



**Presidencia del Gobierno
Oficina de Ciencia y Tecnología**

Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003)

Volumen II

Área de investigación básica no orientada, Áreas científico-
tecnológicas y Áreas Sectoriales

COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ÍNDICE

Introducción.....	5
Criterios para la definición de las áreas prioritarias del Plan Nacional.....	7
<u>Área de Investigación básica no orientada</u>	13
<u>Áreas científico-tecnológicas</u>	25
Biomedicina.....	27
Biotecnología.....	49
Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.....	71
Materiales.....	93
Procesos y Productos Químicos.....	113
Diseño y Producción Industrial.....	125
Recursos Naturales.....	149
Recursos y Tecnologías Agroalimentarias.....	167
Socioeconomía.....	187
<u>Áreas Sectoriales</u>	209
Aeronáutica.....	211
Alimentación.....	233
Automoción.....	253
Construcción Civil y Conservación del Patrimonio Histórico Cultural.....	275
Defensa.....	289
Energía.....	301
Espacio.....	319
Medio Ambiente.....	343
Sociedad de la Información.....	357
Sociosanitaria.....	379
Transporte y Ordenación del Territorio.....	405
Turismo, Ocio y Deporte.....	421
<u>Relación entre áreas</u>	441

INTRODUCCIÓN

Uno de los elementos clave en el proceso de definición del **Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica** (PN) es la identificación de las áreas prioritarias (área de investigación básica no orientada, áreas científico-tecnológicas y áreas sectoriales) que configuran el PN, de acuerdo con la estructura global y los objetivos estratégicos del mismo.

Seguidamente, se presentan los **criterios** que se han utilizado para la identificación de dichas áreas prioritarias, así como el **conjunto de áreas** que componen el PN. En cada área se incluyen también, si procede, las correspondientes **acciones estratégicas**. En el caso de las áreas sectoriales, el número de acciones estratégicas se ha limitado, con alguna excepción, a un máximo de **tres**. También se incluyen acciones estratégicas en el área de investigación básica no orientada y en algunas áreas científico-tecnológicas.

Criterios para la identificación de las áreas prioritarias del Plan Nacional

La definición de un **área prioritaria** implica una agrupación de temas que van a ser objeto de las actividades de I+D+I financiadas por el PN. Esta agrupación en un área específica la dota de una **visibilidad explícita** en el marco del PN, indicando la importancia relativa que se le concede, lo que permite, a su vez, canalizar mejor la participación de los distintos agentes ejecutores y encauzar los recursos públicos hacia la consecución de los objetivos previstos.

1. Criterios para la identificación de áreas científico-tecnológicas

Un área **científico-tecnológica** se define como *“un dominio de actuación prioritario y homogéneo ligado al desarrollo de conocimientos en una tecnología o en un dominio del conocimiento científico”*. Ello implica que las áreas científico-tecnológicas cubren las actividades de investigación básica, investigación aplicada, desarrollo e innovación tecnológica ligadas a su ámbito de actuación.

La identificación de las áreas científico-tecnológicas de interés para España no puede diferir sustancialmente de las que se contemplan en programas internacionales y, especialmente, a escala europea, aunque deben tenerse en cuenta los criterios de carácter estratégico, histórico o cultural propios de la situación española.

Se ha estimado conveniente reducir en lo posible el número de áreas, con el fin de evitar la aparición de fronteras artificiales entre las mismas y la existencia de comunidades científico-tecnológicas demasiado reducidas, así como favorecer los enfoques interdisciplinares.

La valoración de cada una de las áreas frente a los criterios de priorización se ha considerado de forma global, ponderando los distintos criterios utilizados. Para la aplicación de algunos de los criterios se ha utilizado la información y los datos procedentes de diversas fuentes, como el Instituto Nacional de Estadística (INE), los informes de la Unión Europea (UE) y EUROSTAT, o el 2º Informe de Indicadores de Ciencia y Tecnología (UE, 1998), así como datos procedentes de la CICYT o de los organismos gestores de las diferentes actuaciones en curso.

Teniendo presente lo anterior, para la identificación de las áreas científico-tecnológicas se han considerado los siguientes criterios:

A. Criterios de carácter científico-tecnológico

Estos criterios pretenden asegurar que el área considerada tenga relevancia desde el punto de vista de la importancia de las actividades científicas y tecnológicas que sea necesario desarrollar en la misma para el progreso del conocimiento y la tecnología. Entre otros, se consideran los siguientes criterios:

- **Correspondencia con programas similares en otros países.** Con ello se pretende disponer de un marco comparativo de referencia con otros programas de I+D+I. Se consideran, principalmente, los programas existentes en otros países de la UE o del PM, por ser más cercanos a nuestro entorno, además de las actuaciones de carácter multilateral en las que participa España.
- **Existencia de investigación de calidad en España** relacionada temáticamente con el ámbito del área propuesta. Este criterio se ha valorado mediante el peso que tienen las actividades de I+D+I en los programas actuales, y los recursos humanos que emplean.
- **Posicionamiento estratégico a largo plazo** de las actividades previstas en el ámbito cubierto por el área por parte de las instituciones públicas y privadas. Este factor permite asegurar un flujo de resultados basado en actividades a largo plazo de alto riesgo científico o tecnológico que no es posible sustituir por otras a corto o medio plazo de carácter más aplicado.

B. Criterios de carácter económico

Globalmente, estos criterios pretenden asegurar que la actividad en cada área tenga una importancia suficiente en la economía española que justifique su priorización. Concretamente, se han considerado los siguientes criterios:

- **Volumen de la actividad de I+D+I** en cada área. Debe existir una importancia relativa en España de la I+D+I en cada una de las áreas, a partir de los datos macroeconómicos del INE o de la UE sobre gasto en I+D+I y del porcentaje de fondos públicos que se destina a cada área.
- **Grado de dependencia tecnológica** en relación con el resto del mundo, basado en el análisis de la balanza tecnológica en cada área.
- **Perspectivas de evolución futura**, con el fin de asegurar que no se trate de áreas estancadas o en recesión, sino que es previsible que se mantenga una actividad económica considerable, al menos durante el periodo cubierto por el PN, que justifique su atención desde el punto de vista científico-tecnológico. Especial atención debe prestarse a sectores emergentes, en los que los criterios de evolución deben basarse en un enfoque prospectivista.

C. Criterios de carácter empresarial

Estos criterios pretenden asegurar que la realización de las actividades previstas en el área contribuyan a una mejora de la competitividad del sector empresarial (tanto industrial como de servicios) en el Sistema de C-T-E, facilitando la disponibilidad de recursos humanos cualificados y el acceso a tecnologías y conocimientos avanzados.

- **Oportunidades derivadas del desarrollo de tecnologías** o conocimientos científicos en diferentes sectores empresariales, enfocadas hacia la capacidad de generar actividad económica, factor que indica la intensidad de la relación entre las áreas científico-tecnológicas y las áreas sectoriales. Se pretende con ello evitar la identificación de áreas científico-tecnológicas que pudieran ser independientes de su aplicación en sectores socioeconómicos concretos.
- Efecto previsible sobre la **mejora de la competitividad** que puedan obtener las empresas y grupos de I+D españoles, como consecuencia de la realización de actividades en el área, así como la capacidad previa para valorizar los resultados.
- Existencia de **recursos humanos capacitados** para actividades de I+D, tanto en centros públicos como en empresas, con el fin de asegurar la existencia de una masa crítica suficiente. En su caso, la falta de masa crítica en un área debe llevar a establecer un programa específico de actuación en lo relativo a la acción horizontal de “potenciación de recursos humanos”.

2. Criterios para la identificación de áreas sectoriales

Las áreas sectoriales representan el elemento fundamental de focalización de las actuaciones en el PN, por lo que su selección es un elemento crítico.

Un **área sectorial** se define como “*un dominio de actuación prioritario en I+D+I, ligado a los intereses de un sector de interés socioeconómico español en el que sea necesaria una focalización de las actuaciones de I+D+I para estimular su desarrollo futuro*”.

Las áreas sectoriales identificadas se refieren a dominios fuertemente dependientes, para su desarrollo futuro, de una actuación intensiva en I+D+I con el fin de mejorar sustancialmente su situación actual. De ello se desprende la necesidad de prestar en estas áreas una mayor atención a las actuaciones de carácter aplicado, así como la conveniencia de focalizar una parte sustancial de sus actuaciones en un conjunto limitado de acciones estratégicas que catalicen las actividades del sector.

Sólo algunos sectores socioeconómicos tienen su reflejo en las áreas sectoriales del PN. Otros sectores socioeconómicos no son objeto, por tanto, de una atención prioritaria y focalizada de forma particular, sino que sus

actuaciones se canalizan fundamentalmente a través de las actividades de las diversas áreas científico-tecnológicas.

Para la identificación de las áreas sectoriales se han considerado los siguientes criterios:

A. Criterios de carácter económico

Globalmente, estos criterios pretenden asegurar que el sector asociado al área propuesta tenga una importancia suficiente en la economía española que justifique su priorización. Concretamente, se han identificado los siguientes criterios:

- Volumen del gasto en I+D+I en el sector o subsector correspondiente.
- Existencia de un sector o subsector industrial o de servicios con un peso determinado en la economía española.

B. Criterios de carácter sectorial

Estos criterios permiten conocer la importancia que tiene el sector en nuestro país y la importancia relativa que tienen las actuaciones en I+D+I para la existencia de una política sectorial. En cada sector existe un colectivo de empresas (de servicios o industriales) que deben poder beneficiarse de las actividades de I+D+I que se realicen en dicho sector.

Este conjunto de criterios debe permitir valorar la mejora de las empresas del sector y de las políticas públicas desarrolladas por la AGE como resultado de las actuaciones de carácter tecnológico en el PN, tanto en su papel de generadoras de nuevos servicios o productos como en el uso de los mismos.

- **Recursos humanos** disponibles para las actividades de I+D+I (con especial incidencia en tecnólogos), tanto en centros públicos como privados.
- Existencia de una **política sectorial** determinada de la Administración General del Estado que requiera la realización de actividades de I+D+I para su desarrollo.
- **Correspondencia con programas** similares en otros países o en organizaciones multilaterales o convenios de carácter internacional en los que participe España.
- **Importancia relativa de la tecnología** en el sector como base de la existencia de un desarrollo sostenible a largo plazo.
- **Previsiones de crecimiento futuro** de las empresas del sector, con independencia o no de las actuaciones de I+D+I que se realicen.

- **Efecto sobre la competitividad empresarial** (tanto a nivel nacional como internacional) en el sector, como resultado de las actuaciones ligadas a la introducción de valor añadido tecnológico en productos, procesos o servicios.

C. Criterios de carácter social

Estos criterios juegan un papel importante en las áreas sectoriales, dado que existe en ellas una relación directa de beneficio a los ciudadanos como últimos destinatarios de las actuaciones contempladas.

- Creación de **empleo** estable y de calidad derivado de las actuaciones de carácter científico y tecnológico que se realicen.
- Incremento del **bienestar social** de los ciudadanos (en especial, aquellos que requieren atención especial) como resultado de la aplicación de la tecnología.
- Contribución a la **sostenibilidad** del desarrollo, con especial incidencia en la reducción del impacto medioambiental que se derive de ello.

La aplicación de los criterios anteriores no sólo ha servido de base para la identificación de las áreas prioritarias sino que deber servir de marco de referencia para la actualización temática del PN durante su periodo de vigencia.

Área de Investigación básica no orientada

Área de investigación básica no orientada

Con independencia de la existencia de actividades de investigación básica orientada en cada una de las áreas científico-tecnológicas, existen otras muchas actividades de investigación de carácter básico o fundamental que no se pueden encuadrar en dichas áreas, y que no tienen por qué estar condicionadas por su posible orientación o aplicación hacia unos objetivos fijos predeterminados, sino que se rigen, fundamentalmente, por criterios de calidad y de competitividad en el ámbito científico internacional. Son actividades de investigación dirigidas a la generación de conocimiento competitivo. Ello no significa que dicha investigación no pueda ser eventualmente útil y de posible aplicación, especialmente en una época, como la actual, en que el tránsito entre la generación de nuevo conocimiento y su posible aplicación se hace cada vez más ligero en esfuerzo y breve en el tiempo.

La necesidad de esta área se justifica por la necesidad de apoyar la investigación básica como base y fundamento de cualquier avance y desarrollo tecnológico posterior. En los países más desarrollados, la inversión en investigación básica constituye una buena parte del gasto público en I+D. Es conocida la experiencia japonesa, cuya economía creció con rapidez en los años posteriores a la segunda guerra mundial, como consecuencia de la importación de invenciones foráneas y del esfuerzo propio en el desarrollo tecnológico asociado a esas invenciones. Pero esa estrategia fue sólo temporal, ya que actualmente Japón está invirtiendo considerables recursos en investigación básica para no depender de la tecnología de otros países.

Aunque España fue tradicionalmente un país con una investigación científica deficitaria, el esfuerzo inversor en las últimas décadas ha hecho florecer una comunidad científica con reconocimiento internacional en cuanto a nivel de calidad y competitividad, comparables a las de otros países de nuestro entorno. El compromiso de crecimiento sostenido de las inversiones en investigación básica dentro del PN hará que no se malogren los resultados alcanzados y que nuestro país pueda ocupar un lugar destacado entre los países avanzados.

Por su propia naturaleza, un área de investigación básica, de carácter libre y no orientada hacia objetivos previos concretos, no ha de contener prioridades en su formulación, sino que se ha de regir simplemente por criterios de calidad y competitividad del conocimiento que se pretenda adquirir, siguiendo los criterios internacionales al uso. Hay que constatar que esos niveles de calidad y competitividad se han conseguido en las últimas décadas en un buen número de grupos de I+D de nuestro país. En tal sentido, se trata de continuar e incrementar el esfuerzo ya realizado en esta línea.

Por otra parte, esta área da satisfactoria cabida a la investigación en ciencias exactas y naturales, humanas, sociales y jurídicas, complementando los

dominios científicos que se abordan en el resto de las áreas prioritarias del PN, con el fin de avanzar en todas las ciencias.

Así pues, en esta área se incluyen las siguientes disciplinas, que se encuadran en el **Programa de Promoción General del Conocimiento** (PGC) y para las que no se establecen prioridades concretas, aunque puedan promoverse determinadas actuaciones que se consideren de especial relevancia o urgencia, sobre todo, aquéllas que estimulen actividades de carácter multidisciplinar:

- Ciencias exactas y naturales
- Ciencias humanas
- Ciencias sociales
- Ciencias jurídicas

Con independencia de las disciplinas mencionadas anteriormente, existen algunos dominios de investigación básica no orientada que pueden requerir un tratamiento especial por estar ligadas a **grandes instalaciones**, o por apoyar la participación de España en organismos internacionales, o porque requieren un tratamiento de datos especializados.

Asimismo, se incluye una acción estratégica de *Divulgación de la Ciencia y la Tecnología*, con el objetivo de impulsar la mejora del nivel cultural, científico y tecnológico de la sociedad española. Esta acción, incluida a efectos de presentación en el área de investigación básica no orientada, deberá apoyar la difusión de resultados de todo el PN.

Astronomía y Astrofísica

Justificación

El conocimiento del Universo constituye un impulso básico de la especie humana y la astronomía moderna es un área destacada en las políticas de I+D de los países más desarrollados.

Hoy interesa especialmente llevar la observación hasta los confines más remotos del Universo, para conocer su naturaleza, su estructura y las leyes físicas que lo rigen. Desentrañar la esencia de la evolución del cosmos al que pertenecemos, desde sus lejanos orígenes hasta su incierto futuro, es un objetivo globalizador apasionante, que incluye, cómo no, la búsqueda de exoplanetas y de vida extraterrestre.

Pero la astronomía, además de su indudable interés cultural, ha estado, y sigue estando, muy ligada al desarrollo de la tecnología más avanzada. La investigación astrofísica demanda y genera tecnología en la frontera del saber hacer y, permanentemente, está poniendo estimulantes retos a todas las ciencias y a la filosofía. Su interdisciplinariedad es un valor contrastado y su repercusión en el desarrollo tecnológico e industrial resulta evidente.

Es destacable el hecho de cómo la explotación estratégica de las condiciones extraordinarias que para la observación astronómica tienen algunos puntos de España, y la implantación de grandes instalaciones en ellos, ha contribuido significativamente a llevar a la astrofísica española, en poco tiempo, a primera línea mundial.

El conjunto de telescopios ópticos, infrarrojos y radiotelescopios instalados en nuestro territorio es uno de los más completos del planeta. Situación que se verá notablemente enriquecida con la entrada en servicio, en el 2003, del Gran Telescopio de Canarias, de 10 metros de apertura, y del radiotelescopio de 40 metros en Yebes.

El creciente interés por la astronomía en España es una muestra del impacto social que está teniendo el fuerte despegue de esta ciencia en nuestro país. Y en algunas comunidades, hasta puede reconocerse la implantación social, la conciencia de prestigio y el impacto turístico de la astronomía.

Los cada vez más numerosos grupos científicos de las universidades españolas, unidos a los de los institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, del Instituto Geográfico Nacional, del Ministerio de Defensa y del Instituto de Astrofísica de Canarias, cubren todos los campos astronómicos. Su actividad y pujanza son una realidad reconocida por la comunidad internacional.

La extraordinaria calidad astronómica del cielo en algunas regiones de nuestro país, y muy especialmente en Canarias -protegida, además, dicha calidad por ley-, puede seguir atrayendo a los cada vez más grandes telescopios del futuro. Si se aplica una política adecuada en las relaciones internacionales, tanto para mantener el flujo de grandes instalaciones astronómicas hacia nuestro territorio, como para participar en los grandes proyectos multinacionales, España tendrá garantizado un lugar destacado en la denominada "gran ciencia".

Para consolidar la madurez y competitividad de la astrofísica española es necesario, también, potenciar los grupos "teóricos" y dotarles de medios específicos, como el acceso a dispositivos de cálculo intensivo de última generación.

Ámbito

Está bien establecido cómo el desarrollo y construcción de instrumentación científica es un atajo eficiente de transferencia de tecnología y de innovación a la que el PN debe contribuir. En este sentido, la astronomía está marchando por el buen camino: hay experiencias muy positivas de colaboración y transferencia de tecnología con las empresas españolas en la fabricación de instrumentación astronómica para el espacio y para los telescopios en tierra. Es de evidente importancia estratégica poner a su alcance los medios para que este ensamblaje entre grupos científicos públicos y grupos tecnológicos privados se consolide como actividad habitual en nuestro sistema de ciencia-

tecnología-empresa. Y esta faceta de la astronomía tiene un interés destacable no sólo por lo que supone en sí, sino también por el efecto sinérgico que puede inducir en otras ramas de la ciencia y la tecnología.

Entre las tecnologías implicadas se encuentran: mecánica de precisión, sistemas de control distribuidos, materiales ópticos de alto rendimiento, cámaras CDC de gran resolución, teleoperación de telescopios, amplificadores de estado sólido en alta frecuencia, etc.

En la astronomía española se dan condiciones muy notorias (cielos atractivos; comunidad bien formada, joven y muy activa; visibilidad internacional lograda) que deben aprovecharse para consolidar la ciencia astronómica en el país, fortaleciendo sus grupos científicos y tecnológicos, a la vez que se les facilitan los medios para optimizar la explotación de las grandes y medianas instalaciones existentes. Se trata, simplemente, de no frenar el impulso adquirido, para tener garantizada la presencia activa de España entre los países más avanzados en esta ciencia y su tecnología asociada.

Física de Partículas Elementales y Grandes Aceleradores

Justificación

El objetivo de la física de partículas elementales es el estudio de los constituyentes últimos de la materia y de las fuerzas fundamentales a través de las cuales interaccionan. La comprensión básica de estas cuestiones permite profundizar en el conocimiento de los mecanismos de evolución del Universo desde el "Big Bang" inicial.

La investigación en física de partículas elementales se realiza en un contexto de grandes colaboraciones internacionales que utilizan instalaciones de gran complejidad y elevado coste (aceleradores, detectores, centros de proceso de datos, etc.) en grandes laboratorios. La realización de esta investigación propicia desarrollos en áreas tecnológicas punteras, con repercusión significativa en otras disciplinas científicas o en amplios sectores industriales. En algunos casos, como la invención del "WWW" o el desarrollo de la hadroterapia, el impacto social es enorme.

La investigación en física de partículas elementales está estrechamente ligada al desarrollo de los aceleradores, que se inventaron como herramienta para el estudio de la estructura fundamental de la materia. En la actualidad, sin embargo, sólo un pequeño porcentaje de los aceleradores se utiliza para la investigación en física de partículas elementales. La mayoría de los aceleradores se utiliza para otros fines. Es notoria la relevancia que tiene la utilización de haces de partículas para fines médicos de diagnóstico y terapia. El uso de otra variedad de aceleradores, los sincrotrones de electrones y positrones, para estudios en disciplinas científico-tecnológicas muy variadas, está en constante aumento.

Una gran parte de la actividad investigadora que se realiza en España en el campo de la física de partículas elementales y en el sector de los grandes aceleradores está íntimamente conectada con el programa del CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas) y, en menor medida, con el de otros grandes laboratorios (DESY en Hamburgo, FERMILAB en Chicago). En el CERN se encuentra el mayor y más diverso conjunto de aceleradores del mundo. España contribuye con un 6% a la operación y mantenimiento de esta gran instalación científica.

En el sector de los sincrotrones es emblemático el caso del Laboratorio Europeo de Radiación de Sincrotrón (ESRF), donde España participa con un 4% y donde dispondrá de una línea de experimentación multiuso propia, actualmente en fase de construcción, junto con la participación en otras líneas de experimentación de uso general a las que se acude por la calidad de las propuestas presentadas. También, es de destacar la reciente puesta en funcionamiento de una línea franco-española en el sincrotrón LURE de París, para atender las demandas de experimentación con rayos X blandos. El número de usuarios españoles es ya considerable y en algunas áreas, especialmente en biomedicina, aumenta muy rápidamente. Por ello, es recomendable estar preparado para una demanda creciente y multidisciplinar de radiación de sincrotrón con el dominio de las tecnologías básicas de construcción de sincrotrones.

También se ha incrementado de manera muy significativa el interés en el desarrollo de blancos de alto rendimiento y haces muy intensos para fuentes de espalación de neutrones, tanto para el estudio de propiedades de materiales, como para la transmutación artificial de residuos radiactivos. En torno a este campo, de desarrollo reciente, se ha articulado en España una colaboración dinámica entre grupos de investigación y sectores industriales y tecnológicos.

Una actividad creciente en este sector, la astrofísica de partículas, no siempre requiere la utilización de aceleradores. Es el caso de los experimentos propuestos en el Laboratorio del Roque de los Muchachos en la Isla de La Palma, en el Laboratorio Subterráneo del Canfranc, en una fosa del Mediterráneo o en la Estación Espacial Internacional. Caso singular es el Laboratorio del Gran Sasso en Italia, en cuyas instalaciones se podrá simultanear el estudio de procesos generados de manera natural (rayos cósmicos, neutrinos solares y atmosféricos, materia oscura) y de procesos inducidos por un haz controlado de partículas procedente del CERN.

La investigación en física de partículas elementales y grandes aceleradores es, con independencia de sus aplicaciones, una actividad enormemente costosa que requiere grandes colaboraciones internacionales y una integración de recursos y conocimientos procedentes de sectores muy diversos. La innovación y el desarrollo tecnológicos son ingredientes esenciales en este tipo de investigación. Debido a ello, será prioritario fomentar la cooperación internacional y el apoyo desde el PN a los grupos de I+D que colaboren en esos programas.

Ámbito

Experimentos con haces de partículas de alta energía producidos en aceleradores instalados en grandes laboratorios multinacionales (CERN, DESY, FERMILAB, ESRF, ILL, LURE). Experimentos para la medida de radiación cósmica en laboratorios subterráneos de bajo fondo o en instalaciones de otro tipo. Experimentos de física nuclear de bajas y medias energías. Experimentos con haces de neutrones producidos en fuentes de espalación. Teoría y fenomenología de partículas elementales, astrofísica y cosmología. Neutrónica. Desarrollo de cavidades de radiofrecuencia superconductoras y de imanes superconductores con alto campo magnético. Desarrollo de tecnología de alto vacío, microelectrónica, electrónica de potencia, y circuitos integrados, láseres, óptica de alta resolución. Desarrollo de componentes electrónicos y mecánicos resistentes a la radiación. Desarrollo de nuevos materiales. Tecnologías de silicio, arseniuro de galio, diamante. Equipamiento informático, redes, transmisión y almacenamiento de datos. Control remoto. Ingeniería civil. Mecánica de precisión. Instrumentación diversa. Blancos de alto rendimiento.

La importante contribución de España a los presupuestos del CERN exige diseñar estrategias que permitan optimizar los retornos científicos, académicos, tecnológicos e industriales, y de formación. La creación de un Centro de Competencia Virtual (CCV) parece, en este contexto, oportuna. El CCV tendría como función básica coordinar las actividades en este sector y, en particular, las relacionadas con el CERN y otros grandes laboratorios con presencia española. Asesoraría a las delegaciones españolas en los distintos Comités y en las relaciones con otros Institutos y Centros de investigación nacionales y extranjeros (Institut National de Physique Nucléaire et de Physique de Particules (IN2P3), Instituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN)). El CCV serviría para reforzar los equipos de investigación con personal técnico cualificado, y ayudaría a adecuar las infraestructuras de los laboratorios de investigación, dotándoles de instrumentación avanzada para uso compartido con otros equipos de investigación con necesidades afines. Este CCV planificaría, de forma equilibrada, la participación en colaboraciones y programas internacionales, seleccionando líneas de investigación “a la carta” y modalidades de colaboración que potencien la participación de empresas españolas, y serviría para estrechar las relaciones con los sectores industriales, haciendo de interfaz entre el CERN y otros grandes laboratorios y las empresas españolas. Contribuiría, además, a mejorar las transferencias de tecnologías y homologar los procedimientos innovadores de control de calidad. Finalmente, el CCV jugaría un importante papel para fomentar la comunicación y concienciar al gran público de la relevancia de la investigación en las sociedades avanzadas.

Fusion termonuclear

Justificación

El desarrollo sostenido y equilibrado de nuestra sociedad requiere que los países industrializados desarrollen un amplio espectro de opciones energéticas, seguras y medioambientalmente aceptables, a corto, medio y largo plazo. Las atractivas propiedades que se derivan de la posibilidad de utilizar reacciones de fusión nuclear como una fuente de energía prácticamente inagotable y segura, impulsa la investigación en este campo en todo el mundo.

Dominar en el laboratorio los procesos de fusión que nutren de energía al Sol está resultando ser una tarea extremadamente difícil, pero la realidad es que el progreso en los parámetros relevantes (triple producto de la densidad iónica por la temperatura iónica y por el tiempo de confinamiento de la energía) ha sido exponencial durante varias décadas, llegándose a alcanzar recientemente la generación de 16 Millones de vatios (térmicos) en una instalación de fusión; se han realizado profundos avances tecnológicos que han permitido construir sofisticados experimentos, inimaginables hace apenas algunos años, y se ha conseguido, gracias al desarrollo teórico y de las herramientas de cálculo, avanzar considerablemente en la comprensión básica de los procesos que controlan el confinamiento de las reacciones de fusión, alimentando la esperanza de una cercana materialización de esta fuente de energía.

La investigación en este campo se realiza fundamentalmente alrededor de "grandes instalaciones científicas", verdaderos motores científicos, tecnológicos e incluso industriales que, debido a su complejidad y alto coste, sólo están disponibles en unos pocos países. En España, desde 1998, está disponible en el CIEMAT la instalación de fusión por confinamiento magnético del tipo Stellarator TJ-II, catalogada como "Gran Instalación Científica", considerada entre las tres más avanzadas de su clase en el mundo y que pretende ser el catalizador que impulse y aglutine en nuestro país la investigación en esta área de trabajo. Adicionalmente, existen diversos grupos universitarios que realizan investigación en fusión en los dos métodos principales de confinamiento de la fusión: magnético e inercial.

Es de destacar que la instalación TJ-II se encuentra totalmente integrada, a través de la Asociación EURATOM-CIEMAT, dentro del programa Europeo de Fusión que explota científicamente el Tokamak más importante del mundo (JET), construye un stellarator superconductor (Wendelstein 7-X) y se encuentra en fase de definición del primer prototipo de reactor de fusión magnético (ITER), en una amplia colaboración internacional.

