las empresas también se sitúan claramente

en el ámbito regional. Otra característica es el aumento de los esfuerzos para dar apoyo a las pymes para que incorporen nuevas tecnologías y puedan ser competitivas.

Los gobiernos regionales han ido organizando su actuación de apoyo a las actividades de I+D e innovación de las empresas en tres niveles: un nivel estratégico, uno de apoyo general y otro de apoyo específico. En el primer grupo se sitúan las acciones de imagen y de promoción de la región como una zona de nivel tecnológico, y también los esfuerzos de coordinación general de los servicios de apoyo existentes. En un segundo bloque pueden agruparse las actuaciones que pueden ser de utilidad para la gran mayoría de las empresas: información, centros técnicos "horizontales", asesoramiento, programas de difusión de tecnologías, etc. Finalmente, en un tercer nivel los gobiernos pueden apostar por algunos *clusters* considerados estratégicos y poner en marcha planes de apoyo para ellos.

2.5. El apoyo financiero

Han aparecido en todas partes programas de apoyo fundamentados en las subvenciones y créditos de todo tipo. En general, en Europa se han cantado las excelencias de la investigación en cooperación y, por tanto, los gobiernos han otorgado subvenciones, siempre que se trate de investigación "precompetitiva".

Si se trata de actividades lejos del mercado, es tolerable dar subvenciones. En actividades de investigación básica o aplicada se entiende que existe riesgo e incertidumbre y, que por tanto, es razonable dar apoyo. En cambio, si se trata de actividades más claramente orientadas en el mercado, el instrumento por excelencia es el préstamo. El gobierno da un crédito en un tipo de interés inferior al del mercado, que la empresa le devolverá cuando venda el producto. Se trata de los denominados créditos privilegiados. Esta utilización del crédito permite evitar las acusaciones de vulneración de las reglas de la libre competencia.

Existen distintas variantes y fórmulas de apoyo financiero. Por ejemplo, si se trata de subvencionar una investigación contratada en centros de investigación o laboratorios públicos o semipúblicos, a menudo la subvención no es a la empresa sino al centro que desarrollará una actividad de I+D para una empresa o un grupo de empresas; por tanto, se está incentivando la empresa para que utilice unas determinadas infraestructuras de investigación. También existen las ayudas a la creación de empresas situadas en el sector de la alta tecnología; en este caso se trata de ayudarles en su fase de planificación y puesta en marcha subvencionando estudios de viabilidad y otras actividades de lanzamiento.

El tema de la creación de empresas en sectores innovadores nos lleva al capital de riesgo. Aportando fondos o actuando como avalistas, algunos gobiernos han potenciado este tipo de actividad como un mecanismo para favorecer el nacimiento de empresas en sectores punteros. En este caso, el apoyo es a través de una participación en el capital de la empresa.

El modelo económico ha privilegiado otros instrumentos y no ha creado las condiciones para que el capital de riesgo se extienda. Existen iniciativas en diversas regiones europeas que crean sociedades públicas (o mixtas) dedicadas a actividades de este tipo, cuyo objetivo principal es más bien el de contribuir al desarrollo económico regional.

2.6. Algunos elementos de reflexión sobre el apoyo financiero a la I+D

2.6.1. Problemas con el concepto de I+D precompetitiva

Se ha ido extendiendo la idea de que todo aquello que era precompetitivo, es decir, alejado del mercado, podía recibir el apoyo público si se ocupaba de proyectos de interés. Con frecuencia no se sabe con precisión hasta qué punto determinadas actividades pueden calificarse de precompetitivas. Los estudios de evaluación de programas de I+D muestran bastante bien cómo el dinero que se supone destinado a proyectos lejanos en el mercado ha derivado a menudo hacia proyectos claramente cercanos al mercado.

2.6.2. Las dificultades para valorar el impacto real de las ayudas

Se tiene todavía un conocimiento insuficiente sobre los múltiples modelos que explican las estrategias de las empresas. Hay que añadir a esto el riesgo existente de que las ayudas implementadas acaben siendo utilizadas por empresas multinacionales implantadas en el país y no se utilicen en beneficio de las empresas del país, o que incluso se pierdan. El gobierno otorga ayudas muy importantes para I+D (equipos, inversiones, proyectos) a una empresa durante una serie de años y poco después, a esta empresa la compra una multinacional que cierra el departamento de I+D y se lleva equipos y científicos a su central, que está en otro país.