La investigación en fusión requiere la utilización de un amplio abanico de tecnologías llevándolas, en muchos casos, a los límites del estado del arte. Entre otras, cabe citar: ingeniería de alta precisión (eléctrica, mecánica), bobinas superconductoras, sistemas de microondas de alta frecuencia (>40 GHz, 100 kW), sistemas de aceleración e inyección de haces neutros (>30 keV, >500 kW), alto vacío, recubrimientos, técnicas de diagnosis (láseres, rayos X, espectroscopía, microondas, sondas magnéticas, sondas de Langmuir y haces

de partículas), sistemas de control en tiempo real, tratamiento de grandes masas de datos, transmisión de señales, operación remota de experimentos, supercomputación, mantenimiento remoto (robótica), materiales resistentes a altas temperaturas, materiales resistentes a flujos de neutrones.

Algunas de estas tecnologías comparten campos afines con los grandes aceleradores, como los sistemas de alto vacío, generación de campos magnéticos o sistemas de aceleración de partículas utilizados para calentamiento del plasma, por lo que deberá considerarse de forma prioritaria una sinergia en las tecnologías de soporte para ambas disciplinas.

Ámbito

Actividades orientadas a la explotación científica y tecnológica de la instalación española TJ-II y, en particular:

- Investigación teórica en fenómenos característicos de plasmas tipo stellarator (equilibrio y estabilidad, transporte de partículas y energía, fenómenos cinéticos, turbulencia,...).
- Desarrollo de técnicas de medida aplicadas a plasmas de fusión nuclear.
- Investigación y desarrollo en técnicas experimentales de optimización y control de las propiedades de plasmas. Desarrollo de sistemas de control, adquisición, gestión y procesado rápido de datos en dispositivos de fusión nuclear. Técnicas de participación remota en experimentos.
- Estudio y desarrollo de métodos de calentamiento de plasmas, como la inyección de haces energéticos de partículas (NBI), introducción de radiofrecuencia (ECH, ICRH, IBW,...).
- Desarrollo de técnicas de deposición y caracterización de recubrimientos de pared.
- Participación en los grandes proyectos europeos como JET, ITER, Wendelstein 7-X en el campo magnético, o LMJ en el inercial, en sus facetas científicas y tecnológicas.
- Investigación y desarrollo del método de confinamiento inercial de la fusión.
- Investigación en materiales relevantes para la fusión nuclear.

Divulgación de la Ciencia y la Tecnología

Una de las deficiencias detectadas en el Sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa es la referida al escaso nivel científico-tecnológico de la sociedad española en su conjunto y los efectos que se derivan de ello. Esta situación ha conducido a definir como objetivo estratégico del PN el de contribuir a incrementar el nivel de la cultura científica y tecnológica de la sociedad española.

Aunque la satisfacción a largo plazo de este objetivo implica actuaciones en diversos ámbitos (desde el educativo hasta modificaciones en los hábitos culturales), en el contexto del PN se aborda mediante la definición de una acción estratégica denominada **“Divulgación de la Ciencia y la Tecnología”**

La implementación de esta acción estratégica debe abordarse desde una perspectiva horizontal que afecta a todo el PN y, por tanto, a todas las áreas prioritarias del mismo, e implicando en la ejecución de la acción estratégica a todos los gestores de las áreas y a los responsables de todas aquellas actividades cuyos resultados tienen una potencialidad de servir a los objetivos de la acción. No obstante, y por razones meramente de organización del PN, la acción estratégica se ha incluido dentro del área de investigación básica no orientada.

El objetivo último de la acción es el de modificar unos hábitos preestablecidos entre los investigadores del sistema público, centros tecnológicos y empresas españolas de no valorar, o hacerlo en muy escasa medida, los esfuerzos tendentes a divulgar sus actividades y logros, y favorecer con ello el rol de “divulgador científico o tecnológico” entre los agentes del Sistema español de C-T-E.

Seguidamente se indican algunas de las posibles actuaciones contempladas en esta acción. El conjunto de actuaciones descritas constituye un ejemplo de las que se pueden poner en marcha a lo largo del periodo cubierto por el PN. Otras adicionales podrán realizarse apoyando las iniciativas de los agentes del Sistema.

- **Fomento de las actividades de divulgación y difusión cultural.**

Se trata de favorecer las actividades de divulgación de la ciencia y la tecnología en organismos e instituciones de educación, investigación o culturales, tanto públicas como privadas, y con especial atención a las gestionadas por las administraciones públicas. Se pretende así fomentar la organización de actividades temáticas permanentes o temporales, ya sea en centros especialmente destinados a ese fin (como museos o centros culturales) o en los propios centros de investigación españoles.

- **Fomento del conocimiento de la realidad científico y técnica.**

Se trata de apoyar la realización de estudios y análisis de las capacidades científicas y tecnológicas del Sistema español de C-T-E desde diferentes perspectivas, así como de sectores concretos del mismo. Se pretende que estos análisis estén adaptados a la realidad de nuestro país y del entorno europeo de Ciencia y Tecnología en el que España participa.

- **Presentación, con carácter divulgador, de resultados de las actividades financiadas en el PN.**

Uno de los compromisos ligados a la financiación de actividades de I+D+I en el sector público es la comunicación de los resultados alcanzados. No obstante, esta comunicación se realiza generalmente desde la óptica de los resultados científicos o tecnológicos relevantes en foros y revistas especializadas, no llegando, salvo en raras excepciones, al conocimiento de la sociedad española en su conjunto. En cualquier caso, se tendrán en cuenta las limitaciones derivadas de la protección de resultados, mucho más exigente en actividades del carácter aplicado en el contexto empresarial.

Las actuaciones orientadas a la comunicación entre especialistas deben seguir existiendo como parte de las actuaciones en las áreas prioritarias del PN, pero se deberán complementar con otras que permitan divulgar en términos menos técnicos esos resultados a amplias capas de la población. Se pretende aumentar la sensibilización y el interés de la sociedad española en estos temas, y apoyar la implicación y el esfuerzo de los poderes públicos en estos aspectos. En definitiva, demostrar que la ciencia y la tecnología están al servicio del bienestar del ciudadano.

- **Establecimiento de seminarios o encuentros dirigidos a la divulgación científica y tecnológica y al papel de ésta en la sociedad.**

Con este tipo de actuaciones se pretende cubrir la necesidad de mantener foros de reflexión y discusión abiertos sobre los efectos de la ciencia y la tecnología, y las consecuencias de su evolución, implicando a personas e instituciones de diverso tipo desde una óptica claramente multidisciplinar. Se considera conveniente que estas actuaciones estén en lo posible coordinadas con las que puedan realizar diversas fundaciones de carácter privado o público.

- **Creación de material científico y tecnológico de divulgación.**

Se trata de aprovechar las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones y los modelos educativos para crear material de divulgación sobre diversos temas científicos y tecnológicos. Especial atención se prestará al uso de Internet en cooperación con las actuaciones previstas en las áreas de Socioeconomía y Sociedad de la Información.

- **Apoyo al periodismo científico y tecnológico de divulgación.**

Se trata de fomentar la existencia de programas en los medios de comunicación audiovisuales y en secciones de la prensa escrita, con la aportación continua de información sobre ciencia y tecnología relacionada con el PN, así como apoyar la formación especializada de profesionales de las ciencias de la información en ciencia y tecnología.

Áreas científico-tecnológicas

Las áreas científico-tecnológicas identificadas como prioritarias pueden clasificarse en dos grupos: áreas específicas más ligadas a los dominios científicos incluidos en el área de investigación básica y áreas horizontales que sirven de apoyo a todas las demás.

Áreas específicas: Biomedicina, Biotecnología, Recursos Naturales, Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, Materiales, y Procesos y Productos Químicos.

Áreas horizontales: Diseño y Producción Industrial, Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y Socioeconomía.

Existen cuatro aspectos que deben abordarse en todas las áreas y que, por tanto, no se mencionan explícitamente en cada una de ellas:

- Consideración de los **aspectos socioeconómicos** relevantes. Aunque se ha incluido un área científico-tecnológica específica de Socioeconomía, se considera necesario asociar una perspectiva o dimensión socioeconómica a todas las áreas. De esta forma, se logrará una mejor interacción entre los investigadores del área de Socioeconomía con los de las demás áreas, favoreciéndose la multi e interdisciplinariedad.
- **Percepción social** de la importancia de la investigación y de los **aspectos éticos** de la misma. Existe el convencimiento de que es necesario profundizar en la implicación de la sociedad en los resultados de la investigación y los efectos de la misma sobre el ciudadano a corto, medio y largo plazo, así como en analizar los límites de la misma, sobre todo en aquellos aspectos que tienen que ver con la bioética, el acceso a información sensible y el control de los experimentos científicos.
- Consideración de los **aspectos prenormativos, de ensayos y homologación**, así como, en su caso, facilitar los procesos de fabricación que mejoren la calidad de las actuaciones previstas en las áreas y que faciliten la disponibilidad de instrumentación de calidad, atendiendo asimismo a las necesidades de personas con especiales requerimientos.
- Incremento del uso de las **tecnologías de la información y las comunicaciones** en todas las áreas científico-tecnológicas. Con independencia de la existencia de un área específica de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, se considera estratégico incluir en la medida de lo posible componentes y sistemas electrónicos o informáticos en

los productos o procesos que se desarrollen en cualquiera de las áreas científico-tecnológicas.

Adicionalmente, y durante el proceso de puesta en marcha del PN, puede considerarse conveniente establecer acciones que aborden temas que impliquen a varias áreas y que obliguen a una coordinación de las convocatorias de ayudas correspondientes a dichas áreas.

Área de Biomedicina

Área de Biomedicina

1. INTRODUCCIÓN

El **ámbito científico-técnico cubierto por el área** de biomedicina abarca las áreas de conocimiento en las que la biología, la bioquímica y otras disciplinas relacionadas sirven de base y vehículo para la resolución de los problemas de salud del ser humano, que no se limitan a las posibles alteraciones o enfermedades, sino al mejor conocimiento de su fisiología y desarrollo normal y armónico. Igualmente se debe incluir la investigación en salud pública y en servicios de salud, donde la epidemiología, la sociología, la economía y otras disciplinas afines tienen su aplicación.

La prolongación de la vida media y la aparición de manifestaciones patológicas crónicas asociadas a la edad contribuyen de manera decisiva a hacer de la biomedicina una herramienta fundamental en los albores del siglo XXI. El extraordinario avance de la genética molecular y el conocimiento de la secuencia del DNA en algunos seres vivos hacen de la biomedicina el arma estratégica del bienestar social del futuro inmediato. Tres son los principales retos de la biomedicina: 1) alcanzar un conocimiento preciso sobre los mecanismos moleculares, bioquímicos y celulares implicados en la etiopatogenia de las enfermedades, a la vez que determinar la importancia de los aspectos epigenéticos en su génesis; 2) desarrollar las herramientas terapéuticas racionales capaces de paliar la patología y la sintomatología con ella asociada; y 3) implementar las nuevas tecnologías para promover una medicina social, confortable y que favorezca la calidad de vida de los ciudadanos.

El progreso alcanzado en la mejora de la calidad y esperanza de vida se ha basado en un mejor conocimiento de los mecanismos moleculares, bioquímicos, celulares, genéticos, fisiopatológicos y epidemiológicos de las enfermedades o problemas de salud que constituyen el objeto fundamental de la investigación biomédica.

La necesidad de una mayor interrelación entre la investigación clínica y básica está plenamente aceptada en el plano teórico, y consta en los preámbulos y declaraciones de intenciones de programas y planes de investigación, tanto a nivel europeo como nacional o regional. Sin embargo, a pesar de algunos progresos, persiste la idea de que se puede y se debe hacer mucho más para permitir una interacción clara entre ambas.

Es preciso insistir en que la integración de la investigación con la práctica clínica garantiza una mayor calidad de los servicios de salud, y una mejor y más rápida implantación de los avances científicos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de ciertas enfermedades, así como un tratamiento más ético y eficiente de los pacientes.

La aplicación en biomedicina de las nuevas tecnologías surgidas como futuro del desarrollo de la ingeniería genética no es posible sin el desarrollo de la bioinformática. Las secuencias de DNA generadas y las que conlleva el estudio del genoma humano hacen de la bioinformática una de las herramientas cada vez más necesarias en el tercer milenio. Además, el uso de la telemática en medicina añade un nuevo factor que potencia el papel que las tecnologías de la información van a desempeñar en el futuro de la biomedicina.

La identificación de las células madre en el ser humano permite vislumbrar el desarrollo de nuevas estrategias para el trasplante de órganos y tejidos. La posibilidad de diferenciar in vitro células totipotentes hacia los distintos linajes celulares, junto con el trasplante nuclear de células somáticas permitirá establecer las condiciones óptimas para el trasplante de órganos sin rechazo. Además, la utilización de la terapia génica facilitará el abordaje de las enfermedades genéticas.

Por todo ello, es importante que en los próximos 10 años nuestro país pueda incorporarse de forma eficaz a esta nueva medicina. Esto sólo será posible mediante el desarrollo de proyectos de alta calidad en Biomedicina, que interesen a la comunidad y a los ciudadanos, y que sirvan de base para poder estimular la transferencia rápida de la investigación hacia la aplicación clínica.

La **justificación de la priorización del área**, basada en diferentes criterios, deberá, pues, dar satisfacción a los retos de la práctica clínica y del tratamiento de las enfermedades.

En cuanto a los criterios de carácter científico o tecnológico, conviene señalar que si bien es patente la mejoría registrada por diversos indicadores de bienestar socioeconómico y sanitario, son muchos todavía los problemas no resueltos satisfactoriamente en el área de la Biomedicina, que condicionan la persistencia de grandes grupos de enfermedades (cardiovasculares, neoplásicas, degenerativas, infecciosas, entre otras) responsables de una gran morbilidad, mortalidad y pérdida potencial de años de vida productivos. La investigación básica debe abordar las causas bioquímicas, moleculares y celulares de las enfermedades como consecuencia del desarrollo de la ingeniería genética y de las nuevas aplicaciones de la investigación genómica a la hora de definir el origen y tratamiento de numerosas enfermedades.

En este sentido, en España existe una comunidad científica de calidad, si bien la masa crítica investigadora sigue siendo reducida, pues muchos de los grupos de excelencia son pequeños y están fragmentados, por lo que debe mejorarse la colaboración entre ellos. Este hecho conlleva que su impacto a nivel internacional no alcance el nivel deseado, salvo excepciones.

A la hora de considerar los criterios de carácter económico y empresarial, hay que tener en cuenta nuestro nivel de dependencia tecnológica, ya que los sectores industriales farmacéutico y de bienes de equipo hospitalario (equipos médicos, prótesis, aparatos de medida) están muy lejos de poder satisfacer las necesidades nacionales, por lo que la dependencia del exterior es muy elevada.

Las empresas farmacéuticas nacionales e internacionales asentadas en España, acreditan un insuficiente potencial de desarrollo local en áreas de I+D, por lo que deben fomentarse mejoras en el desarrollo de sus actividades, teniendo en cuenta las dificultades a las que se enfrentan. Por otra parte, la biomedicina postgenómica adquiere un enorme interés en el desarrollo de las actividades de la industria farmacéutica, ya que permitirá el tratamiento de las enfermedades con el conocimiento preciso sobre sus causas. Una buena parte de las empresas farmacéuticas de mayor tamaño están potenciando la investigación genómica y postgenómica, aplicando fuertes recursos económicos a estas actividades.

Teniendo en cuenta algunos estudios sectoriales existentes, las aplicaciones informáticas para mejorar las prestaciones ocupan un importante lugar en el segmento de alta tecnología. En el caso de tecnologías medias, estas oportunidades se basan en el aprovechamiento de la presencia industrial en España de multinacionales, lo que permitirá desarrollar equipos hospitalarios medios y pequeños, bien innovando o bien mejorando los ya existentes, para eliminar, en cierto modo, la mencionada dependencia del exterior.

Otro campo con grandes posibilidades potenciales es el del desarrollo de sistemas de comunicación e información en biomedicina. En este sentido, es importante señalar la absoluta necesidad de llevar a cabo investigaciones que permitan desarrollar sistemas de almacenamiento de la información y extracción de conocimientos.

El área de los reactivos para diagnóstico clínico tiene cierto desarrollo en España y un gran crecimiento, dado el elevado valor añadido de sus productos. Asimismo, existe un tejido industrial sanitario relacionado con la sanidad que proporciona productos consumibles de uso general, susceptible de mejorar mediante acciones específicas de I+D, aunque la dependencia del exterior es elevada.

En términos de competitividad, puede afirmarse que la producción farmacéutica está en consonancia con las necesidades del país y representa un factor estratégico de gran importancia. La industria farmacéutica viene colaborando, desde hace años, con los organismos públicos de investigación más variados, si bien debe estimularse desde la Administración la introducción de medidas adecuadas para el fomento de la investigación y desarrollo de productos farmacéuticos, potenciando grupos de investigación en las diferentes áreas de desarrollo de los medicamentos que, hoy por hoy, resultan todavía insuficientes para ser competitivos en los países de nuestro entorno.

La industria de biomateriales y equipos biomédicos cuenta en toda Europa con una tecnología de calidad y alto nivel, y en España mantiene actividades de colaboración con equipos de investigación de organismos públicos. Este es un sector que, con el respaldo necesario, tendría un mayor y mejor desarrollo, si se aproximan las necesidades de la industria a las capacidades de investigación de centros y hospitales, y se establecen mecanismos para una buena y rápida transferencia de ideas y tecnologías entre ambos sectores.

Por último, no hay que olvidar que la investigación biomédica y la atención sanitaria son demandas sociales prioritarias. La salud, como consecuencia de la aparición de nuevas enfermedades y de problemas sanitarios relacionados con la mayor esperanza y calidad de vida de la población, es un área con una fuerte demanda, con un previsiblemente fuerte crecimiento en los próximos años.

Entre las **principales dificultades que presenta esta área** cabe señalar el escaso nivel tecnológico existente, especialmente en las tecnologías emergentes, lo que conlleva una escasa participación de la industria en Investigación Biomédica en España. Este hecho está a su vez influido por el insuficiente desarrollo de herramientas que favorezcan la colaboración entre los sectores público y privado.

Desde el punto de vista institucional es reseñable la carencia de mecanismos sencillos para instaurar institutos de investigación biomédica conjuntos entre la Universidad, Organismos Públicos de Investigación y los Hospitales y, en su caso, las empresas, así como el desarrollo del concepto de hospital como centro de investigación, que plantea también dificultades notables, incluyendo aspectos de gestión y aspectos laborales. En este sentido, es importante una nueva concepción del hospital desde el punto de vista asistencial. Los hospitales universitarios deben considerar la docencia y la investigación como una actividad propia y de su competencia.

2. OBJETIVOS GENERALES

En relación a las **instalaciones científicas grandes y medias**, hay que señalar que no se considera necesario ni conveniente la creación de grandes complejos o instalaciones científicas dedicadas a la investigación biomédica. Sin embargo, es necesario y conveniente crear y dotar un número reducido de servicios generales que puedan servir como unidades de referencia tecnológica y centros de suministro común para diversas instituciones de investigación.

1. Centros de desarrollo y análisis de modelos animales de enfermedades

Dotación de centro(s) especializados en la fenotipación, distribución y criopreservación de modelos murinos. Este tipo de centro dispondrá de los medios necesarios y del personal especializado para detectar alteraciones de los diferentes órganos o sistemas durante el desarrollo o en animal adulto. Ello supone disponer de la metodología necesaria para:

- Generación y producción de ratones *knockouts*, *knockins* *Cre/Lox* y *knockouts* condicionales.
- Generación y producción de ratones transgénicos (cDNAs, BACs y YACs).
- Caracterización general del fenotipo y estudios conductuales especializados.
- Mantenimiento y reproducción de líneas transgénicas y otros modelos murinos de enfermedades humanas.

- Banco de esperma y embriones de ratón criopreservados, en coordinación con los otros bancos de embriones de ratón, accesibles a los investigadores españoles y europeos.
- Desarrollo de bases de datos relacionadas con líneas transgénicas y modelos murinos de enfermedades humanas.
- Servicio de microinyección de DNA y de células ES (*embryonic system cells*).
- Desarrollo de líneas de células ES de nuevas cepas de ratón.

2. Centros de recursos de terapia génica

La creación de un programa de recursos y desarrollo de terapia génica permitirá avanzar en el desarrollo de la investigación en este ámbito y facilitará la transferencia de conocimientos de la investigación básica a la clínica. La dotación de uno o más centros de recursos en terapia génica permitirá acelerar las acciones de los centros hospitalarios en los que se aplique terapia génica (especialmente en los servicios de oncología), contribuyendo a acercar los nuevos conocimientos a la práctica clínica.

Un centro de esta naturaleza deberá poder realizar las siguientes funciones:

- Realización de pruebas de seguridad biológica, tanto para vectores como para líneas celulares.
- Producción de vectores a gran escala de acuerdo con las normas GMP.
- Mantener y conservar vectores y líneas de interés para la terapia génica.
- Desarrollar ácidos nucleicos como agentes terapéuticos.

3. Centros de bioinformática

La información que está generando el estudio del genoma humano y el de otros organismos, las nuevas tecnologías para el análisis de las proteínas y la información sobre mutantes y expresión de genes, es de un volumen tan considerable que se requieren expertos y centros con la capacidad adecuada para manejar esta información y ponerla a disposición de los investigadores biomédicos y de los profesionales de las ciencias de la salud. El nodo EMBnet que se encuentra en el Centro Nacional de Biotecnología y que ofrece apoyo computacional a los investigadores españoles será pronto insuficiente para cubrir las necesidades de la investigación biomédica española, si bien podría dotársele para ampliar sus acciones. Se considera por tanto necesario un centro de Bioinformática que dé apoyo asimismo a las necesidades detectadas en el área de biotecnología y que cubra las siguientes necesidades:

- Mantenimiento de las bases de datos más relevantes para la investigación genómica.
- Desarrollo y mantenimiento de paquetes de programas integrados para análisis de secuencias.
- Ofrecer información para los investigadores sobre novedades y actualizaciones de bases de datos y software.

- Soporte especializado sobre análisis computacional de biosecuencias a los investigadores.

En lo referente a los **centros de competencia**, hay que considerar el carácter abierto que deben tener, con objeto de dar cobertura a múltiples instituciones, organismos y empresas, con el fin de optimizar los recursos disponibles.

1. Centros de investigación de excelencia en hospitales

El principal objetivo es desarrollar una estrategia global que incida positivamente en dos aspectos fundamentales para la investigación biomédica de calidad. En primer lugar, es necesario aproximar la investigación básica y clínica y, en segundo lugar, introducir y potenciar el concepto del hospital como centro de investigación.

De esta forma se pretende potenciar la investigación genómica y postgenómica, también tratada de una forma específica como acción estratégica en el área de biotecnología. Por otra parte, es necesario que se disponga de infraestructuras y se potencie la formación de recursos humanos que permitan su aplicación a las distintas áreas sectoriales, facilitándose, asimismo, la creación de nuevos modelos animales para la investigación biomédica, el desarrollo de la ingeniería celular y la terapia génica como modelos de desarrollo tecnológico encaminado a su implementación en la medicina clínica en el próximo milenio.

En este sentido, sería deseable la adecuación de los departamentos de los hospitales, orientándose de acuerdo con las necesidades reales de los pacientes y de la población. Desde el punto de vista de la investigación biomédica, una organización horizontal facilita la colaboración entre investigadores básicos y clínicos, y entre investigadores de diferentes especialidades, ya que los problemas a resolver adquieren mayor grado de concreción y aplicación práctica, y permiten un enfoque científico más homogéneo y pluridisciplinar, reduciendo el tiempo de transferencia de los conocimientos.

2. Centros tecnológicos en áreas de interés para sectores empresariales

Para la creación de este tipo de centros tecnológicos, es conveniente que el sector privado que realiza investigación, tanto la industria farmacéutica, como las empresas dedicadas al sector salud, establezca acuerdos con los organismos públicos de investigación de reconocido nivel científico. Asimismo, hay que promover la incorporación de las nuevas tecnologías a los sectores industriales, favoreciendo la colaboración entre el sector público y privado.

3. Centros distribuidos en red

Los posibles centros organizados en red han de coordinarse estrechamente con otras actuaciones propuestas en el área de biotecnología, como es la red de centros de investigación genómica y proteómica, ya que esta área tiene una aplicación horizontal y engloba distintos ámbitos como salud, medio ambiente y agroalimentación. El desarrollo tecnológico requerido para su puesta en marcha es similar en todas ellas y, por tanto, la optimización de los recursos aconseja en los primeros momentos su concentración, estimulando la investigación multidisciplinar.

Asimismo, el área de biotecnología contempla otras actuaciones como unidades de apoyo de secuenciación de DNA, de DNA microarrays y DNA chips, bioinformática, que deberán coordinarse con las propuestas de esta área en materia de implementación de desarrollo tecnológico capaz de mejorar la capacidad competitiva, como son:

- Unidades de desarrollo de tecnologías de secuenciación de alta eficacia, organizadas en red, que puedan dar servicio a usuarios, y facilitar la participación española en proyectos internacionales de secuenciación. Estas unidades también tienen un papel fundamental en proyectos de secuenciación de transcritos (ESTs), en el desarrollo y caracterización de colecciones de mutantes de disrupción génica para el análisis funcional y en el diagnóstico de enfermedades humanas.
- Unidades de desarrollo de tecnologías de análisis global de expresión: DNA microarrays y DNA chips, que permitan implantar en España esta tecnología con aplicaciones en el análisis funcional de genomas de especies modelo, en el análisis transcripcional de problemas de interés en otras especies (mediante la secuenciación y utilización de ESTs) y con posibilidades de aplicación en el diagnóstico de enfermedades humanas y en el desarrollo de nuevos fármacos.
- Desarrollo de estrategias globales de inactivación génica. Creación de colecciones de inserciones y/o mutatecas para el análisis funcional de especies modelo de secuencia genómica conocida o en proceso de realización. Estas herramientas permitirán la identificación de funciones de los genes identificados en los programas de secuenciación, definir dianas terapéuticas y contribuir al desarrollo de modelos animales para ciertas enfermedades.
- Bioinformática. Potenciación de unidades o redes de bioinformática que den apoyo a todas las actuaciones mencionadas previamente.

Entre los **objetivos específicos de las acciones horizontales del área**, son de destacar los siguientes:

- Potenciación de los recursos humanos en I+D

La disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados para las actividades de I+D en biomedicina es un factor fundamental para aprovechar las oportunidades que se puedan presentar a España en el ámbito mundial, aún más en esta etapa de formación y consolidación de la denominada sociedad del conocimiento. La formación adecuada de los profesionales de las ciencias de la salud (médicos, biólogos, bioquímicos, farmacéuticos, y otros profesionales), tanto predoctoral como postdoctoral, condiciona el desarrollo futuro de la investigación biomédica y de la calidad de la práctica clínica. Asimismo, la incorporación de investigadores postdoctorales en los equipos científicos de buen nivel permitirá aumentar la masa crítica y será un freno a la atomización de los mismos.

La formación clínica de postgrado en España es satisfactoria, si bien en el ámbito específico de la investigación biomédica no existe ningún programa de formación en ciencias básicas aplicable durante el periodo de residencia hospitalaria. Se considera por tanto conveniente arbitrar soluciones junto con los centros hospitalarios y la administración sanitaria a la hora de ofrecer becas post-residencia.

La creación de oportunidades para formar doctores e investigadores clínicos biomédicos puede proporcionar profesionales de alta cualificación en investigación biomédica a los diversos grupos y a los institutos de investigación, que, a su vez, sean capaces de liderar en el futuro nuevos equipos de investigación, y ser autosuficientes en su financiación. Se debe favorecer la reincorporación de investigadores que han recibido formación de alto nivel en el extranjero. También, debe considerarse la posibilidad de que los programas que actualmente se orientan hacia el extranjero puedan realizarse también en centros nacionales de calidad contrastada, ya que existen grupos españoles de reconocido prestigio internacional que pueden garantizar una sólida formación postdoctoral.

El área de biomedicina también es deficitaria en la formación de personal técnico de grado medio (incluida la formación de técnicos en informática médica), que en muchas ocasiones supone el eje para la verdadera consolidación de grupos de calidad. La formación de estos técnicos de grado medio debe realizarse, en su última fase, en estrecho contacto con la investigación real, es decir, participando directamente en las tareas investigadoras de grupos con capacidad demostrada. Debe establecerse un sistema de formación continuada en biomedicina para estos profesionales técnicos.

- Cooperación internacional

La cooperación internacional en investigación biomédica debe consistir fundamentalmente en apoyar la presencia y participación activa de España en los programas de I+D en biomedicina desarrollados en el V Programa Marco de la UE. Esta participación implica la incentivación activa y el apoyo para todas

aquellas solicitudes de grupos de investigación que colaboren con colegas europeos, y muy especialmente la incentivación y apoyo a aquellos proyectos de calidad que puedan ser coordinados y dirigidos por investigadores españoles, en colaboración con otros socios de la UE.