2.6.3. Las ayudas, los sectores y los tipos de empresas

Se debe tener en cuenta que el riesgo de que la intervención pública puede acabar teniendo un sesgo hacia determinados grupos que han realizado una mayor presión pero que quizás no son los destinatarios realmente preferentes de un determinado plan de apoyo. Las ayudas penalizan a las pymes en la medida en que las grandes empresas pueden hacer frente a los elevados costes

de transacción burocrática que comporta el sistema de ayudas. Cuanto más centralizado es el sistema de subvenciones más se favorecen las grandes estructuras.

2.6.4. Los conflictos inevitables

Las ayudas financieras a la I+D y a la innovación son fuente de conflicto. Si las ayudas dan apoyo a ventajas competitivas, el peligro es que la intervención genere represalias. Las ayudas concedidas se hacen en actividades de "desarrollo de productos, e I+D" y otros conceptos parecidos.

Lectura recomendada

Análisis de los incentivos fiscales a la innovación. Desarrollado por IDETRA (Innovación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología, S. A. y CEIM Confederación Empresarial de Madrid-CEOE).

3. Los recursos humanos en investigación

En el informe anual de I+D y la Innovación en Cataluña del 2008 publicado por ACCIÓ/CIDEM-COPCA se analiza la evolución del personal. Entre 1996 y el 2006 el personal dedicado a I+D a tiempo completo ha crecido enormemente pasando de 18.395,7 personas en el 1996 a 40.867,3 personas en el 2006.

En el 2006 Cataluña concentraba el 21,6% del total de personal en España dedicado a I+D a tiempo completo y un 21,13% del total de investigadores de España.

Hay que añadir que comparativamente, a lo largo de la última década, Cataluña ha destinado un mayor volumen de gasto en I+D por investigador que la media estatal y además los recursos por investigador en Cataluña han sido crecientes entre 1996 y el 2006. En particular Cataluña dedicó una media de 106.810,2 euros de gasto en I+D por investigador de manera que se situó como la tercera comunidad autónoma con mayor dedicación de recursos relativa.

En términos de distinción de género por personal dedicado a I+D, simplemente cabe añadir el hecho de que el único sector donde se supera la paridad es el sector de la Administración pública, donde más del 50% de los investigadores eran mujeres en el 2006.

Sobre este punto, remarcar también que entre el 2002 y el 2006, el sector empresarial ha concentrado más del 50% del total de personal dedicado a I+D, tendencia lógica si tenemos en cuenta que en el 2006 este sector fue responsable del 65% del total de inversión en I+D.

En referencia al personal destinado a sectores con cierta intensidad tecnológica, en el 2006 Cataluña fue la región, de un total de 20 regiones europeas, que concentraba un mayor volumen de trabajadores en sectores de contenido tecnológico alto y medio-alto.

3.1. Carrera investigadora

La Dirección General de Investigación del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa presenta el proyecto de carrera investigadora en Cataluña, en el cual se definen las etapas que podría seguir un investigador y las diferentes herramientas e instrumentos para hacerlos posible.

El número de investigadores en Cataluña en relación con la población ocupada es del mismo orden que en la Unión Europea y muy inferior a países como Finlandia, Suecia, Japón y Estados Unidos.

La UE tiene como objetivo incorporar a 750.000 investigadores y llegar a 8/1.000 habitantes el 2010. En este sentido, Cataluña tiene que incorporar a 6.500 investigadores de aquí al 2010, tal como recoge el Plan de investigación e innovación (PRI), que prevé la incorporación de 4.500 investigadores en el periodo 2005-2008.

La distribución de investigadores entre los sectores públicos y privados en Cataluña está invertida actualmente respecto a la existente en países como Estados Unidos y Japón. En este sentido, Cataluña tendría que tender en los próximos años a igualar el número de investigadores entre ambos sectores para acercarnos a la media europea.

Porcentaje de investigadores en los sectores público y privado

	Público	Privado
Cataluña (2003)	62 %	38 %
Unión Europea-15 (2002)	50 %	50 %
EE. UU. (1997)	18 %	82 %
Japón (2000)	35 %	65 %

Fuente: Datos de Cataluña, INE 2004 y resto Eurostat 2003

Destaca también que en Cataluña la situación laboral de los investigadores es de precariedad y, por otro lado, que los recursos públicos para investigación provienen de la Generalitat, el Estado y la Unión Europea.

En este sentido la carrera investigadora se ha marcado los siguientes objetivos:

- Incrementar el número de investigadores, facilitando la formación y la incorporación laboral.
- Aumentar el porcentaje de personal investigador en el sector privado, tendiendo a igualar los porcentajes entre el sector público/privado.
- Facilitar las salidas profesionales y la continuidad laboral a los doctores, así como un mayor reconocimiento de la actividad investigadora.
- Facilitar la permeabilidad entre los sectores público y privado, concibiendo la carrera investigadora como una carrera que a lo largo de la vida se puede ir desarrollando en el sector académico y/o privado.
- Velar para que los recursos aportados por la Generalitat a este programa se añadan a los recursos conseguidos por vía competitiva por el Estado

Número de investigadores/1.000 habitantes ocupados

- Cataluña: 5,5
- UE-25: 5,6
- EUA: 8,6
- Japón: 9,9
- Suecia: 10,6
- Finlandia: 16,4

Fuente: OCDE 2004, INE 2004.

y la UE o reviertan efectivamente en un incremento de investigadores y mejora de su situación profesional.

Por otro lado, las grandes líneas en la definición de esta carrera son:

- Aumentar el número de personal doctor e investigador, ofreciendo nuevas plazas en todas las etapas.
- La etapa de formación predoctoral pretende incrementar el número de doctorandos aumentando la oferta de becas de formación de personal investigador (FI), con posibilidad de hacer la tesis en empresa (FI-empresa) y creando a los doctorados empresariales (tipología inédita en Cataluña). Anualmente, se ofrecerán 300 becas/contratos para hacer el doctorado en las universidades y centros de investigación.
- En las etapas postdoctorales se pretende potenciar las estancias de 2 años fuera de Cataluña, la incorporación en Cataluña de investigadores que están haciendo la carrera investigadora en el extranjero y la incorporación de investigadores en el sector privado.

3.1.1. Etapas de la carrera investigadora

Se dibuja un trazado lógico de carrera investigadora, dotando cada etapa de instrumentos para la formación, incorporación y consolidación en los sectores público y privado. Se divide la carrera investigadora en cuatro etapas:

- una etapa de formación predoctoral de 4 años,
- una etapa de formación posdoctoral de 2 años,
- una etapa de preconsolidación investigadora de 5 años. y
- una etapa de estabilización o consolidación investigadora, indefinida.

3.2. Oferta de posgrado

- Becas para estancias de investigación fuera de Cataluña (BE-DGR 2009). Modalidad A.
- Becas Balsells-Generalitat de Cataluña en el ámbito de las ingenierías y las ciencias experimentales (BBI). Modalidad A: Becas para realizar estudios de posgrado en la HSSoE (BBI-PG 2009).
- Becas Balsells-Generalitat de Cataluña en el ámbito de las ingenierías y las ciencias experimentales (BBI). Modalidad B: Becas para realizar estudios de posgrado-renovación en la HSSoE (BBI-R 2009).

- Becas de investigación para profesores e investigadores visitantes en Cataluña (PIV).
- Plazas de investigación ICREA Senior para investigadores postdoctorales.
- Ayudas para la investigación posdoctoral en centros españoles y extranjeros, incluidas las ayudas para las becas MEC/Fulbright, y cátedras Príncipe de Asturias.
- Programa Torres Quevedo.
- Ayudas del Programa Nacional de Contratación e Incorporación de Recursos Humanos de Investigación, en el marco del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011. Subprograma de contratación de doctores en centros de investigación agraria y alimentaria de las CC. AA.
- Programa Ramón y Cajal.
- Programa Juan de la Cierva.
- Programa de Incentivación de la Incorporación e Intensificación de la Actividad Investigadora (I3).
- Acción Marie Curie: "Ayudas de Reintegración Europea" (ERG).
- Acción Marie Curie: "Ayudas de Reintegración Internacional" (IRG).
- Acción Marie Curie: "Becas Intraeuropeas" (IEF).
- Programa Europeo para Jóvenes Investigadores (EURYI).
- Ayudas para el inicio de la Investigación Independiente (ERC, *starting independent research grants*).

3.3. Programa de incentivación de la incorporación e intensificación de la actividad investigadora

El Programa de Incentivación de la Incorporación e Intensificación de la Actividad Investigadora (Programa I3) es una nueva iniciativa del MICINN cuyos objetivos son:

- Fomentar la incorporación estable de los profesores-investigadores con una trayectoria investigadora destacada, en las universidades, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y otros organismos públicos de investigación y demás centros de I+D.