Por otra parte se considera necesario promover el desarrollo de la colaboración en el área de genómica entre España y laboratorios internacionales, especializados en los que España participa y que desarrollan actividades en esta área de investigación. El Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL) constituye uno de los centros de referencia internacionales en el área de biología molecular y celular, tanto por el avance científico como por el desarrollo tecnológico realizado.

Otro aspecto de especial interés, en el que España puede asumir una posición de liderazgo es la planificación, conducción y desarrollo de ensayos clínicos multinacionales que difícilmente van a ser objeto de comercialización por la industria farmacéutica y que, por tanto, no van a ser patrocinados totalmente por la misma.

- Transferencia y difusión de conocimientos y resultados

Es deseable la incentivación de todo tipo de empresas interesadas en proyectos de investigación biomédica básica, lo que permitirá una mejor transferencia de resultados de la investigación y facilitará el desarrollo de nuevas acciones de investigación. La protección adecuada de los resultados obtenidos pasa por la existencia de una buena información sobre los mecanismos para su registro y patente, y sobre las posibilidades de colaborar con la industria en su explotación. En caso necesario, los organismos encargados de financiar la investigación deben disponer de un procedimiento normalizado de trabajo para resolver estas dudas a los investigadores y salvaguardar los derechos de todos los implicados en el proyecto, que necesariamente incluyen también al financiador público.

La divulgación y difusión científica y tecnológica de los resultados de la investigación biomédica en España, tanto propia como en colaboración internacional, debe perseguir siempre, en primer lugar, la publicación de trabajos científicos originales en revistas internacionales con sistemas de peer-review y de alto factor de impacto.

Asimismo, es necesario que los investigadores en biomedicina y los organismos públicos de investigación sepan difundir los resultados, problemas, avances y limitaciones a toda la sociedad española. Para ello son necesarios criterios y recomendaciones inequívocas respecto a la ética, transparencia, integridad científica y capacidad de comunicación, especialmente importante en la relación con los medios de opinión pública, y, cuando sea necesario, con los organismos encargados de la supervisión y el control de la función pública.

En relación a los **aspectos genéricos**, en todas las áreas se deben tener en cuenta los aspectos económicos, fundamentalmente desde el punto de vista de

la investigación evaluativa. Igualmente y fundamental es la evaluación socioeconómica dirigida a mejorar la información y aumentar el conocimiento acerca de aquellas cuestiones relacionadas con la seguridad, efectividad, eficiencia y uso apropiado de tecnologías médicas que han sido identificadas como de alto interés por el Sistema Nacional de la Salud.

En relación a los aspectos éticos, los últimos avances en biomedicina, las tecnologías que las acompañan, así como su aplicación en la práctica de la medicina, provocan cierta preocupación en la población y plantean ciertos problemas éticos en la sociedad. En este sentido, en 1996 el Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Biomédicas (CIOMS), en colaboración con la OMS, editó las “Normas éticas internacionales para las investigaciones biomédicas con sujetos humanos”, que desarrollan de forma cuidadosa y extensa los aspectos relativos al consentimiento informado de los sujetos, a la selección de los sujetos en las investigaciones, al carácter confidencial de los datos, a la indemnización de sujetos por lesiones accidentales, a los procedimientos de evaluación y a las investigaciones con patrocinadores externos.

Por otra parte, España firmó en abril de 1997 el “Convenio relativo a los Derechos Humanos y la Biomedicina”, elaborado por el Consejo de Europa, firmado por 40 países miembro más Estados Unidos, Canadá, Japón, Australia y la Santa Sede. En él se aborda exhaustivamente el consentimiento informado, los ensayos clínicos, el derecho a la intimidad y los interrogantes de la genética.

Además, existe un Grupo Europeo de Ética en Ciencias y Nuevas Tecnologías que ha elaborado recientemente un informe sobre los aspectos éticos de la investigación en que se ven afectados embriones humanos. En él se recomienda no financiar proyectos europeos que concluyen con la destrucción del embrión, por lo que, en la práctica, significa no apoyar ninguna investigación con embriones humanos.

En 1998 se ha creado, en el seno de la UNESCO, la Comisión Mundial de la Ética en la Ciencia y la Tecnología, que está preparando un documento de recomendaciones a seguir en el desarrollo de la investigación.

Por otra parte, el rápido progreso de la secuenciación del genoma humano exige una profunda evaluación de los aspectos éticos, legales y sociales derivados de la disposición de datos genéticos. Para estudiar estos aspectos es necesario crear un foro de reflexión permanente sobre los aspectos éticos, legales y sociales de la biomedicina postgenómica. Uno de los aspectos más importantes a tratar es la protección de la confidencialidad de la información clínica y genética de cada persona. Asimismo, se deben emprender acciones dirigidas a que los profesionales sanitarios actualicen sus conocimientos de forma que pueda utilizar adecuadamente la información proporcionada por estos nuevos métodos.

La investigación sobre ética biomédica tratará sobre las normas generales de respeto de la dignidad humana y protección del individuo en el contexto de la

investigación biomédica y sus aplicaciones clínicas. Se estudiarán el impacto social y la percepción pública de los problemas relacionados con los avances en biomedicina. Se tomarán medidas para fomentar la participación de todos los socios activos en esta área (universidades, hospitales, organizaciones de investigación, institutos de bioética, asociaciones de pacientes y de asistencia sanitaria).

Las tareas de investigación incluirán los siguientes puntos:

- Procreación asistida, incluida la selección de gametos, la preimplantación y el diagnóstico prenatal, investigación sobre el embrión humano, donación de espermatozoides y óvulos y su posible conservación y sobre la anticoncepción.
- Análisis del genoma humano y sus aplicaciones clínicas, incluidas las pruebas, el despistaje y la terapia, especialmente en enfermedades multifactoriales y despistaje genético en el lugar de trabajo.
- Aspectos éticos de la investigación sobre el cerebro y las neurociencias.
- Temas relacionados con el fin de la vida, incluidos los cuidados paliativos, prolongación artificial de la vida por modernas técnicas médicas, reanimación, tratamiento del dolor en la fase terminal y eutanasia.
- Trasplante de órganos y tejidos, incluido el uso de células, tejidos (como el tejido de ovario fetal) y órganos humanos, así como xenotrasplantes y temas relativos a los bancos de tejidos y de órganos.
- Consentimiento y autonomía de los pacientes: consentimiento informado del individuo para el diagnóstico, terapia, prevención o investigación, incluido el consentimiento de poblaciones vulnerables como, por ejemplo, presos y pacientes con sus facultades mentales disminuidas.
- Aspectos éticos de las metodologías de la investigación (uso de animales y sus alternativas, problemas específicos de los ensayos clínicos en países en desarrollo).
- Aspectos éticos de las decisiones médicas, en cuidados intensivos neonatales o en situaciones de urgencia.
- Valores fundamentales (dignidad e integridad humana, consentimiento, autonomía y privacidad, libertad y responsabilidad, conceptos de riesgo, solidaridad y justicia social).
- Protección del embrión y del feto desde el punto de vista de la sociedad.
- Metodologías y estructuras de bioética: investigación sobre organismos éticos de Europa, debate público y actividades de concienciación pública, conferencias sobre consenso, intercambio de experiencias, encuestas de opinión, recopilación y evaluación de normas comparativas, bases de datos e infraestructuras. Metodologías multidisciplinares y enfoques transculturales.
- Asesoría genética y otros usos sociales (forense) de la investigación sobre el genoma humano.
- Normas jurídicas o éticas de la investigación sobre nuevos productos farmacéuticos.
- Confidencialidad y privacidad de los datos médicos, genéticos o no genéticos, resaltando el problema específico planteado por los modernos

sistemas de información, como la información con transferencia automática de datos.

- Derechos de propiedad intelectual, especialmente en cuanto al genoma humano y los bancos de datos, en el contexto de la protección jurídica de los inventos biotecnológicos.
- Asignación de recursos: dimensiones ética y social de las opciones que deben tomarse en los presupuestos de sanidad y en la asignación de recursos.
- Ética de la prevención, seguros y otros aspectos socioeconómicos y jurídicos de la asignación de recursos y prioridades en la asistencia sanitaria.
- Evaluación del impacto de los descubrimientos de la investigación en medicina y salud sobre los valores de la sociedad.

En relación a los aspectos prenormativos, de homologación, de ensayos y de producción, hay que considerar la especial relevancia de los productos de incidencia sobre la salud, ya que la investigación prenORMATIVA va a crear el soporte técnico necesario para el diseño, determinación y validación de los ensayos de verificación del cumplimiento de los requisitos establecidos en la legislación vigente, para garantizar la seguridad y eficacia de los productos en el mercado.

También se considerará como investigación orientada a la resolución de los problemas industriales una vez transferidos los resultados de investigación (componente socioeconómico):

- Diseñar y validar ensayos que permitan conocer mejor los productos y verificar el cumplimiento de exigencias legales.
- Optimizar el proceso de producción de acuerdo con los sistemas de validación de la calidad establecidos por el fabricante y en consonancia con las Good Manufacturing Practice (GUP).

Un aspecto genérico de aplicación horizontal son las tecnologías de la información y comunicaciones. En este sentido, dichas tecnologías están revolucionando no sólo el tejido económico y productivo, con sus efectos sobre los procesos de producción y organización del trabajo, sino también la vida diaria de los ciudadanos y las características de la estructura social en general. En este contexto, la I+D es uno de los agentes relevantes de actuación en el proceso general de innovación social que se está produciendo. Caen dentro de estas acciones la necesidad de metodologías clínicas, redes protegidas y sistemas de telemedicina, que ofrecen soluciones para las necesidades sanitarias y de gestión de los servicios de salud. Estos aspectos se complementan con el área Sociosanitaria y la acción estratégica de Telemedicina en el área de Sociedad de la Información.

En lo que respecta a la **relación con el V Programa Marco (PM)** de I+D de la Unión Europea, hay que señalar, en primer lugar, el alto grado de sintonía entre

ambos esquemas, ya que hay una estrecha relación con el Programa de Calidad de Vida y Gestión de los Recursos Vivos del VPM, no sólo en cuanto al enfoque de ambos programas, ya que se persigue igualmente la integración de tecnologías e investigaciones innovadoras con la explotación de los avances biológicos en el campo de la sanidad, sino también en lo que se refiere a los objetivos, reforzándose claramente de esta forma el ámbito de actuación.

En este sentido, en la Acción clave de Alimentos, nutrición y salud se contemplan aspectos como las necesidades nutritivas de grupos de población especiales, la relación dieta/enfermedades y trastornos crónicos. Asimismo, existen similitudes con los contenidos de la Acción clave de Control de enfermedades infecciosas en todo lo relativo a desarrollo de vacunas, estrategias de tratamiento y prevención, así como en lo relacionado con sanidad pública. En la Acción clave de la Fábrica celular se prioriza la investigación sobre procedimientos y productos sanitarios de carácter nuevo e innovador, mientras que en la Acción clave de Medio ambiente y salud, se contemplan aspectos como la prevención y tratamiento de las enfermedades y alergias relacionadas con el medio ambiente, así como su diagnóstico, determinación y gestión de riesgos para atenuar las causas. Por último, en la Acción Clave de envejecimiento se incluyen todos los aspectos relativos a enfermedades relacionadas con la edad, epidemiología, limitaciones funcionales y servicios de asistencia sanitaria y social.

En lo que respecta a sus acciones genéricas, el Programa de Calidad de Vida contempla todo lo relacionado con enfermedades crónicas y degenerativas, cáncer, diabetes, enfermedades cardiovasculares y poco frecuentes. Asimismo se prioriza la investigación sobre genomas y enfermedades de origen genético, así como la investigación en neurociencias, salud pública y servicios sanitarios, discapacidades, ética biomédica y aspectos socioeconómicos.

Por último, el tercer nivel de actuación del PM, es decir, las infraestructuras de investigación, contemplan el acceso a instalaciones de investigación preclínica y clínica, así como a colecciones biológicas.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

Las prioridades temáticas en la investigación biomédica deben establecerse de acuerdo con los problemas que afectan a la salud de la población española. Sin embargo, para establecer estas prioridades es necesario considerar los aspectos generales siguientes:

- a) La investigación que hay que potenciar y financiar, independientemente de cualquier otro criterio, debe ser de calidad y con capacidad de alcanzar resultados científica y tecnológicamente válidos. Se considera necesaria la existencia de mecanismos rigurosos y normalizados de evaluación de los resultados alcanzados en las investigaciones y desarrollos para obtener el máximo rendimiento de los fondos empleados.

- b) Se considera necesario establecer prioridades en torno a los mecanismos fisiopatológicos y moleculares comunes a varias enfermedades, a la vez que en torno a proyectos o líneas de investigación que permitan establecer un conocimiento profundo de las bases moleculares, genéticas y fisiopatológicas, incluyendo, asimismo, las fases clínicas de diagnóstico y tratamiento y, finalmente, la evaluación de los servicios sanitarios (“core programs”). La colaboración interdisciplinaria y multidisciplinaria debe ser una de las actuaciones básicas en este programa para desarrollar una investigación cada vez más competitiva y realista.
- c) La mayor inversión en el futuro debe orientarse, lógicamente, hacia aquellos centros, grupos o líneas de trabajo cuyas actividades y resultados permitan garantizar una investigación de alto nivel, y competitiva con la de otros países.

Las principales líneas de I+D serán, por tanto: 1) investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías; 2) investigación clínica, fisiopatológica y terapéutica, y 3) investigación epidemiológica en salud pública y en servicios de la salud.

Es de destacar la especial atención que deberá procurarse a la coordinación de muchas de estas líneas prioritarias con las actividades llevadas a cabo fundamentalmente en el área científico-tecnológica de biotecnología, debido a la estrecha relación entre ambas.

1. Investigación, desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías

1.1. La investigación genómica y sus consecuencias

El gran reto de la investigación biomédica postgenómica será conocer y entender el papel de cada una de las proteínas codificadas por los 100.000 genes del genoma humano. Esta investigación se resolverá a distintos niveles: la estructura de la secuencia del DNA codificante y promotora; la variabilidad de secuencias dentro de la especie entre especies; las variabilidades de expresión a nivel de RNA en función del tiempo-lugar en el desarrollo, las respuestas fisiológicas y las enfermedades; la localización subcelular; y las interacciones intermoleculares de las proteínas.

La tecnología de los biochips proporciona un gran potencial para el estudio, en parte, de la complejidad del genoma humano. Los estudios de expresión permiten determinar los niveles de RNA de la totalidad de los transcritos de nuestro organismo; a nivel de genotipación, los biochips ofrecen la posibilidad de determinar las variantes de centenares de miles de genes, permitiendo la evaluación del origen de enfermedades complejas. Desde el punto de vista del diagnóstico, la tecnología de los biochips permitirá estudiar la susceptibilidad del organismo para un considerable número de enfermedades.

1.1.1. Conocer y entender el papel de las proteínas codificadas, lo que se resolverá a distintos niveles: la estructura de la secuencia del DNA codificante y

promotora; la variabilidad de secuencias dentro de la especie entre especies; las variabilidades de expresión a nivel de RNA en el desarrollo; las respuestas fisiológicas y las enfermedades, y la localización subcelular y las interacciones moleculares de las proteínas.

1.1.2. Investigación de los mecanismos moleculares de las enfermedades: alteraciones en la regulación del ciclo celular, señalización inter e intracelular, apoptosis, diferenciación celular y senescencia en patología humana, reparación de DNA, análisis de resistencia a fármacos, alteraciones genéticas implicadas en enfermedades hereditarias poco frecuentes.

1.1.3. Análisis estructural de macromoléculas y estructuras subcelulares: mimetismo molecular, secuenciación de proteínas por *electronanospray*.

1.1.4. Desarrollo de la química combinatoria. Síntesis de oligopéptidos y oligonucleótidos.

1.1.5. Desarrollo de técnicas de diseño molecular. Quimioinformática, modelización molecular y química computacional.

1.1.6. Diseño de microrrobótica, tanto para procesos de síntesis como para manejo de muestras.

1.2. Desarrollo de modelos animales y celulares para el estudio de enfermedades humanas

El avance en el conocimiento del genoma del ratón y la capacidad tecnológica para manipularlo de forma específica, ha impulsado su utilización en el estudio de los procesos biológicos normales y patológicos de los mamíferos. Por otra parte, es conveniente estimular el desarrollo de modelos biológicos alternativos al uso de animales de experimentación.

1.2.1. Desarrollo de animales transgénicos (sobreexpresión, cambio de aminoácidos, *knockouts*, *knockins* i *knockouts* condicionales) para genes implicados en enfermedades humanas.

1.2.2. Caracterización del fenotipo resultante de la manipulación genética.

1.2.3. Desarrollo y caracterización de modelos animales simples (*C. Elegans*, *Drosophyla*) y de modelos celulares de enfermedad.

1.3. Terapia génica e ingeniería celular tisular

La terapia génica se está convirtiendo en un instrumento con gran potencial para proporcionar un tratamiento efectivo para enfermedades tan diversas como las hereditarias, el cáncer, las alteraciones cardiovasculares, las alteraciones inmunológicas y las enfermedades infecciosas. Las principales áreas a desarrollar incluyen:

1.3.1. Técnicas de aislamiento y manipulación de células progenitoras orientadas al análisis e intervención del programa de diferenciación hacia diversos tejidos; modelos experimentales de trasplantes de células y tejidos.

1.3.2. Desarrollo de vectores seguros, eficaces y específicos.

1.4. Investigación farmacéutica

1.4.1. Diseño, síntesis y análisis biológico de nuevas moléculas y productos de interés farmacéutico.

1.4.2. Nuevas formas de vehiculización de fármacos, incluyendo moléculas biológicas y productos biotecnológicos para la preparación, evaluación y elaboración de medicamentos.

1.4.3. Diseño de dispositivos para administración de fármacos.

2. Investigación clínica, fisiopatológica y terapéutica

La investigación biomédica es aquella que se centra en el paciente. En el pasado gran parte de la investigación clínica era fundamentalmente descriptiva, pero en la actualidad, y más aún de cara al futuro, debe priorizarse la destinada a dar respuesta a los problemas concretos de los pacientes, tratando de encontrar respuestas a las causas y mecanismos fisiopatológicos de una enfermedad o síndrome concreto y a desarrollar nuevos tratamientos para problemas clínicos específicos. En este sentido, la moderna investigación clínica no debe limitarse a observaciones o estudios realizados en el paciente o en muestras de origen humano, sino que también debe incluir la realizada en modelos experimentales de enfermedades humanas para profundizar en el mecanismo de los trastornos observados.

En este sentido, se priorizará la investigación clínica, la fisiopatológica y la terapéutica que proyecte un abordaje multidisciplinar e interdisciplinar, integrando investigadores y metodologías de las ciencias básicas y clínicas.

2.1. Investigación fisiopatológica. Modelos experimentales de enfermedades humanas. Mecanismos moleculares y celulares de alteraciones patológicas concretas. Fisiología aplicada.

2.2. Avances en el diagnóstico y pronóstico. Marcadores biológicos para el diagnóstico precoz. Marcadores pronósticos e historia natural de ciertas enfermedades (neoplásicas, neurológicas, mentales, crónicas, cardiovasculares). Neurobiología de la adicción. Diagnóstico y tratamiento prenatal de enfermedades genéticas. Desarrollo de métodos diagnósticos no invasivos. La microbiología clínica en enfermedades víricas crónicas, sistema inmune e infecciones.

2.3. Nuevos desarrollos terapéuticos. Investigación preclínica en modelos celulares y animales. Farmacología clínica. Ensayos clínicos en fase 1 y estudios piloto de nuevas modalidades terapéuticas. Estudios terapéuticos controlados con fármacos o productos sanitarios de interés científico.

2.4. La medicina frente al envejecimiento de la población. Senescencia celular. Avances en el mecanismo y tratamiento de enfermedades neurodegenerativas. Nuevos desarrollos para la mejora de las discapacidades.

2.5. Aplicación de desarrollos tecnológicos a la práctica médica. Ingeniería biomédica y robótica. Nuevas aplicaciones de biomateriales. Bioinformática médica. Telemedicina. Progresos en trasplante de órganos y tejidos. Cirugía mayor ambulatoria y mínimamente invasiva.

3. Investigación epidemiológica en salud pública y en servicios de la salud

La investigación epidemiológica en salud pública y en servicios de salud engloba la investigación de carácter evaluador, que permita mejorar la información y aumentar los conocimientos de aquellas cuestiones relacionadas con la seguridad, eficacia, eficiencia y uso apropiado de las tecnologías médicas que han sido identificadas y apoyadas como de alto interés por el Sistema Nacional de Salud.

La investigación epidemiológica comunitaria, además de constituir un procedimiento de gran interés, permite su interacción con la investigación básica y la clínica. Los estudios de epidemiología genética han revelado que enfermedades crónicas frecuentes resultan de interacciones complejas entre factores genéticos y ambientales. Los avances en el conocimiento del genoma han abierto nuevas perspectivas para la epidemiología genética y contribuirán a identificar con precisión los factores de riesgo.

La investigación en esta área debe, asimismo, potenciar la investigación sobre los resultados de las intervenciones de salud pública y sobre la naturaleza y los procesos de la toma de decisiones en salud pública. La priorización de los temas de investigación en salud pública es un proceso complejo con alto componente político, necesitado de la participación de numerosos agentes, que debe ser dirigido por la Administración sanitaria.

Asimismo, debe señalarse que el proceso asistencial debe ajustarse a un esquema de presunción diagnóstica, decisión sobre la pauta terapéutica, procesos o procedimientos, información de resultados y, en caso necesario, nuevas decisiones. Se están introduciendo experiencias en las que los clínicos tienen verdaderas oportunidades de gestionar (tomar decisiones y ejecutar) y no tan sólo demandar y administrar. Por ello, la gestión clínica es una herramienta de trabajo al servicio de los profesionales sanitarios que hace más eficaz y cercana su relación con los pacientes o usuarios, por lo que es preciso señalar que la investigación en gestión clínica es esencial para mejorar la

asistencia de los pacientes en los centros de salud y hospitales del Sistema Nacional de Salud.

Los objetivos principales son:

3.1. Salud pública

3.1.1. Monitorización del estado de salud, con el fin de identificar problemas sanitarios de las poblaciones.

3.1.2. Identificación de los orígenes (investigación etiológica), de los problemas y de los riesgos de salud de las poblaciones.

3.1.3. Información y educación para capacitar a la población para el seguimiento de sus problemas de salud.

3.1.4. Evaluación de las necesidades de salud en grupos diana de población.

3.1.5. Evaluación de la eficacia, accesibilidad, calidad y uso apropiado de las tecnologías médicas consideradas de alto interés por el Sistema Nacional de Salud y los servicios de salud que se prestan a los individuos y a las poblaciones.

3.2. Epidemiología comunitaria, genética y molecular

3.2.1. Identificar los factores de riesgo conductuales, sociológicos y ambientales, y la interacción de los mismos en el proceso que conduce a las principales enfermedades multifactoriales.

3.2.2. Identificar los factores genéticos que determinan la susceptibilidad a fármacos y tóxicos ambientales.

3.2.3. Desarrollar sistemas automatizados y rápidos de análisis de variantes genéticas en la población.

3.2.4. Detectar y desarrollar nuevos métodos para la determinación de los factores de riesgo en la población general o en subpoblaciones específicas.

3.2.5. Epidemiología de las enfermedades infecciosas y de sus causas.

3.3. Gestión clínica

La investigación sobre gestión clínica se basará en:

3.3.1. La calidad total y la calidad en la práctica clínica.

3.3.2. El análisis comparado de modelos de gestión clínica aplicada.

3.3.3. Las medidas de salud.

- 3.3.4. La variabilidad en la práctica clínica.
- 3.3.5. El análisis de decisiones médicas.
- 3.3.6. La operativa en clínica.
- 3.3.7. La investigación operativa en clínica.

Área de Biotecnología

Área de Biotecnología

1. INTRODUCCIÓN

El ámbito científico-técnico cubierto por el área comprende un conjunto de tecnologías orientadas hacia el aprovechamiento de los recursos que proporcionan los seres vivos mediante la aplicación de las nuevas técnicas de la biología y de la bioingeniería para producir bienes y servicios, de acuerdo con un concepto amplio de la biotecnología. El área de biotecnología se sustenta, por lo tanto, en el conocimiento de los mecanismos moleculares responsables de la organización estructural y funcional de los seres vivos, a partir del cual se desarrollarán las tecnologías con aplicaciones en los sectores agrícola, industrial, medioambiental o sanitario. Por tratarse de un ámbito con interacciones y aplicaciones en otras áreas (como la biomedicina, los recursos y tecnologías agroalimentarios y los recursos naturales), es necesario establecer mecanismos de coordinación que permitan la máxima eficacia en la actuación de las distintas áreas. De esta manera, el área de biotecnología priorizará la investigación para el desarrollo de tecnologías y herramientas multitarea o multidisciplinares con aplicación en muchas de las citadas áreas científico-tecnológicas.

Como paradigma del avance de la biotecnología en los últimos años y como compendio de actuaciones de numerosos sectores del conocimiento científico se considerará prioritario el desarrollo de las tecnologías denominadas "*genómicas y proteómicas*". Es muy importante que las inversiones y actuaciones para el desarrollo de esta prioridad temática se coordinen con una visión interespecífica. Esta tecnología repercutirá en el desarrollo de la industria biotecnológica en general y de la farmacéutica en particular, con muchas implicaciones en el diagnóstico y en el diseño de nuevos fármacos, sin olvidar que el sector agroalimentario obtendrá enormes beneficios a corto y medio plazo del análisis genético.

La biotecnología puede aportar muchas soluciones en el diseño de instrumentos analíticos y, por este motivo, una de las actuaciones prioritarias ha de dirigirse hacia el desarrollo de nuevos métodos moleculares de análisis y diagnóstico. Muchas de estas herramientas se diseñarán bajo el epígrafe de la tecnología genómica, pero además existen otros métodos analíticos que complementan el empleo de la información genética y que pueden denominarse, en su sentido general, como "*biosensores*" capaces de detectar la presencia en nuestro entorno de otros seres vivos patógenos o contaminantes, o de determinadas sustancias naturales o xenobióticas. Los nuevos métodos analíticos también han de contribuir al desarrollo de ensayos *in vitro* que tiendan a reducir al máximo el uso de animales de experimentación. Los sectores industriales relacionados con la sanidad, la alimentación y el medio ambiente serán los principales receptores de estas tecnologías.

La tecnología transgénica en animales, plantas y microorganismos es, sin duda, un concepto que ha evolucionado en el marco de la biotecnología y, por tanto, constituirá otro de los objetivos prioritarios del área. Se estimulará el desarrollo de tecnologías que garanticen que los nuevos organismos sean absolutamente seguros para la salud y el medio ambiente, especialmente aquéllos que se vayan a utilizar en la producción a gran escala. También se consideran dentro de este ámbito de actuación la terapia génica, el diseño de organismos transgénicos destinados al ensayo de nuevos fármacos o la investigación de funciones biológicas básicas.

La utilización de los seres vivos como factorías celulares mediante el empleo de tecnologías propias de la ingeniería bioquímica en combinación con la ingeniería genética y metabólica, es uno de los ámbitos de la biotecnología con mayor rentabilidad potencial, ya que pretende la optimización de los procesos de producción de sustancias biotecnológicas para su comercialización o bien la incorporación de procesos biotecnológicos como alternativa tecnológica a los procesos tradicionales, en línea con un desarrollo sostenible basado en el empleo de tecnologías limpias con una fuerte incidencia en el sector medioambiental. Este es un espacio muy propicio para estimular la colaboración con las empresas, dado que las tecnologías para realizar estos procesos se han de diseñar pensando en su aplicación industrial. De especial relevancia será el desarrollo de nuevas tecnologías que contemplen a las plantas como potentes biorreactores para la producción de todo tipo de sustancias.

Finalmente, teniendo en cuenta el gran impacto social de la biotecnología, los estudios que conciernen a la percepción que tiene la sociedad de esta tecnología, los aspectos prenormativos, la homologación de calidad, la bioseguridad, las patentes y las consideraciones éticas tendrán un tratamiento prioritario en esta área. La formación y la información a los ciudadanos se considera un factor clave para que la biotecnología pueda alcanzar un elevado desarrollo en nuestra sociedad.

La **justificación de la priorización del área** se basa en el hecho de que la biotecnología es todavía una tecnología que combina experiencia y proyección, lo que, unido a su amplio espectro de aplicación y la excelente preparación de nuestra comunidad científica, nos sitúa en un lugar adecuado para tomar el tren del desarrollo tecnológico.

La biotecnología presenta la paradoja de ser considerada por muchos como una tecnología muy reciente pero que, al mismo tiempo, se sustenta en unos conocimientos tradicionales entroncados con la explotación que el hombre ha hecho de los seres vivos y de los productos derivados de éstos. A pesar de ello, en el último cuarto del siglo se ha producido un tremendo salto cualitativo en las posibilidades que ofrece la biotecnología, y todos los países le han otorgado la etiqueta de tecnología estratégica. Si las tecnologías nuclear e informática han liderado las dos grandes revoluciones tecnológicas de este siglo, muy pocos dudan de que la biotecnología se convertirá en el líder de la revolución tecnológica con la que se iniciará el próximo siglo. Es necesario asumir que el posicionamiento estratégico en esta tecnología debe realizarse a

corto plazo y, por ello, hay que invertir en medios materiales y humanos para su desarrollo si no queremos quedarnos en una posición de desventaja.

La existencia de un área de biotecnología se justifica, especialmente en España, en base a las particularidades de sus posibles áreas de aplicación. Así, las propias características geográficas de España, al sur de Europa y con una accidentada orografía, hacen que sea uno de los países con mayor diversidad biológica y mayor riqueza medioambiental, que hay que conocer, conservar y también explotar adecuadamente, en muchos casos mediante aplicaciones biotecnológicas. Desde una perspectiva de desarrollo agrario, su posición meridional y su mayor insolación permiten la producción de cultivos hortícolas y frutícolas intensivos competitivos y muy bien cotizados económicamente en Europa. Sin embargo, la globalización de la economía y el desarrollo de otros países circunmediterráneos de similares características climáticas va a suponer una dura competencia en los próximos años, que sólo puede mantenerse mediante una política de impulso a la calidad, política en la que la ingeniería genética de plantas puede ser una herramienta importante. Igualmente, en ganadería, los productos españoles están alcanzando un reconocido prestigio en los mercados internacionales y, de igual manera, la biotecnología ofrece herramientas útiles para controlar, conservar y mejorar estos productos. No puede olvidarse en este sector productivo el hecho de que España es el segundo consumidor de pescado del mundo, y si los recursos naturales se ven amenazados por la extracción excesiva, pueden desarrollarse aplicaciones biotecnológicas que promuevan o mejoren los procedimientos de cultivo de distintas especies piscícolas.

El sector industrial de nuestro país se caracteriza por una gran preponderancia de las PYMES, que son las mayores creadoras de puestos de trabajo. El impulso de la biotecnología y la promoción de nuevas pequeñas empresas surgidas de entornos académicos ("*spin-offs*") a partir de los posibles resultados experimentales, puede ofrecer nuevas ideas alrededor de las cuales formar pequeñas empresas. En este sentido, es muy importante no sólo favorecer la investigación en el área sino promover políticas de acercamiento entre investigadores y PYMES que permitan el desarrollo de nuevas empresas.

Es indudable que en España contamos con un sistema de sanidad pública con un alto nivel de prestación de servicios y de aplicación de nuevas tecnologías. Mantener la competitividad de este sistema sanitario no sólo paliativo sino también preventivo depende en gran medida del desarrollo de nuevas tecnologías de diagnóstico y nuevos fármacos, y terapias que en muchos casos se originan en el área de la biotecnología o en la frontera entre ésta y la biomedicina. Ello justifica la prioridad que en el área de biotecnología debe darse a estos aspectos.

El volumen de negocio que mueve la biotecnología en el mundo es muy difícil de precisar, debido a que no es sencillo delimitar sus fronteras. Sin embargo, los cálculos que se manejan en una reciente publicación de la UNESCO suponen que las ventas mundiales de productos derivados de la biotecnología alcanzarán entre 16 y 33 billones de pesetas en el año 2006. Se estima que el impacto de la bioindustria, expresado como porcentaje del PIB, supone un 25% en la UE y un 24% en EEUU. En EEUU se identificaban en 1997 alrededor de

1.300 empresas de biotecnología que empleaban a 100.000 trabajadores, siendo un 37% de ellas empresas con menos de 50 empleados. El principal motor que impulsa estas empresas en EEUU es el capital riesgo, que en 1996 supuso unos 600 millones de dólares. Estas empresas invertían en 1994 en I+D alrededor de 7.000 millones de dólares, en tanto que la inversión pública en la financiación de I+D biotecnológica en este mismo año ascendía a más de 4.000 millones de dólares. En 1996, en la Unión Europea se cifraban en 700 las empresas de biotecnología, empleando a unos 27.000 trabajadores y con una inversión en I+D de 1.500 millones de ECU. Debido al menor desarrollo de la biotecnología en Europa respecto a EEUU, se estima que puede haber un crecimiento importante de las actividades relacionadas con la biotecnología en Europa, con el consiguiente incremento de puestos de trabajo de alta cualificación.

Para que España pueda absorber esta tecnología, es necesario que además de favorecer el desarrollo de una comunidad científica de calidad se dote de una sólida estructura empresarial con capacidad de innovación tecnológica. Las encuestas recientes indican que en España se encuentran activas en biotecnología unas 150 empresas. Ahora bien, no todas estas empresas se nutren de la tecnología desarrollada en España, ya que muchas no desarrollan investigación propiamente dicha en nuestro territorio.

La apuesta por el desarrollo de la biotecnología en España y su consideración como una tecnología estratégica requieren un enorme esfuerzo inversor por parte del sector público y privado durante los próximos años. Esta inversión se justifica por su incidencia en la calidad de vida de los ciudadanos, entendiéndolo como tal no sólo las mejoras significativas que se van a producir en la sanidad, en la alimentación o en la conservación del medio ambiente, preservando y enriqueciendo nuestros recursos biológicos, sino también en el incremento de competitividad que puede lograrse para algunos de nuestros sectores productivos más relevantes.

Por último, el sector empresarial debe asumir que la biotecnología abre innumerables oportunidades de desarrollo y que estas oportunidades pueden mejorar su competitividad. Las soluciones de mejora que aporta la biotecnología pueden aplicarse tanto a las pequeñas empresas como a las grandes multinacionales, y no hay que olvidar que, en muchos casos, constituye una herramienta muy poderosa para encontrar soluciones tecnológicas específicas a los problemas de las industrias de carácter local o regional.

2. OBJETIVOS GENERALES

En relación a la estrategia relativa a las **instalaciones científicas y tecnológicas grandes y medias**, no se ha detectado la necesidad de adquirir o crear ninguna infraestructura científica grande o mediana. Tan sólo se contempla como una posible necesidad futura la instalación de un equipo de RMN de 900 MHz para dar respuesta a los problemas relacionados con la

estructura de macromoléculas que, llegado el caso, no pudieran resolverse con los equipos actuales.

Por otra parte, en lo referente a la estrategia relativa a los **centros de competencia**, hay que considerar que la creación de nuevos centros debe tener un carácter abierto a múltiples instituciones, organismos y empresas, con el fin de optimizar los recursos humanos disponibles en lugares con masa crítica de investigadores suficiente. En este sentido, la recomendación de la progresiva implantación de la idea de "movilidad" responde a un planteamiento esencialmente acorde con la creación de centros abiertos.

Las unidades, dotadas no sólo de infraestructuras y equipos sino también de personal capacitado, estarían asociadas a los distintos centros de excelencia de nuestro país, de reconocida competencia nacional e internacional, donde se localice una masa crítica de investigadores que garantice su adaptación permanente a la tecnología punta y su máximo aprovechamiento.

A continuación se describen estos centros o unidades, justificando su necesidad.

1. Unidades de apoyo al desarrollo de la genómica y proteómica

Teniendo en cuenta que la investigación genómica y proteómica se ha considerado como un objetivo de alta prioridad en esta área, es necesario que se estimule la creación de unas unidades básicas sin las cuales su desarrollo se vería seriamente perjudicado. Estas unidades funcionarían en red, asociadas a centros de prestigio y de forma perfectamente coordinada. Además, las unidades se mantendrían en conexión con un personal capacitado para hacer frente a los temas de patentes relativos a los nuevos desarrollos tecnológicos que surgirán de las mismas como, por ejemplo, software, genes y DNA-chips.

- **Unidades de secuenciación de DNA.** Las unidades de secuenciación de DNA son el soporte primario sobre el que se desarrolla la investigación genómica y, por ello, son una pieza fundamental en su desarrollo. El éxito de una unidad de secuenciación depende en gran medida de su capacidad y rapidez. La demanda de estas características exige la adquisición de potentes y costosos equipos robotizados de secuenciación a gran escala. La creación y mejora de unidades de megasecuenciación bien equipadas y situadas en los entornos adecuados serían el motor que necesita esta investigación.
- **Unidades de bioinformática.** Si importante es la secuenciación, no menos fundamental es el análisis de la información que se obtiene de la misma. Por ello, dado el gran volumen de información que ha de manejarse, es necesario crear nuevas unidades de bioinformática dotadas adecuadamente.
- **Unidades de proteómica.** Estas unidades deben combinar la tecnología de proteómica con la capacidad de resolución de macromoléculas biológicas. Al permitir la identificación de gran número de proteínas (y facilitar la

secuenciación de las desconocidas) los abordajes de este tipo son muy dirigidos hacia la identificación de una o varias proteínas cuya aparición/desaparición va correlacionada con un determinado carácter biológico. Estas unidades debieran afianzarse en el entorno de unidades de biología estructural con la capacidad de resolución de estructura de proteínas por rayos X o RMN, con lo que sería posible un abordaje global de proyectos dirigidos a la caracterización de una proteína implicada en un problema biotecnológico de interés.

- **Unidades de DNA microarrays y DNA chips.** Estas unidades contarán con la infraestructura necesaria para la producción robotizada de DNA microarrays y DNA chips de distintos conjuntos génicos, y para el análisis de los resultados de la hibridación de estos chips con sondas proporcionadas por los laboratorios de investigación. Estas herramientas serán de gran utilidad no sólo en el análisis globalizado de la expresión génica que se deriva de la información proporcionada por los proyectos de secuenciación de genomas y transcriptomas, sino también en el análisis genético. Además, esta tecnología puede tener una aplicación muy importante en el diagnóstico, fundamentalmente de patologías humanas, pero también de enfermedades de organismos de interés económico.

2. Unidades de apoyo al desarrollo de la tecnología transgénica en animales

Dentro de este campo conviene distinguir los animales de interés experimental, fundamentalmente ratones, de los de interés ganadero y peces.

- **Unidad de generación, diagnóstico y mantenimiento de ratones transgénicos.** La creación de esta unidad responde a una necesidad emergente, ya que se necesita un servicio para poder generar, analizar, mantener y abastecer a los centros de I+D y empresas. Actualmente no se tienen estas capacidades siendo los modelos transgénicos animales absolutamente imprescindibles para la investigación biomédica presente y futura. Las misiones de esta unidad serían: i) Desarrollar las técnicas más relevantes y actuales y ser capaces de dar servicio a los laboratorios y empresas que lo demanden; ii) Servicio de análisis anatomopatológico de animales transgénicos; iii) Servicio de depósito y mantenimiento de los ratones transgénicos de interés generados en laboratorios españoles, así como de otros usuarios que lo soliciten. Contaría con un banco de embriones (criopreservación).
- **Unidad de transgénesis y clonación de animales de interés ganadero.** Las posibilidades ya emergentes de producir animales de alto valor añadido (de élite) a través de la manipulación genética son enormes. Las misiones de esta unidad serían: i) Poner a punto y mantener actualizadas las técnicas de transgénesis y clonación en este tipo de animales, con mayor énfasis en aquellos que tengan una mayor incidencia económica en el país; ii) Movilizar a la industria nacional haciéndola consciente de las capacidades de la unidad y de las posibilidades que abre.
- **Unidad de modificación genética de peces.** En la misma línea, son evidentes las posibilidades que la emergente manipulación genética de

peces abriría en un país como el nuestro, con fuertes intereses pesqueros. Parece evidente la necesidad de introducir estas técnicas para generar especies modificadas de formas ventajosas que posteriormente fueran criadas en piscifactorías.

3. Otros centros

Teniendo en cuenta el alto grado de interacción que existe entre la biotecnología y otras áreas científico-tecnológicas o sectoriales, la posible creación de nuevos centros que puedan dar respuesta a necesidades emergentes tiene que debatirse en un foro más amplio en el que se discutan las propuestas de todas las áreas afines. En este sentido, se considera de interés la creación de dos centros tecnológicos de referencia y homologación, uno de Productos Agroalimentarios y otro de Productos de Aplicación Sanitaria (ensayos toxicológicos y preclínicos), cuyos objetivos entroncan con las áreas de Recursos Agroalimentarios y Biomedicina.

Por otra parte, se considera necesaria la puesta en marcha de un **Observatorio Nacional de Biotecnología**, de carácter horizontal. Dicho observatorio realizaría estudios sobre la evolución de programas de I+D, tanto nacionales como extranjeros. Asimismo, deberá realizar el seguimiento de los estudios de percepción social y el control de los instrumentos normativos y regulatorios, tanto desde el punto de vista legislativo como desde la visión ética. Para realizar esta tarea se llevarían a cabo distintas actividades: i) análisis y puesta en operación de conferencias de consenso; ii) promoción de programas de divulgación; iii) promoción de programas de formación en los distintos niveles educativos; iv) promoción de iniciativas para la creación de empresas desde el sistema público de I+D.

Centros distribuidos en red

El apoyo a los centros de competencia debe hacerse pensando en su estructuración en redes. Esta es la opción más interesante para potenciar las capacidades complementarias de diversos centros en universidades, OPIs y centros tecnológicos. Esta opción tiene menores costes económicos, ya que no requiere la creación física de un centro y, sin embargo, puede ser bastante efectiva en aspectos de integración y cohesión, siempre que estén bien coordinados. En este sentido, habría que determinar qué centros podrían formar parte de esta red o redes y su área de especialización, buscando sinergias o complementariedades. Esta complementariedad puede buscarse por sectores y, así, se pueden proponer las siguientes estructuras en red:

1. Red de Centros de Investigación Genómica y Proteómica. A pesar del desarrollo espectacular de la investigación sobre genomas, en España no se han desarrollado programas propios ni instrumentos que promuevan dicha investigación como tal tecnología horizontal. Es necesario, por tanto, establecer una estructura de centros en red que estimule un avance significativo de la genómica en España y que ayude a aprovechar mejor los recursos. Esta estructura debería contemplar distintos núcleos de investigación coordinados y especializados en las siguientes tecnologías: i) Secuenciación de alta eficacia ligada a las unidades de secuenciación; ii) Análisis global de expresión ligada a

las unidades de DNA *microarrays* y DNA *chips*; iii) Bioinformática en las unidades de bioinformática; iv) Proteómica en contacto con las unidades de proteómica; v) Genómica aplicada en centros encargados de aplicar la tecnología desarrollada.

2. Red de Centros de Biotecnología Vegetal. La Investigación en Biotecnología Vegetal en España se encuentra repartida entre el CSIC, las Universidades y el INIA (incluyendo los antiguos centros INIA ya transferidos a las CCAA) y concentrada de manera particular en unos pocos polos geográficos: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, y Andalucía oriental (Málaga, Córdoba, Granada y Almería). Existen grupos y centros aislados en otras regiones como Murcia, Castilla y León, Aragón, Asturias y Castilla-La Mancha, pero no llegan al nivel de masa crítica que se concentra en las cinco localizaciones citadas. Recientemente se está intentando corregir el problema de la dispersión procurando que los grupos pertenecientes a distintos OPI traten de agruparse en centros comunes para aumentar su masa crítica y hacer su investigación más eficiente.

Se considera de interés, con objeto de obtener el deseado impacto en el sector industrial, potenciar la interacción entre las disciplinas clásicas (mejoradores genéticos, patólogos vegetales, fisiólogos vegetales) y las disciplinas más modernas (biólogos y genéticos moleculares y celulares), fomentando su trabajo coordinado en redes de centros.

3. Otras Redes. Teniendo en cuenta la amplitud temática de la biotecnología, es muy probable que a lo largo del desarrollo del Plan Nacional puedan surgir otras opciones interesantes sobre centros en red. En este sentido, podemos señalar la posibilidad de la creación de una red de Terapia Génica, si bien ésta se puede considerar más cercana al ámbito de otras áreas científico-tecnológicas como la de biomedicina, ya que la terapia génica va a ser en un futuro no muy lejano la vía para tratar enfermedades de muy distinta etiología (infecciosas, congénitas, metabólicas, cardiovasculares, degenerativas, nerviosas, etc). Tanto los protocolos como los productos terapéuticos (vectores, construcciones génicas, células modificadas, etc.) que se desarrollen, tendrán un gran impacto socioeconómico en el área sanitaria. Por otra parte, esta disciplina está revolucionando el campo de la terapia, por lo que resulta indispensable y urgente que los médicos empiecen a asimilar estos nuevos conceptos y métodos.

Otro caso a señalar podría ser la consolidación de algunas redes emergentes, como es el caso de la de ingeniería de bioprocesos, ya que éste es uno de los campos de la biotecnología que tiene mayor incidencia en la aplicación industrial, y es la línea tecnológica de mayor interés a nivel comunitario, por englobar en ella toda la investigación biotecnológica de aplicación en los ámbitos de la salud, la farmacia y en los sectores agroalimentario y medioambiental.

Entre los objetivos específicos de las **acciones horizontales** en el área, hay que destacar los siguientes:

- a) Potenciación de los recursos humanos en I+D. Además de las actuaciones de formación, movilidad y contratación previstas en esta acción horizontal, se considera necesario prestar atención a:

- Personal técnico de apoyo a la investigación. Se detecta la necesidad de disponer de personal técnico altamente cualificado que permita el máximo aprovechamiento y correcto mantenimiento de equipos e infraestructuras de gran complejidad y nivel tecnológico, especialmente en áreas emergentes en las que se recomienda la creación de unidades específicas.
- b) Cooperación internacional. Dado el sistema de globalización en el que actualmente se desarrolla la ciencia, es necesario establecer un marco de cooperación internacional que facilite las relaciones de nuestros biotecnólogos con sus homólogos de otros países. Los dos ejes fundamentales de este marco cooperativo han sido, hasta la fecha, Europa e Iberoamérica pero, en la medida de lo posible, habría que hacer esfuerzos por ampliar este marco a otros países. España participa activamente en el Programa de Biotecnología del PM de la UE, así como en otros esquemas europeos como COST o EUREKA. En estos últimos, la incidencia en el sector de la biotecnología es mucho menos acusada y tal vez habría que hacer un esfuerzo por potenciar nuestra presencia. Por otro lado, a través de los programas de cooperación internacional del Programa Marco europeo, España también está presente en proyectos de I+D cooperativa con otros países que no forman parte de la UE. La contribución española a los programas de la ESA, ESF y NATO se considera adecuada para el desarrollo de la biotecnología y por lo tanto, debe estimularse la participación de más grupos españoles en las instituciones que los soportan. Asimismo, es indispensable que se mantenga nuestra participación en las grandes instalaciones (CERN, ESRF) que son particularmente útiles para el estudio de la estructura de macromoléculas biológicas.

En cualquier caso, las actuaciones más importantes que hay que considerar en relación con el área de biotecnología en el contexto de las relaciones internacionales son:

- EMBO-EMBL-EBI. Es especialmente relevante nuestra participación en la EMBO y el incremento de nuestra presencia en los laboratorios del EMBL-EBI, fundamentalmente en lo relativo a la mejora de las prestaciones y el rendimiento del EBI.
 - Programa de Cooperación con Iberoamérica. Existen diferentes actuaciones y programas de cooperación con Iberoamérica que dependen de distintos organismos. Sería importante unificar estos esfuerzos bajo un único programa que permita la realización de proyectos de investigación conjunta. La reciente creación de la IMBO (Organización Iberoamericana de Biología Molecular), proporciona un instrumento evidente para promover la investigación de calidad en biotecnología en Latinoamérica.
- c) Transferencia y difusión de conocimientos y resultados. Nuestro país siempre se ha caracterizado por ser generador de conocimiento pero mal transmisor del mismo a los sectores productivos. Algunas acciones podrían contribuir a paliar este déficit:

- Creación de una plataforma industrial. Se recomienda la creación de una “*Plataforma Industrial*” donde estén aglutinadas empresas con intereses en biotecnología. Dado el carácter horizontal de la biotecnología, sería recomendable que se creasen dos “*sub-plataformas*”, una centrada en el sector químico-farmacéutico-sanitario, y otra en el sector agroalimentario. Los objetivos de esta plataforma podrían ser: i) Transmitir a los investigadores del sector público la opinión industrial respecto a los diferentes proyectos, informándoles del enfoque que la plataforma industrial cree debieran tener para poder ser explotados por empresas españolas; ii) Constituir un foro de encuentro entre los investigadores de los sectores público y privado, en el que se expongan los avances tecnológicos, se pueda intercambiar información y realizar contactos; iii) Asesorar a las distintas administraciones públicas, de manera que ayude a diseñar programas y acciones de I+D que den respuesta a las necesidades de innovación de las empresas.

Hasta el presente, los estudios sobre **aspectos horizontales del área** que analicen la relación entre biotecnología y sociedad han estado prácticamente ausentes en las acciones de fomento de la investigación de la biotecnología en España. La mayoría de los estudios que se han llevado a cabo en nuestro país sobre la repercusión social y económica de la biotecnología, han estado inducidos y promovidos desde Europa o por instituciones privadas sin fines de lucro. El desarrollo eficaz de la biotecnología requiere la existencia adecuada e interactiva de tres ámbitos: una capacidad científica suficiente, un clima empresarial innovador y un entorno social apropiado. Los aspectos que debe contemplar una línea de acción de esta naturaleza son los siguientes:

- a) Factores económico-financieros. El éxito comercial de la biotecnología es un fenómeno que ha enmarcado el debate social acerca de estas tecnologías. El estudio de la dinámica evolutiva de estos mercados es un elemento crítico a la hora de configurar la percepción social sobre los potenciales usos de la biotecnología, así como para contribuir a fijar las estrategias de las políticas públicas y privadas, y delinear la vía por la que pueden discurrir los compromisos y relaciones entre el sector público –fundamentalmente productos de conocimiento– y el sector privado encargado de su puesta en práctica con fines productivos y de creación de empleo.
- b) La percepción y la cultura pública. Los análisis y estudios sobre percepción pública constituyen el instrumento por el que se detecta la actitud social ante los avances de la biotecnología y pueden permitir, en consecuencia, la toma de decisiones sobre bases más informadas y proporcionadas respecto al contexto social. Dos son las vías fundamentales para la configuración de la opinión pública y para el análisis de la situación. La primera, de carácter pro-activo, se proyecta por medio de la divulgación, mientras que la segunda estudia y analiza la percepción social por métodos cualitativos y cuantitativos del análisis sociológico. El tratamiento de los problemas relacionados con la biotecnología por los distintos medios de comunicación (periódicos, televisión, semanarios) parece el principal vehículo para la

familiarización de la sociedad con los usos y aplicaciones de la biotecnología y sus eventuales consecuencias.

- c) Las cuestiones normativas y éticas. La complejidad de la biotecnología y las profundas reacciones sociales que suscita, determinan la conveniencia de aplicar el principio de precaución. Sucede que, paradójicamente, los intentos de regular la biotecnología y sus aplicaciones conducen a situaciones de mayor aprensión social y a reacciones más negativas entre el público menos informado. Por ello, es importante incentivar la puesta en práctica de instrumentos y mecanismos de regulación que sean apropiados y que estén justificados por los fundamentos científicos de que se dispone. Es preciso tener en cuenta, además, que la aplicación de un celo excesivo en la regulación de la biotecnología puede incidir negativamente sobre el potencial de la industria biotecnológica. Entre los temas sobre los que cabe plantear la conveniencia de abordar cuestiones jurídicas y éticas, hay que mencionar la patentabilidad de los resultados de la investigación biotecnológica, y las limitaciones y condicionantes para la aceptación de la nueva Biotecnología.

En lo que respecta a la relación con el V Programa Marco de I+D de la Unión Europea, se puede apreciar un alto grado de sintonía entre el área de Biotecnología y el Programa de Calidad de Vida del VPM, ya que hay una estrecha relación en cuanto al enfoque de ambos programas, que persiguen igualmente la integración de tecnologías e investigaciones innovadoras con la explotación empresarial de los avances biológicos, sobre todo en los campos de la sanidad, el medio ambiente y la agroalimentación. La Acción clave de la Fábrica Celular contempla aspectos complementarios a los señalados en el área de biotecnología, concretamente en todo lo relacionado con ingeniería de procesos biotecnológicos, reforzando en este sentido claramente el ámbito de actuación. Otros ejemplos, en esta misma línea, serían los aspectos recogidos en las acciones de carácter genérico del PM, como son la investigación sobre genomas y la bioética y los aspectos socioeconómicos de las biotecnologías.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

El área se estructura en 5 áreas temáticas principales más una acción estratégica. Teniendo en cuenta que la biotecnología es una disciplina con un crecimiento expansivo muy rápido, hay que aceptar una cierta flexibilidad en la definición de los objetivos.

1. Biotecnología aplicada al análisis y al diagnóstico

La biotecnología ofrece distintas soluciones para el análisis y el diagnóstico que se fundamentan, junto con el análisis genético y proteómico, en el desarrollo de biosensores, o sensores biológicos basados, por ejemplo, en microorganismos, enzimas, anticuerpos, o ácidos nucleicos mediante el diseño de nanointerfaces específicas con propiedades analíticas que puedan detectar en tiempo real los

analitos de interés, y que por su gran importancia en el mercado biotecnológico actual han de ser objeto de estudio.

1.1. En el **sector de la sanidad** humana y animal hay que tener en cuenta que España tiene problemas específicos debido a su posición geográfica como puerta de Europa (acceso de inmigrantes, comercio de animales y plantas) frente a África y América, lo que exige una vigilancia especial, por ejemplo, sobre las incidencias en neumonía, tuberculosis, hepatitis, SIDA, peste equina, peste porcina africana, leishmaniosis, malaria o encefalitis espongiiforme. Además, debe cuidarse con especial relevancia la incidencia de otras enfermedades más generales, como cáncer, cardiovasculares, o neurovegetativas, así como en los aspectos relacionados con el envejecimiento. Es necesario desarrollar herramientas para el diagnóstico y seguimiento de estas enfermedades, y no cabe duda de que todas las tecnologías mencionadas en el contexto de la genómica y proteómica aportarán soluciones tan avanzadas como los DNA-chips. Además, para el sector farmacéutico son muy importantes los bioensayos que utilicen sistemas celulares o enzimáticos para rastreo automatizado a gran escala de nuevos fármacos (*"high-throughput screening"*, HTS), basados en interacciones moleculares, genes indicadores, inmunoensayos, con utilización de micro y nanotecnologías. La sociedad es cada vez más sensible al empleo masivo de animales en la experimentación toxicológica o de nuevos fármacos. Por ello, dentro de esta área es importante que se estimule el desarrollo de nuevos sistemas de análisis farmacológico y toxicológico *in vitro* que reduzcan al mínimo el empleo de animales.

1.2. En lo que concierne al **sector agroalimentario**, las características atomizadas de la producción de alimentos en España hacen que sea necesario desarrollar métodos nuevos, rápidos y de fácil uso para la identificación de variedades y productos derivados en relación con las denominaciones de origen que ayuden a mejorar su capacidad competitiva (por ejemplo, en quesos, cítricos, vinos, frutas, legumbres, cerdo ibérico, toro de lidia, caballos de pura raza española, etc.). Por otro lado, la detección rápida de contaminantes, ya sean microorganismos o sustancias de origen químico o biológico es un requisito básico para garantizar la calidad y salubridad de los alimentos. El desarrollo de métodos que permitan la detección de organismos patógenos y de plagas en plantas tiene un valor económico muy claro. De acuerdo con las nuevas normativas comunitarias, también será muy importante desarrollar metodologías para la detección e identificación de los productos derivados de organismos transgénicos.

1.3. La protección **medioambiental** es un objetivo irrenunciable en nuestra sociedad y por ello es preciso desarrollar herramientas biotecnológicas que sirvan para la detección de los contaminantes que puedan producir riesgos para la salud humana y el mantenimiento de los ecosistemas.

2. Organismos transgénicos

Gran parte del éxito de la biotecnología moderna se sustenta en su capacidad para generar nuevos organismos transgénicos. Por este motivo, es importante considerar prioritario el desarrollo de herramientas para la creación de organismos transgénicos (animales, plantas y microorganismos).

2.1. Es evidente la relevancia económica que está adquiriendo la manipulación genética para la **generación de especies animales** como sistemas de producción de sustancias de alto valor añadido. Los animales transgénicos pueden ser excelentes modelos para estudiar distintas enfermedades humanas y son potenciales candidatos para servir como fuente de tejidos u órganos para trasplantes. Sería necesario desarrollar la tecnología para la clonación de animales de uso en ganadería, avicultura o acuicultura.