- Favorecer la captación o recuperación de investigadores españoles o extranjeros de reconocida experiencia, para su incorporación al sistema español de ciencia y tecnología.
- Incentivar la incorporación al sistema nacional de I+D de jóvenes investigadores con alto potencial investigador en grupos emergentes y consolidados.
- Promover la intensificación de la actividad investigadora de los profesores-investigadores permanentes, contribuyendo así a incrementar el número y la calidad de los investigadores y de los grupos de investigación. Para la consecución de los objetivos del programa se instrumentarán dos líneas de actuación: línea de incorporación estable y línea de intensificación.

3.4. Proyecto ICREA

La institución catalana de Investigación y Estudios Avanzados (ICREA) es una fundación impulsada conjuntamente por la Generalitat de Cataluña a través del Departamento de Innovación, Universidades y Empresa y la Fundación Catalana para la Investigación y la Innovación (FCRI) y está regida por un patronato. ICREA contribuye a los objetivos del IV Plan de Investigación de Cataluña, ampliando en cualquier área del saber la base humana del sistema catalán de investigación. ICREA, por medio de un proceso de selección basado en el talento científico, contrata investigadores de todo el mundo. De esta manera, ICREA también contribuye a facilitar el regreso de investigadores que han hecho su carrera investigadora en centros fuera de Cataluña.

ICREA es una institución sin paredes. Colabora activamente con las universidades y los centros de investigación de Cataluña mediante convenios estables, en virtud de los cuales los investigadores ICREA se integran en los equipos de investigación de estas universidades y centros. Al mismo tiempo, ICREA tiene como objetivo el potenciar la incorporación de doctores en los departamentos de investigación e innovación de empresas, centros tecnológicos, etc. del sector privado mediante la concesión de ayudas que fomenten dicha contratación. ICREA se propone seguir ofreciendo contratos en cumplimiento de sus planes de incorporación de investigadores y de este modo seguir contribuyendo al crecimiento de la investigación que se hace en Cataluña. La cooperación, la internacionalidad y el afán de excelencia son características propias de ICREA.

En sus ocho años de actividad, ICREA ha contratado un total de 222 investigadores en especialidades muy diversas: un 32,5% en ciencias de la vida y medicina, un 27% en ciencias experimentales y matemáticas, un 10% en ciencias sociales, un 13,5% en diversas áreas de humanidades y un 17% en tecnología.

4. Instituto Europeo de Tecnología

El Instituto Europeo de Innovación y Tecnología (EIT) tiene como misión estimular el liderazgo europeo en innovación a través de la creación de espacios supranacionales que coordinen y dinamicen los esfuerzos de las pequeñas y grandes empresas, emprendedores, gobiernos, comunidades financieras, centros de búsqueda y centros educativos de manera focalizada y sostenida en el tiempo para conseguir una mayor competitividad y crecimiento económico sostenible.

El IET se estructura en comunidades de conocimiento e innovación llamadas KIC.

Una KIC es una entidad con personalidad jurídica propia y capacidad financiera y de gestión que dirige un consorcio colaborador transnacional formado por actores de primer nivel con un interés común.

4.1. Perfil de una candidatura competitiva

El perfil de una candidatura competitiva está basado en temas innovadores focalizados en necesidades futuras de la Unión Europea y que representen una oportunidad de lograr un liderazgo mundial de impacto económico.

La preparación de la candidatura del KIC debe crear valor por sí misma. Las estrategias, estructuras y modelos que se creen para fortalecer la candidatura deben tener un valor que por sí mismo justifique el esfuerzo que se realice, con independencia de conseguir la nominación

Creando un consorcio transnacional con socios europeos y de alrededor del mundo que demuestren capacidad de integración para la transformación del conocimiento y la educación en valor económico y generación de riqueza y con un equipo de gestión y esquema organizativo autónomo de alto nivel y capacidad ejecutiva con capacidad para movilizar recursos públicos y privados que tripliquen los aportados por el IET y capacidad para fomentar la movilidad de talento entre los diferentes nodos del KIC.

La preparación de la candidatura de una KIC en temas de salud es un proceso complejo, de una magnitud considerable y con un horizonte temporal de aproximadamente 18-24 meses.

Se ha de disponer de financiación específica para desarrollar la candidatura de una KIC en temas de Salud en Cataluña y de un equipo altamente cualificado y de dedicación exclusiva.

KIC Salud en Cataluña

Barcelona esta bien situada para liderar una KIC europea centrada en temas de salud y se considera que esta es una gran oportunidad de creación de riqueza para el país.