2.2. En un país donde el sector agroalimentario ocupa un lugar destacado en la economía, es preciso desarrollar nuevas tecnologías de **transformación genética de plantas**, especialmente en especies y variedades con interés agrícola recalcitrantes a la transformación. En el diseño de estas nuevas plantas transgénicas han de conseguirse nuevas características de producción (características de germinación, precocidad, resistencias y tolerancias a plagas y enfermedades o al estrés biótico y abiótico) o nuevos caracteres de calidad. También se atenderá al diseño de plantas transgénicas como factorías de producción de energía, de nuevas moléculas de interés alimentario, industrial o terapéutico, o como herramientas para la detoxificación de los suelos y las aguas.

2.3. La tecnología para la **obtención de microorganismos recombinantes** está más evolucionada en comparación con las tecnologías que se utilizan para los animales o plantas y, por tanto, la creación de estos microorganismos transgénicos ha de estar más ligada al desarrollo de procesos biotecnológicos concretos que al propio diseño de nuevas herramientas de transformación. Sin embargo, hay algunos aspectos relativos al diseño de vectores de expresión controlada o a la ingeniería metabólica respecto al ensamblaje y control de rutas, que son menos conocidos y pueden tener una gran relevancia industrial, sobre todo en microorganismos eucariotas.

2.4. Las consideraciones sobre la **bioseguridad** han de estar siempre presentes a la hora de desarrollar los procesos biotecnológicos, pero son especialmente importantes cuando se utilizan organismos transgénicos y, por ello, se prestará atención al estudio de distintos aspectos relativos a los posibles efectos que dichos organismos o sus productos derivados puedan tener sobre el medio ambiente.

3. Ingeniería de procesos biotecnológicos

Se entiende por procesos biotecnológicos todos aquellos procedimientos que utilizan seres vivos o partes de ellos y que están encaminados a la obtención de un producto que, en principio, puede tener una aplicación comercial. Se trata, por tanto, de ensamblar las distintas herramientas biotecnológicas para producir bienes o servicios. Dada la gran diversidad de herramientas es lógico que se puedan diferenciar varias alternativas tecnológicas.

3.1. Dentro del **sector de bioingeniería** se incluye lo que podría denominarse genéricamente como tecnologías de operación de biorreactores. Hay que prestar atención a la optimización del desarrollo y al aumento de escala de los sistemas de producción basados en la fermentación de cultivos microbianos (procariotas o eucariotas), o de células de plantas o de animales. Para que el aumento de escala se lleve a cabo de forma racional, es preciso estimular los estudios de

simulación y control de procesos biotecnológicos: sistemas de extracción y sistematización de la información, sistemas de control inteligente, desarrollo de biosensores para la monitorización de procesos. Dado que un proceso no finaliza hasta que el producto se obtiene en una forma comercializable, hay que estudiar nuevos procesos de extracción y purificación utilizando tecnologías de membranas, de afinidad, o extracción por fluidos supercríticos. En el caso particular de las proteínas son muy interesantes los sistemas de purificación basados en la creación de proteínas de fusión. En todos estos temas se priorizará la utilización de las tecnologías más innovadoras, favoreciendo los desarrollos de nuevos procesos que integren biorreacción y separación y, en especial, sistemas que utilicen la ultra y nanobiotecnología o los nuevos conceptos que aporta la ingeniería metabólica sobre la reorientación del metabolismo celular mediante modificación de la expresión génica o el control de rutas metabólicas. Es importante resaltar que España debería prestar especial atención a los aspectos de ingeniería de procesos para la producción de metabolitos de origen marino.

En estrecha relación con el diseño de biorreactores se encuentran los procesos de biotransformación o biocatálisis utilizando células o enzimas, aisladas o inmovilizadas, que son muy útiles para obtener fármacos y otros productos de alto valor añadido mediante tecnologías poco contaminantes. Las estrategias que aportan las técnicas de la ingeniería de proteínas pueden ser muy útiles para la modificación de las propiedades de los biocatalizadores.

3.2. Entre los procesos biotecnológicos aplicados **al sector de la agroalimentación** hay que prestar atención al diseño y producción de inoculantes como bioplaguicidas, biofertilizantes o inductores de resistencia, así como a las nuevas tecnologías de cultivos de células u órganos vegetales aislados cuando representen una alternativa económicamente relevante al cultivo de la planta. Son también esenciales las nuevas tecnologías de cultivo *in vitro*, las aplicaciones en haplo-diploidización y la conservación de germoplasma. Hay que estimular el estudio de los procesos biotecnológicos aplicados a la transformación de alimentos: cultivos iniciadores y fermentaciones alimentarias, modificación genética de microorganismos para procesos alimentarios, procesos enzimáticos y fermentativos aplicados a la producción de alimentos e ingredientes alimentarios.

3.3. En lo que concierne a los procesos biotecnológicos con aplicaciones en **el sector de la salud**, destaca el diseño y producción de vacunas frente a enfermedades humanas y de animales: desarrollo de nuevos vectores y/o sistemas celulares para la expresión de antígenos que mejoren el rendimiento en producción, las propiedades inmunogénicas y el modo de administración; modificación y atenuación de cepas; desarrollo de vacunas de DNA. Cada vez más se contempla como una alternativa terapéutica de gran valor el uso de tejidos y órganos "*artificiales*" y, por eso, hay que estimular el desarrollo de esta nueva ingeniería. Otro instrumento terapéutico que está adquiriendo cada vez más relevancia es la terapia génica y dentro de este campo de aplicación se considera importante estudiar la problemática relativa al aumento de escala de los procesos de producción de los vectores.

3.4. En el **sector medioambiental** ha de favorecerse el desarrollo de procesos de biodegradación y biorremediación orientados a mejorar la calidad de nuestro entorno mediante el tratamiento biológico de aguas, suelos contaminados,

residuos y emisiones gaseosas. En este objetivo también se incluye el reciclado y revalorización de residuos por procesos biotecnológicos: compostaje, fermentación y tratamiento enzimático para obtención de productos de alto valor, producción de biocombustibles, extracción y purificación de productos biológicos de alto valor a partir de residuos.

A medida que se incrementa la preocupación por la conservación del medio ambiente, cobra mayor interés el empleo de los denominados biomateriales para aplicaciones en envases, embalajes y soportes industriales. Los biomateriales o materiales de origen biológico también pueden desempeñar un papel relevante en medicina, mediante el desarrollo de implantes biocompatibles y/o biodegradables.

4. Biotecnología y sociedad

Las actividades en esta línea deben promover los proyectos de características interdisciplinarias, tanto en lo que concierne al análisis de las repercusiones éticas, socioeconómicas o legales de los proyectos experimentales como a la realización de proyectos específicos.

4.1. Factores socio económicos. Estudios sobre biotecnología en España: industria y producción científica, conexiones y disfunciones. Estudios sobre la evolución de los mercados. Industrialización: introducción de la biotecnología en la industria española. Prospectiva técnico-industrial: diagnósticos de producción y correlación con el mercado de las biotecnologías.

4.2. Percepción pública. Estudios y desarrollo sobre metodologías. Realización de estudios con nuevas aproximaciones, tanto en lo que concierne a la selección de sectores como en metodologías. Estudios sobre cultura pública en biotecnología. Análisis comparados.

4.3. Cuestiones normativas y éticas. Estudios sobre seguimiento de los mecanismos e instrumentos regulatorios. Estudios sobre bioseguridad. Factores ambientales, riesgos conocidos y posibles y su percepción. Análisis de los problemas relativos a la biodiversidad. Seguimiento y promoción de las normativas sobre patentes: estudios críticos y divulgativos. Factores éticos que inciden en el desarrollo de la biotecnología, con identificación de los problemas por sectores y dominios científico-técnicos, y con especial énfasis en casos españoles. Estudios de evaluación social: transferencia de biotecnologías y sus condicionantes.

5. Bases para el desarrollo de la biotecnología

De acuerdo con la filosofía del Plan Nacional, las áreas científico-tecnológicas han de promover la investigación genérica que se considere necesaria para el desarrollo de las tecnologías asociadas. Por ello, se incluyen algunos objetivos de especial relevancia para el diseño de las herramientas más arriba mencionadas.

5.1. El avance en el conocimiento de las relaciones estructura-función es un elemento imprescindible para el desarrollo de la biotecnología. En la mayoría de los procesos biotecnológicos se encuentran involucradas, en una u otra forma, las macromoléculas de origen biológico, ya sea como soporte de la información genética, como proteínas/enzimas o como polisacáridos. En este sentido, son de especial relevancia los estudios enzimológicos, particularmente aquéllos encaminados a establecer la relación estructura-función, la ingeniería de proteínas, las técnicas de análisis estructural (cristalografía, RMN, espectroscopía de masas, etc.). La búsqueda y análisis estructural de dianas terapéuticas, el estudio de interacciones receptor-ligando y el análisis estructural de ligandos son claves para el desarrollo racional de nuevos fármacos.

5.2. El conocimiento de los mecanismos íntimos de regulación de la expresión génica en organismos unicelulares y pluricelulares es un área de especial relevancia para el desarrollo y aplicación de herramientas biotecnológicas en la producción de nuevos productos y procesos o en la mejora de procesos ya establecidos. La información que aporta la genómica estructural y funcional ha de ser complementada con los estudios de regulación si se quiere obtener un beneficio práctico de dichos conocimientos. En el caso de organismos pluricelulares, su utilización en aplicaciones biotecnológicas implica un grado adicional de complejidad como consecuencia de las interacciones celulares. Por ese motivo, es importante apoyar los proyectos que permitan obtener información más detallada en biología celular en los mecanismos de regulación en los que intervienen las interacciones celulares. Teniendo en cuenta la importancia del sector dedicado a la pesca y la acuicultura, se ha detectado la necesidad de promover estudios básicos sobre sistemas modelo de transgénesis de peces como, por ejemplo, el pez cebra. Estos estudios se contemplarán bajo el punto de vista de aplicación en las especies cultivadas, tanto para la mejora genética como para el desarrollo de biofactorías de productos de alto valor añadido. Finalmente, muchas enfermedades son consecuencia de una disfunción del control de la expresión génica en determinados tipos celulares y, en definitiva, de la regulación de los procesos metabólicos específicos.

5.3. Las aplicaciones de la informática o bioinformática son fundamentales debido al volumen de información requerido para el procesamiento y diseño de estrategias de los complejos procesos biológicos. Esta área de investigación no sólo es uno de los pilares sobre los que se apoya el desarrollo de la genómica y proteómica, sino que, además, ha de explotarse en otros campos de la biología como, por ejemplo, la modelización de procesos biológicos, la ingeniería metabólica, el análisis de estructura y plegamiento de macromoléculas, y la interpretación de imágenes.

Acción Estratégica: Genómica y Proteómica

Se considera especialmente relevante que el área de Biotecnología lidere el desarrollo de la investigación genómica y proteómica como uno de los retos tecnológicos más importantes para los próximos años. La horizontalidad de esta acción estratégica, sustentada en la multidisciplinariedad de las herramientas biotecnológicas y una gestión acostumbrada a facilitar la convivencia entre distintos sectores de aplicación (agroalimentario, sanitario, industrial) o entre la investigación más básica y la más aplicada, convierten al área de Biotecnología en el marco idóneo para coordinar esta acción que tiene un marcado carácter multisectorial.

Los objetivos que se pretenden alcanzar son múltiples, pero fundamentalmente se tratará de mantener la conexión con la actividad dominante en el resto del mundo en estas disciplinas. Estamos al borde de la secuenciación del genoma humano y la secuencia de una treintena de genomas de diferentes organismos están ya disponibles. En esta situación, es necesario crear estructuras científicas competitivas en ambos temas para poder beneficiarse de toda la información disponible. Es preciso coordinar la actividad científica ante la situación derivada de la convergencia de la biología molecular, la genética humana y la medicina en lo que se conoce como "*medicina molecular*". La genómica contribuirá también al desarrollo de otras áreas temáticas como la microbiología (manipulación genética y ecología), la genética eucariota (manipulación en plantas y animales), la genética humana (poblaciones y enfermedades) y la farmacología (validación de dianas y diseño de fármacos). Finalmente, se crearán los recursos suficientes para dar servicio a empresas con problemas en temas como secuenciación o expresión de genes.

La acción estratégica está dividida en tres áreas: Genómica estructural, Genómica funcional y Proteómica. Para cada una de ellas se proponen objetivos específicos que deben desembocar, en muchos casos, en aplicaciones concretas como, por ejemplo, el desarrollo de nuevos sistemas de diagnóstico genético de enfermedades en humanos y animales, la mejora genética de organismos mediante selección asistida por marcadores moleculares, o el desarrollo de métodos rápidos de identificación y tipificación genotípica de organismos. Estos últimos no sólo tienen interés para la taxonomía molecular, sino que pueden ser muy útiles para la identificación y el control de los organismos modificados genéticamente o de los productos derivados de éstos.

1. Genómica estructural

Dentro de esta línea se contempla la secuenciación de genomas, la cual contribuirá al conocimiento objetivo de determinados organismos de posible valor económico y científico. Se trata de desarrollar una tecnología básica en secuenciación y análisis a gran escala. Se incluyen aquí la predicción de genes, asignación de función, detección de agrupaciones de genes y de regiones reguladoras, y reconstrucción de redes celulares y metabólicas. También se considera aquí la genómica comparativa, incluyendo aproximaciones evolutivas, ecológicas, funcionales y con aplicaciones

biotecnológicas. Esta área es el soporte estratégico de la genómica funcional. En el caso particular de los genomas vegetales hay que prestar especial atención a la secuenciación de genomas modelo o de transcriptomas de especies de interés agronómico para nuestro país.

2. Genómica funcional

La genómica funcional comprende la utilización de los recursos genómicos resultantes de los proyectos de secuenciación para obtener cantidades masivas de datos sobre la regulación y la expresión en sistemas celulares completos.

En el campo de la medicina humana son especialmente importantes las aplicaciones basadas en el análisis de datos de ligamiento de polimorfismos y marcadores moleculares a caracteres de interés, con objeto de localizar los correspondientes genes y proceder a su clonaje posicional. Esta metodología es también muy relevante en el campo de la biotecnología vegetal y ganadera, donde debe estimularse la elaboración de mapas genéticos de alta resolución, así como la identificación génica y clonaje posicional de genes en las especies de mayor relevancia económica.

En los sistemas basados en DNA se han de considerar como objetivos: i) el estudio sistemático de genes no caracterizados y la generación de mutantes en sistemas modelo, incluyendo la generación de colecciones dirigidas de inactivaciones génicas (mutatecas); ii) el establecimiento de mapas de enfermedades por combinación de DNA chips y/o epidemiología genética molecular.

En los sistemas basados en RNA es importante considerar: i) el análisis de perfiles globales de expresión en organismos modelo o de interés económico para el país; ii) los cambios globales en los perfiles de expresión génica que puedan caracterizar a los tejidos patológicos, respuesta a hormonas, o efecto de factores de transcripción de amplio dominio; iii) el estudio de la función de sistemas de genes, que incluye la identificación sistemática de la función de todos los genes de un sistema, sus relaciones y regulación, así como los estudios basados en colecciones de ESTs ("expressed sequence tags") y el análisis/control del metabolismo.

Tecnológicamente se han de desarrollar herramientas como los sistemas de expresión robotizados en filtros y/o cristal (láminas, DNA-chips) para la detección de hibridación de ácidos nucleicos con la posible extensión a la unión de proteínas (protein-chips). La obtención de DNA-chips mediante fotolitografía y microdeposición es una herramienta muy útil para el análisis de sistemas biológicos completos, el estudio de la respuesta a condiciones ambientales o la influencia de tratamientos médicos. La adquisición de esta tecnología básica posibilitará su posterior adaptación a problemas concretos y contribuirá a la creación del entorno adecuado para el desarrollo de las tecnologías asociadas, en concreto: robótica, micromanipulación, síntesis de oligonucleótidos en microescala, obtención masiva de DNA, secuenciación, tratamiento de imagen y bioinformática.

3. Proteómica

El objetivo de esta área temática es avanzar en la implementación de nuevas técnicas de identificación y análisis de proteínas en el contexto de los proyectos genómicos. Entre las actividades que se proponen se encuentran: i) la monitorización de los niveles y modificaciones de todas las proteínas de una célula o conjunto de células, mediante la obtención de geles bidimensionales, caracterización por espectrometría de masas de las distintas proteínas y tratamiento informático para su clasificación e integración con el resto de la información genómica disponible en bases de datos; ii) el establecimiento de un catálogo sistemático de las interacciones entre proteínas mediante la automatización de sistemas de dos híbridos en levadura, lo que tendría una aplicación a nivel genómico o a nivel de grupos de proteínas determinados con implicaciones para sistemas complejos como proteínas de membrana; iii) el desarrollo de la química combinatorial y peptidotecas (relacionada con los chips de proteínas descritos más arriba), con la aplicación de técnicas de rastreo masivo de compuestos químicos a sistemas funcionales caracterizados por su distribución en poblaciones o su expresión en distintos estados (la combinación de estas técnicas con la obtención de estructuras tridimensionales es especialmente interesante para la caracterización de fármacos); iv) la resolución estructural de sistemas de proteínas cuya importancia funcional haya sido caracterizada previamente, incluyendo la resolución por RMN (Resonancia Magnética Nuclear), rayos X o microscopía electrónica de alta resolución de un gran número de proteínas asociadas a proyectos genómicos, desde proyectos para la resolución de todas las proteínas de un genoma a todas las proteínas expresadas bajo un conjunto específico de condiciones.

Área de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

Área de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día nadie pone en duda que la investigación científica, el desarrollo y la innovación tecnológica se potencian con la utilización y aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones (TIC), contribuyendo de manera decisiva a resolver los principales problemas y retos que se le plantean a nuestra sociedad (competitividad, empleo, calidad de vida, preservación del medio ambiente, etc.). Cada vez más, las TIC se configuran como tecnologías horizontales que, en mayor o menor medida, penetran en todos los ámbitos científico-tecnológicos, en todos los sectores productivos y, lo que es más importante, impactan decisivamente en el empleo y en la calidad de vida de los ciudadanos.

La industria asociada a las TIC tiene un peso cada vez mayor en nuestra economía y está evolucionando a lo que se conoce como la industria del conocimiento (contenidos, software, etc.) que, en general, se caracteriza por un énfasis en aspectos inmateriales, que puede ser transmitida, gestionada y controlada por medio de estas tecnologías, no consume recursos naturales y es respetuosa con el medio ambiente.

El reto de esta área es, por lo tanto, doble; por una parte persigue el fortalecimiento de la capacidad científica y de innovación tecnológica de las industrias asociadas a las TIC y, por otra, en coordinación con el resto de las áreas científico-tecnológicas, pretende servir de apoyo, a través de la investigación científica, el desarrollo e innovación tecnológica, a la penetración de las TIC en el conjunto de nuestro tejido empresarial y social. Los esfuerzos en investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica de esta área se complementan y refuerzan con las actividades de aplicación y validación de tecnologías y servicios que se emprenderán en el marco de las acciones estratégicas del área sectorial de Sociedad de la Información. Se trata, pues, de un conjunto coherente y complementario de actuaciones en el ámbito de la investigación, desarrollo, innovación, aplicación y absorción de tecnologías dirigido a acercar a la empresa, al usuario y, en definitiva, al ciudadano las ventajas de la Sociedad de la Información.

Las TIC, siempre en proceso de rápida transformación para tratar de responder de manera satisfactoria a las necesidades de progreso de la sociedad, constituyen un área de especialidad científico-tecnológica de gran interés, especialmente por su gran impacto socioeconómico y por su carácter horizontal.

El área de TIC centra su interés en torno a los siguientes problemas y retos que enmarcan las prioridades científico-tecnológicas:

- Mayor movilidad en las comunicaciones.
- Mayor ancho de banda.
- Mejora del acceso a la información en la red y de su gestión.
- Mayor funcionalidad y flexibilidad de los sistemas software.
- Creciente relevancia de los subconjuntos funcionales.

Estas prioridades, orientadas a la resolución científico-técnica de problemas previsible en los sistemas de información y de comunicaciones de los próximos años, engloban actuaciones concretas de investigación científica básica e innovación tecnológica en apoyo a estos objetivos. No se busca en ningún caso la enumeración exhaustiva de tecnologías afines a cada objetivo o prioridad temática sino que, más bien, se pretende el desarrollo de una plataforma científico-tecnológica adecuada para poder dar respuesta a las necesidades de la sociedad y a la evolución previsible de la ciencia y la tecnología en los próximos años.

Las prioridades identificadas resultan totalmente coherentes con los ejes del área sectorial de Sociedad de la Información del PN, en cuanto que ofrecen una plataforma básica de desarrollo de tecnología y de aplicaciones orientadas a la solución de problemas concretos.

Para cumplir los objetivos estratégicos del área científico-tecnológica de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones, las prioridades temáticas se enfocan atendiendo a los criterios de: capacidad científica y tecnológica; base industrial y oportunidades empresariales; posicionamiento científico-tecnológico hacia el futuro; y alineación con las tendencias mundiales, con especial referencia al ámbito de la UE.

Teniendo en cuenta lo anterior, se deben emprender líneas de actuación que permitan:

1. Plantear objetivos relevantes de investigación, desarrollo e innovación tecnológica, tanto a corto como a medio y largo plazo.
2. Conseguir una mayor implicación empresarial.
3. Estimular la formación de grupos de I+D y consorcios para el trabajo en cooperación con objetivos comunes.

El área de TIC, por tanto, debe diseñarse pensando en un escenario previsible de futuro (10 años) y teniendo en cuenta los retos o problemas que la investigación científica e innovación tecnológica en TIC puede contribuir a resolver.

De esta manera, se obtienen los objetivos y las prioridades temáticas que engloban actuaciones significativas, tanto desde el punto de vista de la investigación científica e innovación tecnológica, como desde la perspectiva socioeconómica. Estos objetivos están en línea con las tendencias mundiales en los campos de investigación y desarrollo de las TIC, así como con las orientaciones de programas similares de otros países, pero ponen el acento en

aquellos aspectos de especial relevancia para el desarrollo económico y social de nuestro país.

Aunque los centros de investigación y desarrollo y las empresas españolas han demostrado su calidad y su dedicación en el campo de las TIC (como lo avala su significativa participación en los programas de la UE y los retornos obtenidos), es necesario, no obstante, plantearse una meta más elevada: aumentar el número de proyectos con liderazgo español y participación de un mayor número de agentes. A esta presencia, mayor en número y calidad, debe contribuir la creación de grupos de I+D con masa crítica y con objetivos comunes.

Existen casos frecuentes en los que los grupos y centros de nuestro país encuentran más fácil la colaboración con centros y empresas extranjeras que con españolas. Esta cooperación debe continuar, ya que la proyección de la ciencia y la tecnología realizada en nuestro país debe ser internacional, pero, al mismo tiempo, hay que fomentar que sea mucho más frecuente entre agentes del Sistema español de C-T-E. De nuevo, la agrupación de diversos centros hacia objetivos representados por las sublíneas temáticas propuestas, permitirá una mayor cooperación en el interior y la consecución de objetivos relevantes de ámbito nacional.

No debe olvidarse que, en el campo de las TIC, hay áreas científicas y tecnológicas emergentes, que marcarán los caminos de la evolución de esta área en los años venideros. La comunidad científica y tecnológica española debe prepararse para desempeñar un papel significativo en el contexto internacional y, por ello, debe perseguirse también el objetivo de crear dominios de investigación científica e innovación tecnológica de excelencia, promoviendo el funcionamiento en red de centros ahora dispersos, con objetivos comunes mediante proyectos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica a medio/largo plazo. Asimismo, para mejorar el trasvase de conocimientos a las empresas, se proponen algunos centros de competencia, cuya orientación debe ser el soporte a nuestras empresas en tecnologías avanzadas.

Atendiendo a **criterios de carácter científico-tecnológico**, hay que tener en cuenta que el área de TIC ocupa una posición de excelencia en el contexto de actividades de investigación, desarrollo e innovación tecnológica para la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, y es una plataforma tecnológica horizontal fundamental para el desarrollo de la Sociedad de la Información.

En España, existe una estructura de investigación e innovación en esta área de gran nivel, tanto desde el punto de vista de los centros públicos de investigación y tecnológicos, como desde la empresa. Efectivamente, en los últimos años se ha podido observar un incremento en el número de personas y de recursos dedicados a nuevas tecnologías, aún a pesar de que, ciertamente, todavía no exista una decidida voluntad de creación de unidades de I+D realmente activas más que en un número pequeño de empresas.

El rápido avance de las tecnologías relacionadas con esta área y la necesidad de que nuestro país mejore su posición estratégica global respecto del resto de

países de nuestro entorno, es otro factor crítico a la hora de considerar la necesidad de impulsar de forma decidida la cooperación entre agentes (centros de investigación, empresas desarrolladoras y usuarios) en el sector de las TIC.

La referencia lógica a realizar respecto a otras actuaciones de apoyo al área de las TIC promovidas desde fuera de España es el V Programa Marco de I+D de la UE, en el que, según las prioridades allí marcadas, la Sociedad de la Información acapara el 24% de los recursos destinados a proyectos de I+D.

Tanto el dato de demanda global de electrónica de consumo en España como la inversión en informática sobre el PIB y por persona con relación a otros países desarrollados, muestra un cierto retraso, consecuencia de nuestro nivel de desarrollo y de la cultura tecnológica de la sociedad española. Aunque estas cifras comparativas son muy discutibles y deben manejarse siempre con relación a los distintos grados de desarrollo económico de los países, sí es posible destacar, a título de ejemplo, que España invierte un 1,4% del PIB en informática, mientras que la media de la UE es el 2,04%, o que se gasta en España el 1,1% de la renta por persona en informática, mientras que en la UE el gasto es del 2,1%.

Dentro del sector industrial, las compañías del área de las TIC destacan sobre la media nacional en nivel de innovación y actividades de I+D. El 35% de las empresas del sector de las TIC son innovadoras, frente a una media nacional inferior al 10%. También cabe destacar que, de las empresas innovadoras españolas, sólo el 33% de ellas realizan I+D internamente o lo contratan, mientras que este porcentaje sube al 80% en el caso de las empresas innovadoras del área de las TIC. Hay que señalar que las empresas del sector son, en su mayoría, integradoras de sistemas y, por lo tanto, no propietarias de las tecnologías que utilizan. Aparece así otro foco de atención sobre el que es preciso incidir y que no es más que una excesiva dependencia tecnológica del exterior, agravada por la débil presencia de unidades de I+D operativas en el seno de las empresas. Esta circunstancia, muy relacionada con el hecho de que el sector de las TIC está en España articulado básicamente en torno a unas pocas grandes compañías de tipo transnacional y un gran número de PYME de tamaño inferior a los 150 empleados (el 80% de las empresas del sector), se refleja de manera evidente en el rápido incremento de las importaciones que incorporan tecnología, por un lado, y en la poca capacidad nacional de generación de patentes y modelos de utilidad (propiedad intelectual para el software), por otro.

En lo que se refiere a la situación de los operadores de telecomunicación, el factor de mayor impacto es la reciente liberalización del sector, además de otras inversiones ya programadas por parte de operadores ya históricamente establecidos. Una de las primeras consecuencias de este proceso, con un alto impacto económico en España, es la instalación de redes de telecomunicación por cable en prácticamente todo el territorio español, con inversiones comprometidas del orden de 1,5 billones de pesetas en los próximos diez años. Dichas inversiones llevan asociados compromisos de inversión en actividades de I+D y demostración de servicios avanzados.

Un factor que debe tenerse en cuenta como consecuencia del proceso liberalizador a escala mundial es el carácter cada vez más transnacional de los llamados operadores globales de telecomunicaciones. Así, el principal operador en España tiene fuertes intereses en Iberoamérica, mientras que los operadores emergentes muestran un creciente interés por esa zona geográfica.

En ambos casos, los operadores mantienen relaciones de colaboración con la industria de telecomunicaciones instalada en España para abordar proyectos en aquella zona del mundo. Esto produce un efecto sinérgico de claro impacto económico y que hace viable abordar el desarrollo e introducción de equipos y servicios de telecomunicaciones avanzadas para un mercado de gran peso mundial, caracterizado por el uso de una lengua común. Este hecho tendrá un impacto especialmente señalado en la generación de contenidos multimedia.

En cuanto a los **aspectos de carácter económico y empresarial**, hay que tener en cuenta que el sector de las TIC y sus aplicaciones facturó en 1997 unos 4,9 billones de pesetas, con un crecimiento respecto al año anterior del 15%. Al subsector industrial correspondió 1,7 billones de pesetas, con un crecimiento del 14% sobre 1996 y una exportación cercana al 38% de esta producción. Resulta, pues, de interés estratégico desde el punto de vista de su volumen y de las posibilidades de negocio de las empresas, así como desde la perspectiva de la posible aparición de nuevos nichos de mercado en el futuro próximo. Efectivamente, el carácter horizontal de las TIC y el creciente interés de la casi totalidad de sectores productivos por incorporar en sus procesos tecnologías de tratamiento de la información y de comunicaciones para mejorar su capacidad competitiva, convierten a las empresas desarrolladoras e integradoras de TIC en elementos indispensables para el desarrollo económico en el futuro inmediato.

Todos estos desarrollos encontrarán un ámbito especialmente adecuado en el área de servicios y aplicaciones multimedia sobre las nuevas redes de banda ancha, donde son especialmente importantes las expectativas de negocio y donde las empresas españolas pueden jugar un relevante papel. Como quiera que se prevé la aparición de nuevas empresas en estos ámbitos, que serán en su mayoría PYMEs, una acción coordinada produciría efectos multiplicadores.

La mayoría de las empresas españolas del sector, con ciertas carencias en su capacidad de exportación y, también, en su vocación de planteamiento de actividades de I+D e innovación, deben encontrar una clara referencia en el Plan Nacional. La mejora deseable que debe producirse en el nivel tecnológico de las empresas redundará en una mayor capacidad para competir a nivel europeo y en el incremento de su capacidad de adaptación al mercado. Aunque el porcentaje de la exportación en el sector de las TIC, debido a nuevos productos, es del 33%, frente a una media nacional del 21%, hay que compararla con una media europea superior al 50% en dicho sector.

Desde el punto de vista del interés público, es indudable que el desarrollo y despliegue armonizado de las TIC será el soporte de la futura Sociedad de la

Información, donde se desarrollarán servicios tradicionales al ciudadano o aparecerán otros a corto plazo, en respuesta a las demandas sociales.

La Europa del siglo XXI precisa un decidido impulso de las TIC para satisfacer sus aspiraciones de desarrollo, para entender los efectos de la actividad humana en el medio ambiente y protegerlo adecuadamente, para armonizar su crecimiento económico futuro, para acercar las Administraciones a los ciudadanos o para mejorar su salud o educación que, en resumen, no son sino medios para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas.

La evolución histórica del sector de las TIC en España ha supuesto la inversión de grandes recursos en la creación de infraestructuras y en la formación de personal que, lógicamente, se ha traducido en la creación de un buen número de puestos de trabajo en la industria y en la capacitación de grupos de I+D de nivel similar al de otros países de nuestro entorno. Resulta, pues, de interés nacional el asegurar el mantenimiento del apoyo al desarrollo de las TIC, así como el fomento de las nuevas ideas y posibles estrategias para el futuro, dentro de la iniciativa estratégica sobre la Sociedad de la Información aprobada por el Gobierno español en 1999.

2. OBJETIVOS GENERALES

- Instalaciones científicas y tecnológicas y centros de competencia

En la actualidad, existen en el área de las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones una serie de instalaciones científicas y tecnológicas de gran nivel, caracterizadas principalmente, por el desarrollo de líneas de investigación afines a los distintos programas internacionales de cooperación, así como por actividades de formación de personal en los entornos nacional y también internacional.

Sería de gran interés para el futuro el promover la agrupación y adecuación de este tipo de instalaciones en infraestructuras únicas distribuidas de uso compartido y conectadas entre sí a través de Red Iris, tal y como se viene haciendo en la actualidad, según una estrategia que es necesario mantener y, desde luego, potenciar.

Estas instalaciones en red estarán abiertas a la comunidad científica y tecnológica nacional e internacional y a las empresas, especialmente PYME; para ello se hace necesario el definir los criterios a emplear en su definición, financiación y viabilidad.

Como primeras acciones dentro de este campo se contempla lo siguiente:

- **Centro de producción de microcircuitos semiconductores.**

Dentro del área de las TIC, es necesario disponer de una gran instalación que permita completar la realización física de productos microelectrónicos, para poder así alcanzar los siguientes objetivos:

1. Realizar físicamente demostradores y prototipos industrializables, que serán demandados por proyectos del Plan Nacional e, incluso, del V Programa Marco de I+D de la UE.
2. Fabricar pequeñas series industriales o preseries de dispositivos o circuitos integrados específicos, para cubrir el nicho productivo que existe en determinadas tecnologías, no cubierto por las grandes "foundries" microelectrónicas internacionales.
3. Diseñar, caracterizar y probar subconjuntos funcionales que demandan técnicas avanzadas analógicas, digitales o mixtas y, de esta forma, poder ofertar un producto completo.

Esta instalación deberá disponer de la infraestructura necesaria en torno a una sala blanca, capaz de albergar los procesos microelectrónicos adecuados (CMOS segunda generación, MCM, microsistemas, potencia y otras), y ha de tener asociados laboratorios que posibiliten la caracterización de esas tecnologías, el diseño de circuitos y microsistemas y su verificación y prueba. Deberá, lógicamente, garantizar la estabilidad, fiabilidad y rendimiento de estos procesos y técnicas, a la par que ofrecer una organización adecuada para cumplir con sus objetivos e interactuar con las empresas.

- **Red de centros de supercomputación.**

El diseño y uso de supercomputadores se considera un tema estratégico en los países avanzados. Estos supercomputadores permiten una alta calidad de investigación mediante la simulación numérica, en ciencia e ingeniería, de procesos muy complejos, tales como los asociados al diseño de coches, aviones y nuevos productos farmacéuticos, así como a la predicción del tiempo y a la decodificación del genoma humano. Son máquinas que potencian la realidad virtual, y que permiten el procesamiento de grandes cantidades de información almacenada en bases de datos para aplicaciones tales como sanidad, banca y seguridad social e, incluso, el diseño de grandes servidores de Internet.

En la actualidad, existe en nuestro país un conjunto de centros de investigación que poseen máquinas paralelas de potencia media o baja y que han desarrollado proyectos interdisciplinares con empresas, fundamentalmente dentro del entorno de los programas europeos. Sin embargo, la posición de nuestro país, dentro de Europa, no es muy buena, y no refleja en absoluto el potencial investigador e industrial español. Se debe potenciar su uso pero, debido a los altos costes de estas máquinas, es necesario hacerlo a través de centros que permitan el uso compartido.

A partir de la situación descrita, se propone la creación de una red de centros de supercomputación ya existentes, conectados a través de enlaces de alta velocidad provistos por la Red Iris. Esta red permitirá a los investigadores de esta y otras áreas el acceso a máquinas paralelas de manera totalmente transparente, a la vez que mejorará la

transferencia de tecnología a las empresas. Por otra parte, la existencia de estos nodos en la red potenciará el desarrollo de las comunicaciones y servicios de alta calidad, al estar conectada a otras existentes en países europeos y en EE.UU. La conexión en red de estos centros deberá acompañarse de las correspondientes acciones de estímulo al uso de estas tecnologías en las áreas de especialidad citadas anteriormente, al objeto de involucrar de la manera más eficiente posible a los usuarios con los suministradores de servicios de supercomputación.

La puesta en marcha de centros de competencia se hará en función de los intereses y compromisos de los sectores socioeconómicos a los que vaya dirigida su actividad.

El establecimiento de estos centros debe basarse en el aprovechamiento de grupos existentes que trabajen en temáticas comunes, mediante su organización en red con un objetivo común y compartido. En este sentido, los centros de investigación de excelencia se configurarán como centros virtuales asociados a las infraestructuras experimentales que se desarrollen en el área sectorial de Sociedad de la Información

- Acciones horizontales

▪ Potenciación de los recursos humanos en I+D

La rápida evolución de las tecnologías obliga a una constante puesta a punto de los conocimientos por parte de los investigadores y tecnólogos, al tiempo que su carácter global permita y sugiera el contacto directo con investigadores y tecnólogos de otros países de nuestro entorno. El modelo en el que las fases de aprendizaje y desarrollo de la actividad profesional están separados en el tiempo, pierde cada vez más validez. Es necesario, incluso para los investigadores y tecnólogos, una formación continua en los avances de las tecnologías. La movilidad del personal investigador es la vía clásica, que debe potenciarse. Pero, en principio, podría resultar de interés la puesta en marcha de un plan experimental para la creación de centros de colaboración científica de excelencia (al estilo de los "collaboratories" de los EE.UU.) en los que el contacto científico y técnico se pudiese realizar sin necesidad de la movilidad física.

La capacidad de formación del personal científico y tecnológico de esta área, especialmente de doctores, ha sido ampliamente demostrada en el pasado. Sin embargo, los recursos humanos generados se han dedicado en buena medida al consumo interno de los propios grupos de investigación o a la creación de nuevos grupos en el ámbito universitario, de la mano del espectacular crecimiento en los últimos años de centros de formación en el área.

Por otro lado, debido a la horizontalidad de las TIC, son necesarios expertos que dominen simultáneamente estas tecnologías y otras especialidades tales como la biología, las medicina o el derecho. En otras palabras, se prevé que

pueda existir una demanda de bioingenieros, de informáticos de la salud o de infojuristas que no está cubierta. Para ello, resulta necesario establecer procedimientos de especialización cruzada.

▪ **Cooperación internacional**

La participación de empresas y organismos de investigación españoles en programas internacionales de cooperación (básicamente europeos), pasa por ser un paradigma de cualquier iniciativa de desarrollo planteada desde el ámbito nacional.

En el caso de centros de investigación, su presencia en programas europeos debe ir acompañada de la puesta en marcha de las medidas necesarias para que los resultados de la investigación sean transferidos al tejido económico y social. La transferencia resultará favorecida cuando el centro concorra junto a una empresa y necesitará de medidas específicas de acompañamiento cuando se dé el caso de que lo haga de manera aislada. Sólo de esta manera el beneficio genérico que lleva implícita la presencia de centros españoles en proyectos europeos de I+D puede convertirse en un hecho y puede ayudar a mejorar la posición competitiva de las empresas. En el sentido opuesto, resulta obvio pensar que las empresas también deben buscar el soporte de los centros de investigación y tratar de coordinar su participación en estos proyectos con la estrategia de éstos.

El Mediterráneo es otra zona de interés para España, por lo que es importante la presencia en los foros correspondientes (tales como Euromed). Se debe potenciar, por tanto, la integración de las respectivas redes de I+D para una mejor cooperación y el lanzamiento de iniciativas comunes en áreas como el desarrollo de software, las aplicaciones multimedia o el comercio electrónico, en especial aplicado a temas de interés común, como es el turismo.

Finalmente, debe entenderse como prioritario el establecimiento de acuerdos de colaboración con agencias e instituciones estadounidenses, canadienses o japonesas relacionadas con las TIC, tales como NSF y NIST en EE.UU.

▪ **Transferencia y difusión de conocimientos y resultados**

El tejido industrial español en el área de las TIC, se caracteriza por un predominio de unas pocas empresas, en su mayoría de origen extranjero y, prácticamente, sin empresas españolas de carácter multinacional. El resto de las empresas de capital nacional son, salvo raras excepciones, del tipo PYME, con un gran porcentaje de compañías muy pequeñas. No obstante, dado el carácter horizontal de las TIC, hay que prestar especial atención a la transferencia y difusión de resultados a los sectores económicos y sociales que puedan beneficiarse de los resultados del área de TIC.

- Aspectos genéricos

Las TIC están revolucionando no sólo el tejido económico-productivo, con sus efectos sobre los procesos de producción y organización del trabajo, sino también la vida diaria de los ciudadanos y la estructuración social en general. En este contexto, la I+D es uno de los agentes relevantes de actuación en el proceso general de innovación social que se está produciendo.

En esta línea, el V PM de la UE plantea como meta hacer accesible las ventajas de la Sociedad de la Información a todos los ciudadanos. Parece lógico que, por su parte, y sin olvidar la imbricación con el marco europeo y la necesaria visión global característica del sector, las acciones de investigación científica e innovación tecnológica en el sector de las TIC tengan presente el contexto socioeconómico local, contemplando medidas que favorezcan la constante interacción entre el plano de lo tecnológico-económico y el plano de lo laboral-social. De esta forma, las actividades estarán alineadas en una dirección que optimice los procesos y la competitividad del sistema productivo y, por otra parte, tendrá presente las necesidades de los ciudadanos, y en particular los aspectos socialmente más sensibles como seguridad, empleo, educación y sanidad.

A este fin, se promoverá la evaluación de las acciones del área TIC en relación con los aspectos económicos y sociales, anticipando impactos potenciales negativos y facilitando medidas anticipativas de adecuación para la transferencia al tejido económico y social y maximizando la aceptabilidad por los usuarios. El impacto sobre el empleo y la educación tendrá una consideración especial.

Por otra parte, una de las barreras que se señalan reiteradamente para la aceptabilidad de las TIC se refiere a los aspectos éticos y, en particular, los relacionados con la protección de los datos, la confidencialidad, y la violación de la intimidad. En la ejecución de esta área, por lo tanto, se deberá prestar la debida atención a estos aspectos. Asimismo, y dada la importancia del control de los contenidos Internet para sustratos sensibles de la población (como los niños) se prestará atención a tecnologías que permitan su control.

Las actividades directas de investigación científica e innovación tecnológica, se deben acompañar del desarrollo de un marco favorecedor de la actividad innovadora, especialmente dirigidas a salvar las discontinuidades de las distintas fases del proceso completo desde la investigación básica al uso de equipos y servicios finales por diferentes grupos de usuarios.

En este contexto se deben considerar:

- Protección jurídica de resultados de investigación.
- Promoción de la participación activa en el desarrollo de normas públicas abiertas, preferentemente en el marco de las organizaciones oficiales (AENOR, CENELEC, UIT, ETSI, ISO) y compatibilidad electromagnética.

- Potenciación del desarrollo de procedimientos, de las capacidades técnicas de homologación y de ensayos técnicos.
- Aplicar el principio de "diseño para todos", que supone desarrollar productos, sistemas y servicios accesibles y utilizables por personas con el mayor rango posible de capacidades y operando en el mayor rango posible de situaciones.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

3.1. Mayor movilidad en las comunicaciones

En la próxima década habrá que dar soluciones tecnológicas al desafío impuesto por la expansión de las comunicaciones móviles, tanto en el espectacular incremento del número de terminales (se pronostica una penetración del 50% en los países avanzados) conectados a las redes fijas y de satélites, como a la aparición de nuevos servicios -que requerirán mayor ancho de banda- y a un mayor despliegue de redes específicas para aplicaciones a la navegación, el posicionamiento y la localización.

Todo lo anterior necesitará actividades de investigación científica e innovación tecnológica orientadas a la mejora del desequilibrio existente en la actualidad entre las prestaciones de las redes fijas y las móviles, aumento del grado de conectividad global personal y a una mayor accesibilidad a las comunicaciones y servicios de banda ancha a través de la radio. Ello conducirá al diseño y desarrollo experimental de nuevas arquitecturas adaptativas al tráfico y a los requisitos del usuario; a esquemas de acceso radio de mayor eficacia espectral y energética; a sistemas basados en satélites para usuarios móviles y capaces de interoperar con otras infraestructuras de comunicaciones; a sistemas de mayor cobertura, precisión y fiabilidad en las aplicaciones de navegación, localización, detección y a su eventual integración con las comunicaciones, etc.

Las prioridades temáticas relevantes son:

- Arquitectura de redes, sistemas reconfigurables y adaptativos.
- Codificación de canal y técnicas avanzadas de modulación.
- Planificación y gestión del espectro.
- Tecnologías de acceso eficiente en el bucle local.
- Nuevos sistemas universales multimedia de comunicaciones móviles.
- Técnicas y algoritmos de tratamiento y adecuación de la señal.
- Interconexión, gestión y control de redes heterogéneas.
- Convergencia con INTERNET; IP sobre redes inalámbricas.
- Software para aplicaciones móviles específicas.
- Sistemas de alimentación de terminales móviles.
- Componentes y subsistemas activos y pasivos de RF.
- Sistemas radiantes.
- Terminales inteligentes para telefonía, multimedia y comunicaciones por satélite.

- Tecnologías aplicadas a las comunicaciones aeronáuticas y al control del tráfico, radiolocalización y radionavegación.

3.2. Mayor ancho de banda

Las tecnologías avanzadas de comunicaciones, núcleo de la infraestructura de tratamiento de la información de la Sociedad de la Información, constituyen la plataforma sobre la cual será posible desarrollar futuros servicios y sistemas multimedia. Esta infraestructura básica de la información se apoya en distintas plataformas, según las necesidades de cada sistema concreto, como pueden ser tecnologías de fibra óptica y cable para transmisiones de banda ancha, tecnologías de conmutación y transmisión, protocolos de comunicaciones y tecnologías de comunicaciones sin hilos.

Se prevé que, dentro de 10 años, el tráfico dominante en la red de telecomunicaciones será el de datos, debido a la expansión de Internet y a la aparición de nuevos servicios multimedia. Las nuevas aplicaciones requerirán anchos de banda en la red de acceso de hasta varios cientos de Mbit/s, con un alto grado de calidad de servicio. Por tanto, la infraestructura de comunicaciones deberá crecer en capacidad, funcionalidad, transparencia y flexibilidad para gestionar eficazmente demandas de flujos de información, en las redes de acceso, desde unos Kb/s hasta las proximidades de los Gb/s. La agregación de estos flujos tributarios dará lugar a la necesidad de una red de transporte del orden de los Tb/s.

Las redes de fibra óptica (también redes híbridas de cable y fibra o HFC), suponen el uso de tecnologías avanzadas para sistemas de gran capacidad y bajo coste de instalación, previéndose un rápido y exponencial crecimiento de estas infraestructuras en los próximos 20 años. No obstante, resultan de gran interés las tecnologías de reducción de régimen binario de señales digitales y conmutación digital como medio de dar soporte a servicios digitales de comunicación sobre infraestructuras ya existentes. En esta área específica, merecen una mención especial la familia de tecnologías Digital Subscriber Line (xDSL), ya en período de introducción y que permitirán servicios multimedia sobre el bucle de abonado de cobre.

La solución para una nueva infraestructura fija de comunicaciones de mayor capacidad se conseguirá con la implantación de arquitecturas de tipo óptico. Una solución fotónica permitirá la construcción de una red transparente a las diversas velocidades de la información y a los diferentes formatos de la señal (Protocolos Internet, Modo de Transferencia Asíncrono, Jerarquía Digital Síncrona), como una infraestructura única para múltiples tipos de acceso.

Lo anterior supone el paso de una red actual formada por subsistemas (multiplexores, conmutadores, etc.) realizados por medios electrónicos, a una nueva construida con elementos ópticos, lo que requerirá el desarrollo de dispositivos operacionales para el filtrado, conversión, conmutación, amplificación, sincronización, etc. de señales en el dominio óptico.

Asimismo, en paralelo con esta evolución de las redes fijas de cables, se producirá también la expansión de los servicios unidireccionales e interactivos por radio, como la red terrestre de TV digital y la utilización de satélites para la difusión de TV digital y de servicios multimedia interactivos. Esto supondrá el desarrollo de soluciones comerciales de componentes pasivos y activos en la banda K y superiores, y de dispositivos de interfaz para los diversos tipos de terminales.

- Redes fijas terrestres de banda ancha.
 - Arquitectura y dimensionado de redes de banda ancha.
 - Plataformas abiertas para la gestión de redes y servicios.
 - Transmisión, networking y conmutación de señales.
 - Mecanismos de protección de las comunicaciones.
 - Evolución de la red actual, interconectividad e interoperabilidad de redes heterogéneas.
 - Convergencia de redes de telecomunicación. Integración IP/ATM.
 - Protocolos, estándares e interfaces abiertas.
 - Componentes y subsistemas fotónicos para la generación, amplificación, conversión y procesamiento de señales ópticas.
 - Estrategias de conversión transparente de la información entre los dominios óptico y electrónico.

- Redes radio de banda ancha.
 - Técnicas de procesado digital y modulación de alta eficiencia espectral.
 - Sistemas para TV y radio terrena digital.
 - Sistemas para TV digital vía satélite y servicios multimedia interactivos.
 - Sistemas punto-multipunto en bandas milimétricas.

3.3. Mejora del acceso a la información en la red y de su gestión

El desarrollo de la Sociedad de la Información está en buena medida supeditado a un aprovechamiento óptimo de las infraestructuras de comunicaciones existentes, así como a que la evolución de las mismas determine la creación de nuevas aplicaciones, sistemas y servicios y la adaptación continua de los actuales.

Un ejemplo claro lo constituye la evolución de Internet, que abre nuevas vías a múltiples servicios basados en la utilización de redes con protocolo IP y que debe llevar implícita una mejora significativa en la calidad y seguridad del servicio.

La mejora de las infraestructuras de comunicaciones, acompañada de un aumento del número de servicios y usuarios, lleva consigo nuevos escenarios de aplicación, que requerirán un acceso más efectivo, intuitivo, interactivo y confidencial a la información en general, distribuida en diferentes redes, sistemas y bases de datos. Serán, pues, necesarios navegadores más inteligentes y amigables, arquitecturas informáticas más abiertas y distribuidas, elementos que faciliten el acceso masivo a grandes volúmenes de datos,

mecanismos que garanticen la confidencialidad del intercambio de información y agentes que faciliten la búsqueda y selección de la misma.

Es por eso por lo que se incluyen aquí todas aquellas tecnologías relacionadas con el acceso a la información, su gestión y procesado en entornos plenamente interconectados a través de redes de comunicaciones, y que permitan dar lugar a sistemas más flexibles, más abiertos, con mayores prestaciones, con mayores capacidades de cooperación y, en general, que faciliten el desarrollo de multitud de aplicaciones emergentes.

Entre las posibles sublíneas, se destacan las siguientes:

- Técnicas para la mejora del nivel de servicio, seguridad y confidencialidad.
- Agentes inteligentes y filtrado de la información.
- Interfaces amigables de usuario.
- Estándares técnicos para el desarrollo de nuevas redes.
- Plataformas software (middleware).
- Técnicas de selección de banda, tratamiento de la señal y reconocimiento.
- Herramientas software específicas para aplicaciones sobre INTERNET e INTRANET. Herramientas avanzadas de navegación.
- Trabajo cooperativo, flujo de trabajo y soporte a la toma de decisiones.
- Tratamiento masivo de datos.
- Técnicas avanzadas de codificación de la señal fuente.
- Tecnologías del lenguaje y del habla.

3.4. Mayor funcionalidad y flexibilidad de los sistemas software

El software constituirá uno de los elementos fundamentales de la futura Sociedad de la Información. Es el componente que nos permite gestionar grandes cantidades de información y acceder a ella para aumentar nuestro conocimiento. Cualquier actividad humana se verá facilitada por un software adecuado con capacidades inteligentes que permitirán potenciar su adaptatividad, funcionalidad y flexibilidad. El desarrollo del software de base y de aplicaciones será una de las actividades que generará más empleos en la Sociedad de la Información. La creciente complejidad de los sistemas de información y de comunicaciones, y de INTERNET en particular, hace necesario que este software sea robusto y fiable a la vez que abierto y flexible para poder ser ejecutado en cualquier plataforma.

Se deberá potenciar el desarrollo de lenguajes de programación, metodologías y herramientas generales que sirvan para programar y producir eficientemente tanto el software de base como cualquier tipo de aplicaciones que potencien los servicios disponibles en la red. De interés para esta área será el potenciar el desarrollo de software de acceso y gestión de redes, así como el de servicios. Es necesario desarrollar interfaces amigables con los ordenadores y con la red que sean mucho más avanzadas que las actuales y que permitan el acceso a cualquier tipo de ciudadano.

Los servidores de la red ganarán en importancia. Esos servidores son ya sistemas multiprocesadores que gestionan bases de datos enormes sobre las que se ejecutan o bien servicios de preguntas y respuestas o bien programas de soporte y ayuda a la decisión. Los ordenadores de altas prestaciones son los nodos más potentes de la red, de forma que se potenciará y facilitará el desarrollo del software distribuido y paralelo para ejecutar aplicaciones críticas en recursos necesarias para cualquier actividad de la ciencia, de la ingeniería, y socioeconómica.

Entre las posibles prioridades temáticas, se seleccionan las siguientes:

- Nuevos lenguajes de programación y sistemas operativos.
- Metodología de diseño y desarrollo de sistemas complejos de software.
- Herramientas para desarrollo de aplicaciones distribuidas y sistemas multiagente.
- Modelización y simulación.
- Entornos virtuales.
- Sistemas de tiempo real.
- Computación de altas prestaciones. Software para los ordenadores paralelos.
- Gestión de sistemas distribuidos (INTERNET/INTRANET)
- Herramientas para la gestión y procesado de la información.
- Arquitecturas abiertas de software para la creación, provisión de servicios y gestión de redes de telecomunicación.
- Sistemas flexibles, basados en componentes software fácilmente actualizables y reutilizables.
- Estrategias para sistemas tolerantes a fallos.
- Técnicas de diseño para la evolución y escalabilidad del software.
- Técnicas de diseño y producción del software para asegurar su calidad, fiabilidad, mantenimiento y pruebas.
- Sistemas de información y de gestión del conocimiento.

3.5. Creciente relevancia de los subconjuntos funcionales

Las TIC, por su carácter horizontal, están presentes en numerosos sectores además de los de las comunicaciones e informática. En todos esos sectores hay una necesidad manifiesta y creciente de emplear las TIC en la solución de problemas muy diversos. Por ello, el objetivo de esta línea es el de promover el desarrollo de entidades funcionales capaces de realizar una aplicación específica, y utilizarlas como elementos independientes o como módulos insertados en sistemas más complejos.

Los proyectos que se planteen en esta línea deben incluir como objetivo el desarrollo y la validación de los conceptos y las tecnologías utilizadas sobre el correspondiente demostrador, así como las pruebas de aplicación asociadas y los protocolos de integración.

Estos subconjuntos funcionales podrán consistir tanto en elementos hardware como software y su complejidad puede ser muy variable, según la siguiente clasificación:

- Componentes y dispositivos
 - Sensores y actuadores.
 - Dispositivos integrados.
 - Componentes activos y pasivos en todo el rango de frecuencias del espectro.

- Circuitos y módulos
 - Conversión de datos.
 - Circuitos de telecomunicación y comunicaciones de datos.
 - Bajo consumo de potencia y alta velocidad de operación.
 - Subsistemas hardware y software de aplicación específica (terminales, periféricos, etc.).

- Sistemas
 - Procesadores en un microcircuito.
 - Microsistemas.
 - Sistemas reutilizables.
 - Sistemas bioinspirados.

- Técnicas de soporte para diseño de componentes y dispositivos, circuitos, módulos y sistemas
 - Procesos tecnológicos para nuevos dispositivos.
 - Estrategias, metodologías y herramientas de diseño y test.
 - Técnicas avanzadas de encapsulado y montaje.

Acción estratégica: “Tecnologías y servicios experimentales sobre redes de cable”

Justificación

El despliegue de redes de cable previsto para los próximos años, va a colocar a España en una situación especialmente adecuada para llevar a cabo el desarrollo, la implantación y la explotación de servicios y aplicaciones de telecomunicaciones que demanden gran ancho de banda. El sector industrial se verá fuertemente comprometido, como lo demuestran las inversiones previstas por los operadores de redes de cable (del orden de 1,5 billones de pesetas en los próximos diez años), y que no tiene equivalente en ningún país del entorno de España.

Los operadores de cable habrán de disponer de tecnologías y servicios que hoy no existen para conformar una oferta atractiva para los usuarios. Se presenta por ello una oportunidad para la industria española, que podrá rentabilizar esfuerzos mediante la comercialización de los productos y servicios, tanto en España como en otros países, donde simultánea o posteriormente se van a ir instalando este tipo de redes. En definitiva, se ofrece una oportunidad determinante para abordar una efectiva implantación de tecnologías y servicios propios de la Sociedad de la Información.

Un adecuado y puntual esfuerzo a través de una acción estratégica, puede posicionar de forma especialmente favorable a la industria española de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones. Muchos de sus resultados serán de aplicación más allá de las propias redes de cable, dado el progresivo aumento del ancho de banda y de las capacidades interactivas de infraestructuras tales como las de comunicaciones móviles, la TV digital terrenal, las redes de acceso inalámbricas, satélites e incluso del par de cobre (tecnologías xDSL).

La acción estratégica pretende, por tanto, alcanzar una fuerte sinergia con el proceso de implantación de las redes y servicios de cable en nuestro país. Las instalaciones de redes piloto en marcha aportarán la imprescindible infraestructura de experimentación para los nuevos desarrollos, en condiciones reales de explotación.

Contenidos

Dentro de la iniciativa PISTA (“Programa de Identificación de Servicios Emergentes de Telecomunicaciones Avanzadas”) desarrollada por el Ministerio de Fomento, se abordó durante 1998 una fase de definición tendente a definir posibles pilotos de servicios multimedia sobre redes de telecomunicación por cable. En esta fase se contó con la colaboración activa de los operadores con concesión para la explotación de servicios de telecomunicación por cable, representantes de todas las Administraciones Autonómicas y de los Ministerios de Sanidad, Administraciones Públicas, Industria y Energía, y Educación y Cultura. Asimismo, se ha contado con la participación de 40 representantes de

industrias del sector y OPIs, así como de las asociaciones sectoriales ANIEL, SEDISI, AUTEL y AENTEC.