4.2. Objetivos de la Oficina Técnica de Proyectos KIC-IET

El objetivo global es presentar la candidatura de Cataluña para liderar la KIC europea de Salud.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Construir proyectos innovadores y de alto valor añadido para integrarlos posteriormente en la candidatura de salud.
- Identificar los mejores *partners* en capacidades y reconocimiento internacional para desarrollar el proyecto KIC.
- Construir alianzas con los *partners* relevantes con tal de consolidar una candidatura ganadora.
- Identificar evaluadores potenciales para las candidaturas KIC y acompañarlos en la presentación de su solicitud al IET.
- Desarrollar una estrategia de comunicación que favorezca la consolidación de una candidatura ganadora.

5. La transferencia de los resultados de investigación

Probablemente esta sea sin lugar a dudas la asignatura pendiente de nuestro sistema de ciencia y tecnología. En todos los campos y también en el biomédico y sanitario.

Disponemos de un gran número de publicaciones y centros de investigación muy prestigiosos vinculados a nuestros hospitales y sin embargo, el número de patentes es sensiblemente inferior.

Sin patentes no tenemos sistema productivo y las patentes vienen derivadas de la investigación y sobre todo de la innovación.

Oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRI)

Gran parte de la relación entre universidades y las empresas se realiza a través de oficinas de transferencia de resultados, las cuales en general se encargan de la gestión de todas las actividades que puedan transferir los resultados de la investigación desarrollada en los laboratorios desde las Universidades a las empresas. Por eso, actividades naturalmente asociadas a las OTRI son la gestión de las patentes, los contratos de licencia y las *start-up* o *spin-off* que se desarrollen a partir de invenciones universitarias. También se asocian a las OTRI la gestión de las relaciones entre laboratorios o investigadores individuales con empresas a través de contratos o convenios, así como la prestación de diversos servicios especializados.

En el año 2003, en Cataluña había ocho OTRI universitarias, asociadas a las universidades siguientes: Universidad Autónoma de Barcelona, Universidad de Barcelona, Universidad de Girona, Universidad de Lleida, Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad Pompeu Fabra, Universidad Ramon Llull y Universidad Rovira i Virgili. En el resto de España la mayoría de universidades también disponen de OTRI, por lo que se puede afirmar que es una red que comienza a estar bien desarrollada y que tiene un papel relevante en la transmisión de las innovaciones y el saber hacer desde las universidades y los centros públicos de investigación a las empresas. Gracias a la encuesta anual de la RedOTRI se dispone de bastante información sobre los objetivos y niveles de actividad.

Fuente: CIDEM. "La situación de la innovación a Catalunya" (Colección Estudios).

5.1. Patentes y contratos de licencia

Evaluar la cantidad y la calidad de las innovaciones obtenidas gracias a la investigación hecha en universidades y centros públicos es una tarea complicada, en primer lugar, el hecho de que muchas de las innovaciones no están protegidas por medio de patentes, y que no hay un procedimiento de medida claro y sencillo de la calidad de las innovaciones. Evaluar la investigación considerando principalmente el gasto y el personal dedicado a esta actividad proporciona una visión muy parcial y limitada.

El número de patentes es un indicador útil del grado de innovación de las universidades como también de su voluntad de posibilitar el desarrollo de estas innovaciones para el mercado.

En el año 2003, las patentes universitarias catalanas representaban el 19,5% del total de patentes universitarias en España. Actualmente, las universidades catalanas patentan al mismo nivel que la media de universidades españolas, dato que contrasta con la mayor actividad en cuanto a patentes conseguidas por parte de las empresas catalanas, en comparación con el resto de empresas españolas. Entre los años 1998 y 2001, las empresas españolas solicitaron 1.643 patentes, el 36,7% de las cuales (603 solicitudes) provienen de empresas catalanas (delante del 19,5% de las patentes de universidades catalanas).

Entre las diferentes modalidades de transmitir tecnología, establecer contratos de licencia sobre patentes es un método natural de transmisión de conocimientos. A través de un contrato de licencia, se ceden los derechos sobre una patente y habitualmente se compromete a colaborar con la empresa para el desarrollo de la innovación. A cambio, la empresa hace un pago a la Universidad, que suele constar de dos partes: una fija, independiente de los resultados del proceso, y otra variable (un *royalty*) que depende de los beneficios obtenidos gracias a la invención o al nivel de producción.