Como resultado de dicha fase exploratoria se han definido 8 perfiles de proyectos piloto sobre redes de cable, que abarcan tres posibles entornos de usuarios (medio rural, usuario residencial y PYME) y distintos perfiles de prestación de servicios, así como el uso de diferentes soluciones o alternativas tecnológicas.

En la definición de estos perfiles se han tenido en cuenta especialmente las peculiaridades propias de las diferentes demarcaciones de cable españolas. Asimismo, la evaluación de ofertas para la puesta en marcha de los proyectos piloto tendrá en cuenta la cobertura geográfica de los mismos, valorándose positivamente aquellas ofertas que propongan proyectos con ubicaciones en más de una Comunidad Autónoma.

Además, y como consecuencia de la fase exploratoria, se ha detectado la conveniencia de complementar estos proyectos piloto con un conjunto de actividades en el ámbito de la investigación científica e innovación tecnológica que potencien el valor añadido aportado por las empresas y los centros de investigación españoles en la introducción de la nueva oferta de servicios de los operadores de cable. Se ha podido constatar que en España existe una probada capacidad e interés en el desarrollo de nuevos y avanzados servicios, el diseño de nuevas aplicaciones interactivas multimedia y el desarrollo de equipamiento de redes y dispositivos de acceso y navegación.

De este modo, los proyectos piloto, cuya infraestructura deberá ser aportada por los actuales concesionarios, actuarán como proyectos de demostración en los que se probarán las tecnologías y desarrollos llevados a cabo por empresas y centros públicos.

Una primera aproximación a las áreas de desarrollo contempladas en esta acción estratégica es la siguiente:

- **Dispositivos de acceso.** Realización de equipos económicos y/o de alta versatilidad y prestaciones. Entre los desarrollos posibles están los de modem de cable de bajo coste ("set-top box") que permitan el acceso único de los diversos equipamientos de usuarios con la red de cable, equipos especiales para discapacitados.

- **Redes inalámbricas.** Tecnologías radio que permitan un rápido despliegue de redes de cable a zonas de difícil acceso. Tecnología para SDVM (Sistemas de Distribución de Vídeo Multipunto) usando microondas en las bandas 28 y 40Ghz.

- **Interconexión de redes.** Tecnologías e interfaces que permitan y aseguren la interoperabilidad de las redes de cable entre sí y con otros tipos de redes de comunicación existentes, como la de telefonía móvil o la RDSI.

- **Plataforma de desarrollo de servicios avanzados.** Plataforma que, aprovechando conceptos de diseños modulares, tipo CORBA, permita un rápido desarrollo o modificación de servicios de cable, añadiendo o modificando funcionalidades de forma sistemática.
- **Sistemas de gestión.** Desarrollo de herramientas y entornos de gestión de redes de cable que permitan una fácil monitorización, explotación y tarificación, en especial para el operador, pero también para el usuario. IP sobre ATM y las arquitecturas TMN son ejemplos de posibles soluciones para mejorar la gestión.
- **Desarrollo de servicios especiales.** Determinados servicios caben apuntarlos como determinantes en los próximos años, por lo que un desarrollo anticipado en el tiempo aportará claras ventajas competitivas. Servicios de audio o de vídeo bajo demanda sobre redes de cable con protocolos IP o sobre redes inalámbricas son ejemplos de posibles servicios a desarrollar.

Área de Materiales

Área de Materiales

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales son sustancias o productos con propiedades físico-químicas que los hacen útiles y con valor añadido como componentes de estructuras, máquinas, dispositivos. Los materiales constituyen el subconjunto de la materia que el hombre utiliza en la fabricación de sus productos.

La ciencia y tecnología de materiales crea y aplica los conocimientos que permiten relacionar la composición, estructura y el procesado con aquellas propiedades que los hacen aptos para cada una de las aplicaciones. Todo ello puede ser contemplado bajo diferentes aspectos: los fundamentales, los experimentales, los de ingeniería de procesos, los de fiabilidad y los de ciclo de vida, constituyendo todos ellos el núcleo de la ciencia y de la tecnología de materiales. En síntesis, su objetivo podría definirse como la obtención de productos nuevos o mejorados a través de combinaciones no probadas de procesos y materiales.

Dentro de este contexto se trata de un área cuyo contenido incluye, además de aspectos relacionados con la obtención de la materia prima empleada, los procesos tecnológicos aplicados en la transformación de dicha materia prima en otro material de prestaciones nuevas o mejoradas, así como los relacionados con su puesta en forma, contribuyendo de este modo a la generación de valor añadido en la elaboración de los productos.

El ámbito de aplicación está definido por aquellas actividades que propongan abordar proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en aspectos tales como el diseño y modelización de materiales, la síntesis y procesos de elaboración y fabricación tanto en forma másica como superficial, incluyendo las tecnologías de puesta en forma y de acabado, así como la determinación de las propiedades de los mismos, incluyendo la simulación de su comportamiento en servicio, la sustitución y el reciclado o reutilización de los materiales en los productos al final de su ciclo de vida.

Además, la caracterización propiamente dicha de los materiales debe considerarse también fundamental, incluyendo, entre otros aspectos, el análisis de la composición, de las impurezas, de las superficies, de las interfases, etc., así como la determinación de las estructuras cristalinas, de la microestructura, de la morfología, de la textura, de los defectos y de la evaluación de las propiedades químicas, térmicas, termodinámicas, mecánicas, ópticas, eléctricas, magnéticas, etc., constituyendo todo ello la base del desarrollo de nuevos materiales y de la mejora de los existentes.

Dentro del contexto anteriormente citado, se incluyen el diseño y desarrollo de prototipos y demostradores tecnológicos, así como de los equipos necesarios

para comprobar y demostrar las citadas características y propiedades, su funcionalidad y previsión del posterior comportamiento en condiciones de servicio.

El esquema de la figura 1 recoge de manera resumida algunos de los conceptos destacables del ámbito científico-técnico del área de Materiales.

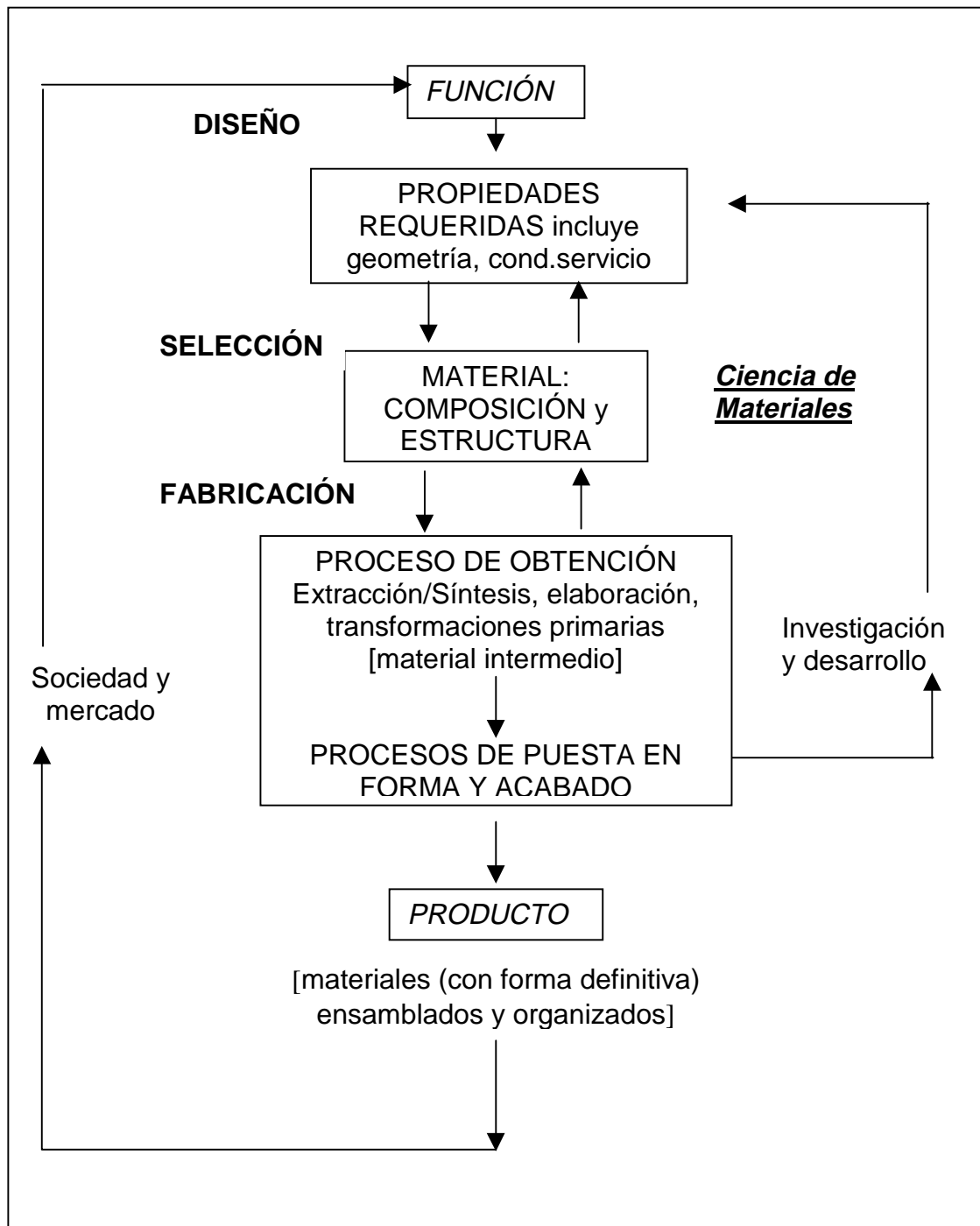


Figura 1: Ámbito científico-técnico del área de Materiales

El progreso técnico general ha sido posible en buena medida gracias a la constante mejora de las propiedades de los materiales y a la síntesis de otros nuevos, que han constituido el sustrato físico sobre el que se han apoyado los nuevos desarrollos. Los ejemplos en el campo de la electrónica, las comunicaciones, la medicina o el transporte son tan numerosos que resulta innecesario citarlos, y ponen de manifiesto el papel crítico de los materiales en los sectores industriales o de servicios, donde la tecnología y la competitividad son factores clave para el éxito.

Como consecuencia de lo señalado, numerosos países desarrollados disponen de programas específicos de I+D de carácter horizontal para promover la síntesis y fabricación de nuevos materiales y la mejora de las propiedades y del rendimiento de los procesos de producción de los ya existentes. Un ejemplo cercano se encuentra en el Programa Temático "*Crecimiento Competitivo y Sostenible*" del V Programa Marco de I+D de la Unión Europea. La inversión prevista en las actividades genéricas denominadas "*Materiales y Tecnologías para su Producción y Transformación*" en el periodo 1998-2002 alcanza los 410 millones de Euros, un 15,2% del presupuesto total del programa. Esta cifra constituye sólo una parte del esfuerzo presupuestario en el área de los materiales del V PM pues, debido al carácter horizontal de los materiales, una parte considerable relacionada con los mismos, se encuentra también incluida en otros programas de trabajo.

En España existe un colectivo de científicos y tecnólogos altamente cualificados que se debe consolidar ya que –al estar los materiales presentes en numerosas actividades industriales– servirá de apoyo al desarrollo tecnológico en una gran parte de las áreas sectoriales contempladas en el Plan Nacional. Además, la demanda por parte de la industria de técnicos cualificados en esta disciplina ha suscitado la aparición de la titulación de Ingeniero de Materiales, que se imparte actualmente en varias universidades españolas.

En cuanto al impacto económico de los materiales, y según las estadísticas del INE relativas a 1997, las industrias relacionadas de manera directa e indirecta con el área de materiales (excluida la industria química) representan el 72% de las empresas, el 71% de la ocupación industrial y el 59% del valor de los productos industriales fabricados en España.

En la Figura 2 se recoge la importancia de algunos sectores con fuerte vinculación con el área de Materiales, incluyendo aspectos de empleo y de ventas.

CNAE	Descripción	Número de empresas	Personas ocupadas	Ventas netas de productos (Mpta)	Consumo de materias primas (Mpta)
10,11,12,13,14,23	Industrias extractivas y del petróleo	1.664	55.488	2.214.219	1.357.140
15,16	Alimentación, bebidas y tabaco	26.153	370.447	9.053.052	5.402.178
17,18,19	Industria textil, confección, cuero y calzado	23.131	299.231	3.033.595	1.467.416
20	Madera y corcho	12.049	92.111	967.895	510.680
21,22	Papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados	14.963	177.650	2.801.735	983.830
24	Industria química	3.750	129.889	3.804.222	1.774.014
25	Caucho y materias plásticas	4.564	100.807	1.605.337	682.494
26	Productos minerales no metálicos diversos	9.925	161.144	2.359.778	708.494
27,28	Metalurgia y fabricación de productos metálicos	27.063	328.033	5.103.672	2.354.374
29	Maquinaria y equipo mecánico	9.180	152.324	2.040.617	748.229
30,31,32,33	Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	5.933	141.713	2.502.175	1.160.281
34,35	Material de transporte	2.868	203.058	5.893.150	2.264.961
36,37	Industrias manufactureras diversas	16.047	150.895	1.368.535	564.510
40,41	Energía y agua	1.126	66.145	2.623.850	782.164
Total Industria		158.416	2.428.935	45.371.832	20.760.765
Total Industria relacionada con Area de Materiales		113.674	1.714.855	26.708.594	10.934.589
Porcentaje respecto al total de Industria		71,8%	70,6%	58,9%	52,7%

Figura 2: Datos del INE sobre producción industrial española. 1997

Por otro lado, conocer y evaluar de manera real el impacto económico de la I+D en el sector de Materiales tiene sus dificultades, derivadas principalmente de la naturaleza horizontal de sus aplicaciones, ya que se encuentra presente de manera general en los desarrollos de nuevos productos. El último estudio disponible sobre el mercado nacional de materiales avanzados –que incluye tanto los nuevos materiales como los materiales tradicionales con propiedades mejoradas– fue elaborado por el Ministerio de Industria en 1995. Los resultados se han recogido en la tabla de la Figura 3, en la que también se incluye la tasa de crecimiento anual medio (TCAM) para el periodo 1988-1995. Las cifras correspondientes al año 2000 –que se han calculado aplicando la TCAM de la tabla al periodo 1995-2000– permiten estimar que las ventas, solamente de los materiales avanzados, superarán el billón de pesetas en los comienzos del siglo XXI.

Productos	1995*	TCAM 1988-95 (%)	2000*
Aleaciones ligeras	49.950	2.4	56.238
Aleaciones de alta resistencia	5.435	7.7	7.875
Aceros avanzados	222.237	7.6	320.536
Polímeros avanzados	175.656	11.1	297.326
Cerámicos avanzados	9.273	11.4	15.909
Vidrios avanzados	33.638	10.0	54.174
Materiales compuestos	92.439	9.3	144.197
Materiales magnéticos	7.591	7.1	10.697
TOTAL	596.219	8.75	906.952

*En millones de Ptas.

TCAM: tasa de crecimiento anual medio

Figura 3: Datos sobre ventas y tasas de crecimiento de los materiales avanzados

Desde el punto de vista de la economía de empresa, se admite que el coste de los materiales constituye –por término medio – el 50% del valor de fabricación de un producto. Esta cifra tiene un carácter orientativo y varía mucho de un sector de actividad a otro, pero manifiesta la importancia de las tecnologías de materiales para optimizar el coste y, en último término, garantizar la competitividad de las empresas. Además, en el caso de algunos sectores industriales con gran tradición en nuestro país (siderurgia, por ejemplo), su futuro está condicionado a la producción de materiales con mayores prestaciones y valor añadido, pues no es posible competir con los países en vías de desarrollo en la fabricación de materiales tradicionales.

Finalmente, el desarrollo de nuevos materiales o de materiales mejorados tiene una incidencia directa en muchos productos y servicios, mediante el incremento de la fiabilidad y de la vida útil, mejora de la seguridad y comodidad, etc., y todo ello se traduce en una mejor calidad de vida. A la vez, el desarrollo de la tecnología de materiales ha permitido producir más con menos y ha introducido la filosofía del reciclado. Todo ello contribuye a mitigar el impacto medio ambiental del desarrollo económico y limita el despilfarro de materias primas escasas o no renovables, factores que son críticos cara a un desarrollo económico sostenible.

Como consecuencia de la situación presentada en los párrafos anteriores, los objetivos prioritarios se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Impulsar el desarrollo de la ciencia y tecnología de materiales, incluyendo sus procesos de fabricación, en áreas de especial relevancia por su importancia estratégica, de manera que el país se encuentre bien posicionado para el futuro.
- Potenciar el desarrollo tecnológico en campos de especial interés para la industria española, los cuales estarán relacionados en gran medida con las áreas sectoriales del Plan Nacional.

- Contribuir al desarrollo de grupos de I+D en todos los campos de la Ciencia y Tecnología de Materiales. Estos grupos contribuyen a mantener el nivel tecnológico y científico del país, constituyendo una parte destacable del tejido que sustenta el desarrollo tecnológico de la industria.

2. OBJETIVOS GENERALES

2.1. Instalaciones científicas y tecnológicas grandes y medias

En lo que respecta a las grandes instalaciones internacionales en las que participa España, y de interés en el área de Materiales, la participación de investigadores españoles pertenecientes a centros públicos y privados ha sido significativa, propiciando una investigación de calidad que no hubiera sido posible sin la existencia de dichas instalaciones. La participación en estas instalaciones se ha completado con la construcción de una línea hispano-francesa en Super-ACO (Orsay, Francia) y la construcción de una línea española en el ESRF (Grenoble, Francia).

La relación de grandes instalaciones científicas españolas se encuentra recogida en el correspondiente catálogo de la CICYT, en el que se pueden identificar las siguientes instalaciones que pudieran ser de interés para ciertas líneas del área de Materiales:

- Dispositivo de Fusión Termonuclear TJ-II
- Instalaciones singulares de ingeniería civil en el CEDEX
- Sala blanca del Centro Nacional de Microelectrónica
- Plataforma Solar de Almería (instalación internacional)

A este conjunto de instalaciones deben añadirse instalaciones de carácter medio y utilización genérica o claramente focalizadas en aspectos concretos de la Ciencia y Tecnología de Materiales, tales como:

- Centro Nacional de Aceleradores de Sevilla
- Laboratorio de Altas Presiones y Temperatura (CSIC-Carburos Metálicos S.A.)

A las referencias anteriores deben añadirse el conjunto de Centros de Materiales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), laboratorios especializados en Ciencia y Tecnología de Materiales de distintas Universidades españolas y el importante número de Centros Tecnológicos existentes en el conjunto del Sistema y dedicados fundamentalmente a las Tecnologías de Materiales.

Ahora bien, si este conjunto de centros y laboratorios no pueden considerarse estrictamente como grandes o medias instalaciones, el instrumental disponible en cada uno de ellos se puede evaluar en centenas de millones de pesetas, lo que hace conveniente una adecuada utilización de los recursos humanos y materiales empleados en los mismos. Es evidente que la excelencia en medios humanos y materiales altamente específicos para determinadas áreas de la

Ciencia y Tecnología de Materiales permiten la consideración de instalaciones de características medias.

De acuerdo con todo lo anterior, las acciones que deben permitir la mejora de su rendimiento dentro del Sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa pueden ser, entre otras, las siguientes:

- Las grandes instalaciones, particularmente las ligadas a las instalaciones internacionales anteriormente mencionadas, tienen una baja ocupación en el desarrollo de proyectos de I+D correspondientes al área de Materiales.

Sin embargo, se considera que en numerosos casos el desconocimiento de las posibilidades y condiciones de acceso a las mismas, impide un mayor uso y aplicación de los resultados que pueden obtenerse.

Se propone potenciar el acceso de los grupos de investigación con dotaciones de equipamiento complementario que potencie la utilización de las grandes instalaciones.

- En relación con las instalaciones de tamaño medio, se potenciarán equipamientos en instituciones abiertas a usuarios externos, priorizando las que ofrezcan servicios al sector empresarial.

2.2. Centros de competencia

Los **Centros de competencia en red (CDR)** deberán tener una organización interna que permita una definición clara de objetivos y por tanto la realización de proyectos conjuntos en las áreas comprendidas en las prioridades temáticas del área de Materiales.

Los grupos integrantes de los CDR deben tener actividades complementarias entre sí en lo que se refiere a medios e infraestructura de investigación, de forma que se potencie la de todo el conjunto. Así mismo, se deberá facilitar el intercambio de personal y el acceso de dicho personal a los diferentes laboratorios participantes en la red.

Se propone analizar la viabilidad de los siguientes CDR:

- Tecnologías de Superficies.
- Materiales Biomédicos.
- Aceros de Valor Añadido.

2.3. Acciones horizontales

Potenciación de recursos humanos

En relación con las necesidades de esta área, se recomienda la potenciación de recursos humanos en los aspectos de ingeniería de materiales y

especialmente ligados a los conocimientos de las tecnologías de procesos de puesta en forma de materiales para el desarrollo y obtención de productos de valor añadido, como eje fundamental para la aplicación de los conocimientos científico-tecnológicos a la mejora de la competitividad tecnológica de las empresas.

Cooperación Internacional

Resaltar la conveniencia del apoyo a la participación de los grupos de I+D y empresas en los programas internacionales de I+D a través de diversos mecanismos, desde ayudas financieras para la preparación de propuestas hasta la existencia de una red española con alianzas extranjeras de apoyo para la búsqueda de socios.

Se considera de interés el apoyo al establecimiento de acuerdos y centros mixtos o virtuales entre instituciones españolas de I+D y otras de países prioritarios para España. Dentro de este contexto y en relación con la posible creación de "centros virtuales o mixtos" se propone la configuración de colaboraciones con EEUU en aquellos centros en red que, finalmente, se establezcan.

2.4. Aspectos genéricos

Con objeto de fortalecer los resultados derivados del cumplimiento de los objetivos del Plan Nacional en esta área, se proponen los siguientes puntos de atención especial:

- Mejora del acceso a los mercados internacionales con productos competitivos en coste y tecnología.
- Diversificación del tejido industrial basado en materiales y tecnologías maduras, prestando especial atención a las agrupaciones industriales (calzado, cerámica, textil, juguete, mueble) por su impacto social en áreas geográficas concretas.
- Elaboración de estudios de mercado sobre nuevos materiales y sus aplicaciones, con especial atención al desarrollo sostenible (procedencia de materias primas, impacto social, consumo de agua y energía, fomento del uso de materias primas secundarias, residuos).

El área de materiales no destaca como una de las más relevantes en lo concerniente a los aspectos éticos que entraña la investigación en su campo, aunque se considera necesaria la toma en consideración a todos los niveles de los aspectos relacionados con el medioambiente y la calidad de vida. Asimismo, cuando el diseño de materiales requiera de la experimentación con seres vivos se deberán respetar las directrices establecidas por los organismos públicos competentes.

En lo que se refiere a los aspectos prenormativos, hay que tener en cuenta que la creciente sustitución de las barreras arancelarias por barreras basadas en la

certificación de productos y procesos, unida al continuo desarrollo de reglamentaciones en materia de salud y seguridad de las personas, confiere un carácter estratégico a la situación de un país en materia de normalización, y en especial de estudios prenormativos, con objeto de poder estar en posición de defender los criterios deseados en las normas o reglamentos pertinentes.

Las actuaciones en este sentido serían las siguientes:

- Apoyo a la investigación prenormativa (estudio de propiedades de los materiales y productos, comportamiento en uso, fiabilidad, durabilidad, etc.)
- Apoyo a la creación o mantenimiento de una infraestructura de medida y ensayo (pre y post-normativa), acompañada de las consiguientes acciones complementarias en temas de calibración, materiales de referencia y equipos de medida y ensayo.

En especial, se consideran de interés los proyectos destinados a mejorar el cumplimiento, por parte de los productos o instalaciones, de los límites mínimos de seguridad o salud (mediante la mejora de su comportamiento en uso, modificación de los materiales constituyentes, etc.) establecidos en directivas europeas que limiten la comercialización y uso de productos (marcado CE). Entre ellas cabe citar: elementos de transporte, recipientes a presión, juguetes, productos de construcción, equipos de protección individual, aparatos de gas, maquinaria y bienes de equipo, etc.

Por otra parte, la relación del área de materiales con las tecnologías de la información y de las comunicaciones puede dividirse en dos apartados:

- Las TIC como herramienta de las actividades en I+D: modelización y simulación de materiales y de los procesos de producción, así como el del futuro comportamiento de componentes y productos en condiciones de servicio.
- Las TIC como apoyo a la investigación:
 - Facilitar el trabajo en red (videoconferencias, teletrabajo, acceso a redes empresariales de información, etc.)
 - Facilitar el acceso, captación y procesado de datos e información, así como su almacenamiento y posterior difusión mediante bases de datos, buscadores automáticos de información, publicaciones, vigilancia tecnológica, etc.

2.5. Relación con el V Programa Marco de I+D de la UE

En el V PM, el área de Materiales tiene carácter de segmento horizontal dentro del programa **Crecimiento competitivo y sostenible**, poniendo también un importante énfasis en la presencia de temas de investigación y desarrollo de materiales en el resto de las áreas temáticas del programa.

En relación con los contenidos y orientaciones del área de materiales en el PN, cabe destacar el carácter prácticamente complementario de los enfoques y necesidades a cubrir, en relación con lo recogido por el V PM.

Dentro de este contexto pueden destacarse los aspectos que recoge el PN en cuanto a los estudios específicos sobre “Tecnologías de fabricación y transformación”, así los de “Mejora del comportamiento en servicio”, que puede enlazar con actividades de desarrollo tecnológico muy cercanos a su aplicación al mercado y, por tanto, en el entorno de la innovación tecnológica. En las áreas citadas, el enfoque del V PM es más bien generalista, en tanto que en el PN, el desarrollo tecnológico previsto está orientado a proporcionar resultados de aplicación industrial.

Otro aspecto de complementariedad a destacar con respecto al V PM es la inclusión en el PN de aspectos de desarrollo tecnológico relacionados con materiales tradicionales: madera, caucho, cerámica ornamental, textil, etc., contemplados al mismo nivel que los denominados “nuevos materiales”.

No obstante, el V PM resulta un adecuado marco de oportunidad para el reforzamiento de algunos temas del área, sobre todo en los de “Desarrollo de materiales nuevos y mejorados”, así como en el de “Reciclado y reutilización”.

Dada esta coincidencia y complementariedad, debe asegurarse la coordinación entre ambas iniciativas para evitar duplicar esfuerzos o desperdiciar recursos.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

La estructura de las prioridades temáticas ha sido establecida mediante la agrupación de las mismas en dos segmentos principales:

Líneas de actividad prioritaria
Áreas de materiales preferentes

De manera resumida, en la Figura 4 puede verse la propuesta de asignación del grado de importancia entre las líneas y áreas establecidas.

La estructura señalada recoge como aspiración fundamental proporcionar la cobertura necesaria a las necesidades de I+D del tejido industrial español relacionado con el ámbito del área, con lo que las expectativas de desarrollo competitivo y sostenible de **sectores productores y transformadores** tan significativos como la siderurgia, metalurgia, cerámica, textil, madera, transformados plásticos, etc., así como la de **usuarios finales** como la aeronáutica y espacio, automoción, energía, construcción, etc., se encuentran plenamente incorporadas en las diferentes prioridades temáticas establecidas.

ÁREAS DE MATERIALES LÍNEAS	Área 1: Materiales de carácter estructural	Área 2: Materiales para aplicaciones funcionales	Área 3: Otros materiales y aplicaciones
1 - Desarrollo de materiales nuevos y mejorados	***	***	***
2 - Tecnologías de fabricación y de transformación	***	***	***
3 - Mejora del comportamiento en servicio	***	***	***
4 - Certificación y homologación de materiales y productos	**	**	**
5 - Reciclado y reutilización	***	*	*

Figura 4: Cuadro resumen del grado de importancia relativa asignada a las diferentes líneas y áreas (de * a *** aumentando en importancia).

Líneas de actividad prioritaria.

Cada línea prioritaria contiene un grupo temático de **objetivos y campos de actividad afines**, de manera que permiten abordar los temas de interés estratégico con impacto sobre la competitividad de los materiales, procesos y productos, apoyando un desarrollo tecnológico industrial sostenido y revertiendo todo ello en una mejora de la calidad de vida.

Línea 1: Desarrollo de nuevos materiales y de materiales mejorados.

En esta línea prioritaria se considerarán de manera preferente los proyectos relacionados con:

- a) Diseño de materiales. Diseño y configuración de nuevos materiales y de sus precursores. Diseño de materiales a la medida, así como desarrollo y aplicación de los conceptos teóricos necesarios. Aplicación de los conceptos de ecodiseño. Diseños que permitan desarrollar posteriormente materiales, estructuras y componentes con nuevos atributos y, principalmente, la incorporación de inteligencia u otros sistemas activos-adaptativos.