6. La gestión de la investigación en hospitales

La investigación biomédica se realiza con la participación de hospitales, universidades y centros de investigación, así como con empresas del sector farmacéutico, biotecnológico y médico. La investigación biomédica se divide clásicamente en dos modelos: la investigación básica o fundamental, realizada habitualmente en instituciones universitarias y en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), y la investigación clínica o aplicada (desarrollo), llevada a cabo mayoritariamente en hospitales, la mayoría docentes y vinculados a universidades. La investigación clínica de calidad sólo es posible si la asistencia prestada es también de calidad. La investigación clínica mejora la calidad de los médicos y, en sus distintas vertientes, debe fomentarse como actividad esencial en la práctica de la medicina moderna. Los hospitales, en tanto que centros de investigación, deben desarrollar proyectos específicos de investigación clínica. Una de las soluciones apuntadas para mejorar este proceso de traslación se basa en la creación de institutos de investigación biomédica multidisciplinares, organizados horizontalmente y con un fuerte componente clínicoasistencial. Bajo esta óptica moderna, no tiene mucho sentido potenciar centros de investigación biomédica en los que no se atiende a pacientes. Los investigadores biomédicos deben percibir los problemas de salud como una realidad próxima. El núcleo básico fundamental es el hospital.

6.1. Fundaciones

La Orden SCO/1245/2006, de 18 de abril, por la que se desarrolla el Real Decreto 339/2044 sobre Acreditación de Institutos de Investigación Sanitaria, de 27 de febrero, ha permitido el diseño del proceso de solicitud de acreditación y de una guía de evaluación de institutos de investigación sanitaria.

Estructura y sistema de gestión de la I+D+i

Estructura y fines del Instituto de Investigación

Vínculo jurídico

Estructura organizativa

Recursos económicos

Documentación del sistema de gestión y de actividades y resultados

Cualificación y experiencia del personal

Recursos bibliográficos

Compras

Inventario

Equipamientos científicos

Plan de seguridad en casos de emergencia

Seguridad informática

Protección del medioambiente

Análisis de la actividad científica

Plan estratégico

Política de calidad y buena práctica científica

Planes de formación del personal

Alerta de innovaciones científicas o técnicas

Sistemas de medición, análisis, mejora,

protección y difusión de la actividad

investigadora

Actividad investigadora

Actividad formativa de I+D+i

Alianzas con otras instituciones y empresas

Memoria de actividades

Difusión y transferencia de resultados de investigación

Orientación a la mejora

6.2. Unidades de innovación

El verdadero reto actual es introducir el concepto de unidades de innovación en el entorno hospitalario. Para ello, se adjunta el modelo de referencia que representa el Parc Taulí de Sabadell.

Se basa específicamente en una fundación independiente y de una oficina de apoyo que dispone de personal con conocimientos específicos y herramientas especialmente diseñadas para el control económico y de recursos humanos de cada proyecto.

Además, una red intranet interactiva permite a los investigadores el acceso *on-line* a las convocatorias y a la evolución administrativa de sus proyectos.

La introducción de estas unidades en el entorno hospitalario supone la verdadera evolución del sistema.

Bibliografía

Análisis de los incentivos fiscales a la innovación. Desarrollado por IDETRA (Innovación, Desarrollo y Transferencia de Tecnología, S. A. y CEIM Confederación Empresarial de Madrid-CEOE).

Artells Herrero, J. J. (2000). "Estrategia y asignación de recursos en la investigación biomédica". *Gac. Sanit.* (núm. 14, págs. 391-397).

Buxton, M.; Hanney, S. (1995). "How can payback form health services be assessed?" *J Health Serv. Res. Policy Pre-Launch Issue*.

Carrasco Malle, M. (2004). "Políticas y gestión de la investigación". *Educación Médica* (vol. 7, Supl. 2, abril-junio).

"Dos modelos para la gestión de la innovación y la investigación en los hospitales". Innovaciones en la gestión y el gobierno de los hospitales. IX Jornadas de Gestión y Evaluación de Costes Sanitarios 5-7/11/08.

Palomar, G. y otros. (2004). "Gestión de los recursos de investigación en el hospital: el modelo de la Corporació Sanitaria Parc Taulí". *Rev. Adm. Sanit.* (vol. 1, núm. 2, págs. 147-53).

Rodríguez Montes, J. A. (2007). "I + D + i: de la investigación a la gestión". *Nutr. Hosp.* (vol. 3, núm. 22, págs. 283-6).