- b) Síntesis y obtención. Actividades de síntesis y obtención de nuevos materiales de carácter másico, en forma de polvo o partículas, en películas o lámina delgada, recubrimientos, etc., tanto simples como compuestos, híbridos y multicapas, así como la obtención de micro- y nanomateriales.
- c) Caracterización de materiales. Determinación y evaluación de las características y propiedades de materiales nuevos y mejorados, así como la de las materias primas correspondientes.
- d) Relaciones estructura-propiedades-proceso. Relaciones entre la estructura, las propiedades y los procesos de transformación correspondientes a los materiales de que se trate.
- e) Mejora de propiedades. Mejora de las características y propiedades de los materiales mediante la actuación sobre cualquiera de los siguientes aspectos: composición química, configuración física, estructura, producción, tratamiento, modificación superficial o de otra naturaleza orientada a la consecución del objetivo señalado.

Se incluyen en este apartado, por tanto, el desarrollo de materiales nuevos o mejorados con incremento de propiedades: mecánicas, térmicas, resistencia al fuego, a la corrosión, al desgaste, magnéticas, ópticas, eléctricas, superficiales, biocompatibles, etc.

Línea 2: Tecnologías de fabricación, producción y de transformación de materiales

La línea seleccionada prioriza las siguientes tecnologías de fabricación y de transformación:

- a) Tecnologías de obtención, fabricación y transformación. Procesos de obtención, fabricación, producción y transformación de materiales mediante procedimientos físicos, químicos, térmicos y mecánicos, entre otros, así como combinaciones de éstos. Desarrollo de nuevas tecnologías o mejoras en las ya existentes, con objeto de alcanzar, entre otros, alguno de los objetivos siguientes:
 - Elevar las prestaciones o calidad del producto obtenido.
 - Mejorar la fiabilidad de los procesos de fabricación y transformación.
 - Reducción de costes de producción, ahorro energético.
 - Nuevos desarrollos o adaptaciones de las tecnologías de transformación existentes, para su aplicación a la puesta en forma de productos con nuevos materiales o para series cortas de producción.
 - Fabricación integrada o de precisión cuyo resultado es la obtención directa de productos finales, ya sean semielaborados o de aplicación inmediata.
- b) Tecnologías horizontales. Avances en las tecnologías de producción, transformación y de puesta en forma, de carácter horizontal, como por ejemplo: las tecnologías de unión, las de tratamiento de superficies con o

sin modificación estructural, las de conformado de metales y no metales, de solidificación, de inyección, de corte y mecanizado, etc.

- c) Diversificación de materias primas. Las tecnologías implicadas pueden tener como base materias primas, materiales o sustancias en fase gaseosa, líquida o sólida, así como combinaciones de éstas y, por tanto, serán de interés las actividades que promuevan el empleo de nuevas fuentes de materias primas más ventajosas que las actuales.
- d) Tecnologías limpias. Tendrán especial relevancia las mejoras de procesos ya existentes o el desarrollo de nuevas tecnologías de fabricación, producción y transformación que impliquen una reducción del impacto medioambiental, acústico o energético, favoreciendo así la posterior implantación industrial de tecnologías más limpias, contribuyendo a un desarrollo industrial más sostenido.
- e) Aplicación de las TIC. Desarrollo de aplicaciones de las herramientas de simulación de procesos de fabricación, producción, transformación y puesta en forma de los materiales, tanto si son nuevos como avanzados. Aplicaciones de las TIC a la mejora de los procesos de fabricación horizontales descritos anteriormente.

Dentro de este contexto se pone especial énfasis en el empleo de las tecnologías de información tales como software de simulación, sistemas expertos de procesos, sistemas de prototipado rápido de piezas y elementos, con especial relevancia en la incorporación de inteligencia a los procesos de transformación.

En relación con lo anterior, se consideran de interés las actuaciones que incluyan el desarrollo de prototipos y demostradores tecnológicos, tanto relacionados con el proceso como en relación con las propiedades del material o producto fabricado.

Línea 3: Mejora del comportamiento de los materiales y productos en servicio.

Los materiales y los productos fabricados con ellos deben proporcionar el servicio para el que son diseñados, seleccionados, calculados y producidos. En consecuencia, los conceptos de previsión del comportamiento durante su futura aplicación o ciclo de vida previsto, deben ser objeto de especial atención, debido a la necesidad de garantizar la calidad, fiabilidad, seguridad y prestación del servicio de los materiales y productos en el mercado. En este contexto, son prioritarios los siguientes aspectos:

- a) Mecanismos de fallo y deterioro. Estudio y desarrollo de modelos, tanto teóricos como aplicados, para una mejor comprensión de los diferentes fenómenos y mecanismos de fallo y deterioro de los materiales y productos en servicio, tanto si tienen un carácter estructural como funcional.
- b) Comportamiento en servicio. Los materiales transformados en componentes, estructuras o productos deben proporcionar las prestaciones

en servicio previstas, dentro del ciclo de vida considerado. En este apartado se abordan los estudios y ensayos específicos para evaluar de manera acelerada el comportamiento de materiales y productos sometidos, entre otros, a los siguientes aspectos en servicio:

- Condiciones de esfuerzos mecánicos, de impacto, de fricción, desgaste, etc.
- Efecto de la temperatura y de las condiciones ambientales de tipo atmosférico, acústico y de agentes químicos.
- Efecto de la radiación y de los campos eléctricos, magnéticos y combinaciones de éstos, así como la influencia del vacío e ingravidez del espacio exterior.
- Compatibilidad con el cuerpo humano.
- Fenómenos y procesos de degradación por envejecimiento de los materiales y productos.
- Otras condiciones de servicio, como el efecto de organismos vivos de origen animal o vegetal.

Evidentemente, también están considerados en este apartado los estudios que incluyan las posibles combinaciones o interacciones simultáneas o sucesivas de factores que puedan condicionar las prestaciones o vida en servicio, como es el caso, por ejemplo, de comportamiento bajo tensiones termomecánicas, o de corrosión bajo tensión, biodegradación, etc.

Se incluyen, asimismo, y de manera destacada, las aplicaciones de las TIC a la simulación del comportamiento de materiales y productos en condiciones de aplicación o de servicio.

c) Alargamiento de la vida útil. Los materiales y productos son objeto de análisis de la integridad estructural o funcional al objeto de garantizar la fiabilidad y seguridad necesarias, evitando roturas catastróficas o disfunciones no previstas.

En consecuencia, se incluyen en este epígrafe el desarrollo y aplicación de conocimientos y tecnologías avanzadas que permitan conocer el estado de deterioro de un material o producto, tanto durante su funcionamiento de vida previsto, como en los últimos estadios de vida en servicio, al objeto de proporcionar el alargamiento de su vida útil con seguridad y fiabilidad.

Se consideran especialmente útiles la evaluación del daño o deterioro aparecido en servicio y la monitorización de su progresión y efectos sobre la vida útil.

Asimismo, se pone un especial énfasis en el desarrollo y aplicación de nuevas o avanzadas técnicas de evaluación no destructiva de la integridad estructural o funcional de los materiales y productos, así como para la detección y evaluación del daño o deterioro producido en servicio.

Línea 4: Certificación y homologación de materiales y productos.

Diversos materiales nuevos o mejorados, así como los productos elaborados con ellos, requieren el desarrollo de un proceso de certificación y homologación previo a su empleo. En este contexto es conocida la necesidad de abordar el desarrollo de una investigación de carácter prenormativo que facilite la posterior certificación.

En este apartado se considera el desarrollo de las siguientes actividades:

- Investigación de carácter prenormativo de materiales y productos.
- Desarrollo de estándares y materiales de referencia.
- Desarrollo de equipos y máquinas para la certificación y homologación de materiales y productos.

Línea 5 : Reciclado y reutilización de materiales.

El final del ciclo de vida de los materiales y productos plantea la necesidad de su eliminación, reciclado o reutilización. En el contexto de esta área se abordan principalmente los aspectos relativos al reciclado y reutilización. En este apartado se propone considerar:

- Estudios de valorización de materiales reciclables en los productos.
- Desarrollo de procesos de adecuación de los materiales para su posterior reciclado.
- Desarrollo de procesos de transformación con el empleo de materiales reciclados como "materias primas secundarias".
- La reutilización directa de productos o componentes.

Áreas de materiales preferentes

Las líneas prioritarias establecidas en el apartado anterior deben ser completadas con una referencia adecuada a los materiales objeto de las mismas. Las áreas o grupos de materiales que se indican a continuación deben ser entendidos dentro de un ámbito preferencial, pero no excluyente de otras posibilidades que podrán ser igualmente considerados si su importancia científico-técnológica queda justificada.

En este contexto, las áreas o grupos de materiales a considerar de manera preferente se pueden agrupar del siguiente modo:

Área 1: Materiales de carácter estructural.

En este grupo se incluyen aquellos materiales en cuya selección o aplicación destacan los aspectos de carácter estructural o resistente. En dicho concepto se incluyen actualmente tipos y grupos de materiales cuyas aplicaciones son más diversas que la que expone la definición anterior.

- a) Materiales metálicos:
 - Aceros de alto valor añadido. Aceros mejorados de baja, media y alta aleación.
 - Aleaciones ligeras de base aluminio, magnesio, titanio, etc.
 - Aleaciones no férricas. Superaleaciones. Materiales intermetálicos.
 - Otros metales y aleaciones.

- b) Materiales compuestos:
 - Matriz orgánica, metálica y cerámica.
 - Con refuerzos de partículas, fibras, plaquetas, insertos, etc.

- c) Materiales cerámicos:
 - Cerámica para construcción y cerámica ornamental.
 - Cerámicas refractarias.
 - Cerámicas tenaces.

- d) Materiales poliméricos:
 - Plásticos de consumo y de ingeniería.
 - Mezclas poliméricas.

- e) Materiales para construcción:
 - Materiales pétreos, morteros.
 - Hormigones comunes y especiales.

- f) Materiales en capas y recubrimientos:
 - Metálicos, cerámicos, orgánicos, inorgánicos y mixtos.
 - Capas simples, multicapas.

Área 2: Materiales para aplicaciones funcionales

Estos materiales son los que mayor potencial de crecimiento presentan en la actualidad. Las previsiones en este sentido señalan un incremento todavía superior para la próxima década. Dentro de este grupo de materiales se incluyen, clasificados por su campo de aplicación más significativa, los siguientes:

- a) Materiales para electrónica, optoelectrónica y electroquímica:
 - Semiconductores de Si, Ge, siliciuros, etc.
 - Semiconductores policristalinos y amorfos.
 - Materiales de sustratos, recubrimientos, etc.
 - Cerámicas translúcidas para modulación, memorias ópticas.
 - Materiales magnéticos.
 - Materiales para electrónica molecular.
 - Conductores iónicos.
 - Cerámicas y polímeros para pilas de combustible.

- b) Materiales para aplicaciones eléctricas:
 - Materiales magnéticos.
 - Materiales conductores y superconductores.

- Materiales ferroeléctricos.
 - Materiales aislantes.
- c) Vidrios y materiales ópticos:
- Fibras ópticas.
 - Vidrios avanzados: resistentes a la radiación, transparencia en el IR/UV, con propiedades especiales, etc.
 - Materiales fosforescentes y luminiscentes. Materiales para amplificación y guiado de la luz, etc.
- d) Otros materiales funcionales:
- Sensores, materiales piezoeléctricos, etc.

Área 3: Otros materiales y aplicaciones

- a) Materiales biomédicos:
- Bioactivos y biocompatibles para implantes y reconstrucción ósea.
 - Materiales para tejidos artificiales e híbridos.
 - Materiales biomiméticos.
 - Materiales inteligentes para prótesis.
 - Materiales para dispositivos de mínima invasión.
 - Materiales para dosificación de fármacos.
- b) Materiales para catálisis.
- c) Materiales inteligentes:
- Materiales con memoria de forma.
 - Materiales activos-adaptativos.
- d) Otros materiales y aplicaciones:
- Madera y derivados.
 - Caucho y derivados.
 - Materiales para membranas.
 - Pigmentos y colorantes.

Área de Procesos y Productos Químicos

Área de Procesos y Productos Químicos

1. INTRODUCCIÓN

El área de Procesos y Productos Químicos pretende potenciar las actividades de I+D para el desarrollo, mejora y/o adaptación de procesos y productos químicos. Dentro de la temática se incluirán, por tanto, todos los procesos que apliquen tecnologías químicas, independientemente del sector industrial al que pertenezcan, incluyendo las tecnologías que tengan por objetivo la mejora o solución de problemas ambientales originados en el proceso productivo o al final de la vida útil de los productos o materiales.

Un aspecto fundamental del área será su contribución a la modernización y adaptación al cambio tecnológico de la industria, lo que ha de traducirse tanto en un aumento de los rendimientos productivos y poder de innovación de ésta, como en una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta a las necesidades del mercado. En este contexto, se deberá estimular el establecimiento de intercambios intersectoriales y la participación de las PYME, teniendo en cuenta sus propias necesidades y funciones en la cadena productiva.

Desde un punto de vista de contenidos, se apoyarán actividades de I+D que incluyan desde la investigación básica orientada hasta la implantación industrial, pasando por las escalas intermedias de investigación aplicada en laboratorio, el desarrollo y operación de plantas y/o experiencias piloto, y la elaboración y ensayo de prototipos de diferentes tamaños. En este sentido, se podrán apoyar actividades con un alto grado de innovación y otras en que la innovación resulte menor, pero suponga un elemento importante de mejora competitiva para las industrias implicadas. Aspectos relevantes del área son los desarrollos de cambio de escala, hasta el nivel industrial, así como los estudios de las características de los productos con vistas a su aplicación final y aquellos dirigidos al establecimiento de relaciones entre especificaciones y propiedades físico-químicas de los productos.

Además, se deberán contemplar acciones que combinen esfuerzos en diferentes áreas, integrando aspectos que abarquen el diseño, producción, uso y reutilización al final de la vida operativa del producto.

Los logros esperados como resultado de los proyectos después de la fase de desarrollo son cualquier producto, proceso, método de fabricación o diseño, servicio, norma, conocimiento técnico, metodología o experiencia de red que se pueda comercializar, difundir o transferir.

Una relación no exhaustiva de contenidos que pueden definir el **ámbito científico-tecnológico** del área es la siguiente:

- Metodología para el desarrollo de procesos químicos. Estudio del cambio de escala de procesos químicos.
- Desarrollo de nuevos procesos para la obtención de productos o soluciones de interés industrial y ambiental.
- Innovación en el diseño de reactores químicos.
- Procesos de conversión termoquímica de combustibles fósiles y renovables.
- Cambio de escala de nuevas operaciones de separación y purificación.
- Desarrollo de productos químicos nuevos o mejorados, con posibilidad de aplicación industrial. Productos de origen natural.
- Desarrollo de productos de alto valor añadido.
- Mejora del ciclo de vida de los productos.
- Seguridad industrial y análisis de riesgos.
- Desarrollo de procesos y/o operaciones integradas.
- Tecnologías limpias, minimización, reciclado, tratamiento de residuos y efluentes.

Tal como se desprende de la definición del ámbito, el carácter pluridisciplinar que tiene la tecnología química la sitúa en una interfase con otras disciplinas con las que es necesario establecer la adecuada coordinación:

- Biotecnología (ingeniería de procesos bioquímicos, desarrollo de reactores fermentadores; reacciones enzimáticas, inmovilización de enzimas; tratamientos biológicos de residuos y corrientes residuales).
- Biomedicina (investigación de nuevas drogas de interés farmacéutico).
- Energía (combustibles fósiles; biomasa; combustión; gasificación; control de impacto ambiental, pilas de combustible).
- Medio Ambiente (minimización, reciclado, tratamiento de residuos y efluentes, ciclos de vida; medida y control de emisiones).
- Diseño y Producción Industrial (seguridad y análisis de riesgo; automatización, instrumentación y control de procesos químicos; análisis de la calidad).
- Materiales (nuevos materiales, catalizadores, polímeros, etc.; análisis del ciclo de vida).
- Recursos y Tecnologías Agroalimentarias (tecnologías químicas aplicadas a la producción de alimentos; procesos agroindustriales; control de impacto ambiental de la agroindustria).
- Información y Comunicaciones (instrumentación de procesos; ingeniería de sistemas de control; control de procesos; seguridad industrial).

Cabe señalar, por último, la vinculación del área con otros programas internacionales, particularmente con el V Programa Marco de I+D de la UE, en el cual figuran diversas acciones clave directamente relacionadas en los programas "Crecimiento competitivo y sostenible" y "Energía, medioambiente y desarrollo sostenible".

En cuanto a la **justificación de la priorización** de esta área, hay que considerar que, desde el punto de vista científico-tecnológico, la química y la ingeniería química son disciplinas bien establecidas a nivel nacional e

internacional. Se sitúan en una posición central entre las ciencias, mostrando un alto grado de interacción con otras disciplinas como la física, biología y medicina. Similar papel juega la industria química en un gran número de sectores de la actividad económica en los que se aplican los productos y tecnologías por ella desarrollados, tales como la agricultura, alimentación, salud, construcción, medio ambiente, textil, energía, transportes, electrónica y tecnologías de la información, entre otros.

Se debe, por tanto, resaltar el carácter intrínsecamente innovador de dichas disciplinas como suministradoras de nuevos productos y materiales, así como de nuevas tecnologías, lo que justifica su notable presencia en todo tipo de programas (EE.UU., U.E., etc.).

El sector químico, en particular, es un sector basado en la ciencia, de intensidad competitiva media y con carácter mayoritariamente endógeno de la tecnología que emplea en sus procesos e incorpora a sus productos. Cuenta, por otra parte, con un alto índice de diversificación y compite con una variada gama de productos en diferentes mercados, con contenido tecnológico medio-alto, a través de los distintos subsectores que lo constituyen: química básica, agroquímica, química farmacéutica, química transformadora -incluidos transformados de caucho y transformados de plástico-, fibras químicas y pasta y papel.

Un objetivo básico para la industria química nacional, dada la saturación de los mercados, es incrementar el valor añadido de su producción. La innovación tecnológica resulta necesaria para el desarrollo de productos de alto valor añadido que vayan desplazando a los productos a gran escala en los cuales hay que competir en los mercados internacionales con países en vías de desarrollo que cuentan con mano de obra más barata y menores costes de producción.

Las prioridades, por tanto, deberán ir dirigidas al campo de la química fina y de la química de especialidades, así como a todos aquellos desarrollos y nuevas aplicaciones para el aprovechamiento de materias primas secundarias (subproductos de otros procesos productivos y residuos). Además, para elevar el valor añadido de la producción industrial, ha de priorizarse también la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de proceso que traigan consigo mejoras en la calidad de los productos y menores costes tanto en la producción como en costes ambientales asociados.

Un aspecto a destacar, que justifica igualmente la priorización del área, es el buen nivel de la investigación que se realiza en España en este campo. Esta situación permite la transferencia de tecnologías y conocimientos al tejido industrial, si bien es necesario fomentar dicha transferencia y facilitar la utilización del alto nivel de equipamiento existente al servicio de una investigación aplicada de calidad.

Desde el punto de vista económico, la industria química es una de las principales en toda economía desarrollada, tanto por su valor estratégico como por su capacidad de empleo y desarrollo futuro. En esta área se conjuntan un gran número de procesos físico-químicos y materias primas que sirven de base a amplios sectores clave de la industria. En España, el sector químico, a través de

sus subsectores constituyentes, tiene una importancia considerable, representando cerca del 13% del Producto Industrial Bruto¹. Su producción en valores absolutos se cifra en 6,8 billones de pesetas, mientras que el consumo aparente supera los 7,9 billones. Asimismo, da empleo directo a unas 230.000 personas, lo que supone en torno al 9% del empleo industrial, y genera entre tres y cuatro veces más empleos inducidos. Muestra, por otra parte, una favorable evolución en la mayoría de sus indicadores. Además, su situación a nivel internacional es relevante, siendo el 6º en Europa, con un ritmo de crecimiento superior al de la media europea. Tiene empresas de tamaño considerable y filiales de multinacionales, aunque no está equilibrado en sus subsectores, siendo mayoritario el de la industria transformadora (45-50%). Como aspecto que debe ser mejorado, se constata en España el bajo nivel comparativo de las ventas al exterior, situadas en los últimos años entre el 24% y el 28% de la producción, frente a valores equivalentes del 40% al 60% en los países del entorno europeo. Igualmente, conviene señalar la insuficiencia de los recursos porcentuales sobre facturación que se dedican a I+D en este sector.

Se reconoce, por tanto, la importancia de la industria química como dinamizadora del desarrollo económico y de cambio social en los países comunitarios durante las últimas décadas. Por otra parte, la industria química, y otros sectores relacionados que utilizan tecnologías químicas, han experimentado cambios profundos, inducidos en su mayoría por la globalización y la dimensión transnacional del mercado de materias primas. A estos factores, con un fondo económico en común, se han incorporado las legislaciones y regulaciones medioambientales, que exigen una mayor protección del medio ambiente, mayor eficiencia en el uso de materias primas, menos residuos, menores emisiones contaminantes y nuevas alternativas con menor riesgo.

Desde el punto de vista empresarial, cabe destacar los siguientes aspectos como más relevantes:

- En España existe una fuerte dependencia externa del sector químico en cuanto a productos y procesos se refiere, estando un gran número de licencias y patentes en manos de compañías multinacionales. Al mismo tiempo, la creciente globalización de los mercados está determinando cada vez más la instauración de barreras tecnológicas que suponen un freno al desarrollo competitivo de los países dependientes. El desarrollo de metodologías y tecnologías propias debe contribuir a disminuir esta dependencia y a elevar el nivel de competitividad de la industria química nacional.
- El desarrollo de tecnología en este campo tiene trascendencia no sólo en el sector químico, sino también en otros que utilizan sus materias primas y/o tecnologías, como el cerámico, del vidrio y del cemento, transformador de alimentos, biotecnológico, de la construcción, textil, energético, metalúrgico, de transportes, electrónico, de informática y comunicaciones, etc, así como en el que se está creando o puede crearse alrededor de procesos ambientales o de tecnología ambiental.

¹ La Industria química en España 1997. Colección informes y estudios. Ministerio de Industria y Energía.

- En el desarrollo de la industria química incide fuertemente el cumplimiento de las normativas medioambientales cada vez más restrictivas. En contrapartida, esta situación abre también nuevas expectativas de negocio basadas en la consideración de dicho cumplimiento como un factor de competitividad más; a ello van encaminadas las nuevas tendencias que, mediante normativa comunitaria, priman en el mercado a las empresas respetuosas con el entorno. Por otro lado, el desarrollo de productos y tecnologías de aplicación en la solución de problemas ambientales es un campo de gran futuro en la diversificación de las empresas químicas a otras áreas de negocio con su correspondiente incidencia a nivel empresarial y social. España cuenta con una experiencia no despreciable en industrias de reciclado convencional, pero requiere realizar un esfuerzo importante para aprovechar las oportunidades de la industria emergente de reciclado relacionada con materiales nuevos y/o mezclas más específicas.
- Finalmente, cabe también señalar como aspecto específico del área el alto riesgo del desarrollo tecnológico en este campo, debido tanto al elevado coste de las inversiones relacionadas con la innovación tecnológica como a la propia estructura del mercado, caracterizado por una gran competencia entre las empresas a nivel mundial. En la orientación de la I+D empresarial resulta de gran importancia, para minimizar el riesgo, el estudio de los factores estratégicos de mercado, buscando cubrir los, por otro lado, siempre cambiantes "nichos" de mercado. Aún más, la diversificación en productos cada vez más específicos hace que sea necesaria una I+D a medida, que estudie las necesidades y ofrezca soluciones a demandas concretas. Por otra parte, el avance de la tecnología requiere, para mantener la competitividad de las empresas, desarrollar tecnologías alternativas de proceso. Todo ello se traduce en una aceleración del ritmo de avance de la I+D del sector, que debe tenerse en cuenta como uno de los condicionantes que más afecta a la industria química.

Por otra parte, es un área de gran interés público, ya que la incidencia de los productos químicos en la vida es tan amplia que afecta continuamente a las personas, en todos los aspectos: alimentación, higiene, salud, vivienda, transportes, ocio, etc. Es importante destacar que la mejora de la calidad de vida en el desarrollo de la humanidad se ha basado en buena medida en las tecnologías y los productos químicos. Sin embargo, la industria química posee en España y a escala mundial una imagen pública basada en mayor medida en la percepción de riesgo para la salud y el medio ambiente que se deriva de sus residuos y emisiones que en los beneficios que produce y en las necesidades que satisface.

Por este motivo, las tendencias en la I+D de los procesos químicos no pueden contemplarse sino en un contexto de desarrollo sostenible, percibido como una necesidad social de primera magnitud. Este crecimiento implica una estrecha relación entre la mejora de la competitividad industrial y el desarrollo de tecnologías más limpias que repercutan en un respeto hacia el medio ambiente.

El desarrollo normativo reciente a nivel europeo y nacional requiere también una respuesta tecnológica, de adaptación del sistema productivo, y de soluciones eficaces a todos los residuos generados por la sociedad, suponiendo un reto importante de cara a afrontar el futuro en condiciones equivalentes a los países de nuestro entorno.

2. OBJETIVOS GENERALES

Por lo que se refiere a las instalaciones científicas y tecnológicas, gran parte de las necesidades de grandes instalaciones en esta área debe concretarse en la construcción y operación de **plantas piloto**, en las que se pueda abordar el cambio de escala de desarrollos previos, realizados generalmente en las universidades y centros tecnológicos, con posibilidades de aplicación industrial.

Estas plantas piloto deberían potenciar la cooperación entre los centros públicos de investigación, los centros tecnológicos y las empresas. Deberían instalarse en centros estructurados de forma que dicha colaboración se haga realidad, por lo que debería potenciarse la estrategia de apoyo a la construcción de dichas plantas, siempre que se pueda garantizar tanto la conexión industrial de las investigaciones realizadas como su continuidad operativa. El grado de interés de los socios industriales que utilizarían estas plantas debería reflejarse en la participación económica de las empresas interesadas en su financiación y funcionamiento.

Otro tipo de instalación de interés para los sectores industriales implicados en el área de procesos y productos químicos son equipamientos y/o sistemas con alto grado de flexibilidad para su utilización por los centros de investigación, para la producción de cargas a escala piloto de desarrollos avanzados de laboratorio, y/o por las empresas para la puesta a punto de procesos nuevos o mejoras introducidas en los existentes. De nuevo, la participación de socios industriales en estas iniciativas es indispensable.

En el marco de la UE ya existen programas supranacionales a los que es imprescindible adaptarse para conseguir colaboraciones con centros de calidad extranjeros en proyectos concretos. Este tipo de interacción propicia el uso común de grandes instalaciones ya existentes, en muchos casos infrautilizadas.

En cuanto a los **aspectos socioeconómicos**, hay que considerar que las actividades de carácter científico-tecnológico relacionadas con el área deben complementarse con otras actividades de carácter socioeconómico, dada la fuerte implicación y consecuencias que tiene la actividad en esta área sobre los sectores sociales y económicos españoles. Entre las actividades contempladas se encuentran:

- Consideración de todos los contenidos del área bajo el contexto de desarrollo sostenible del sector químico.
- Atención preferente a las actuaciones que permiten disminuir el grado de dependencia tecnológica en los diferentes subsectores.

- Necesidad de llevar a cabo estudios sobre los factores humanos, organizativos, socioeconómicos y reguladores que conduzcan a las empresas hacia una producción y consumo sostenibles. En concreto, se apuntan los siguientes aspectos:
 - Nuevos métodos de organización, trabajo y mejora del capital humano, mediante el desarrollo de nuevas estructuras y prácticas laborales. Se han de considerar como herramientas cruciales para la innovación y producción competitiva, integrados en la gestión del conocimiento y la tecnología.
 - Desarrollo de nuevas técnicas para potenciar las capacidades individuales y de las propias organizaciones para aprender y adaptarse a los cambios necesarios impuestos por la innovación, calidad de vida y preservación ambiental.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

Las prioridades del área se han distribuido en cuatro apartados temáticos, definiéndose en cada uno de ellos los objetivos que permiten enmarcar su viabilidad y oportunidad.

1. Desarrollo de procesos químicos

Este apartado abarcará trabajos desde investigación más básica hasta la implantación industrial, pasando por el cambio de escala a unidades piloto, relativos a todas las tecnologías de producción en las que intervienen reacciones químicas. El objetivo es el desarrollo de nuevos diseños o aplicaciones alternativos a los existentes, incluyendo desde la concepción de nuevos diseños de reactores hasta el desarrollo de procesos catalíticos, electroquímicos, fotoquímicos, sonoquímicos, termoquímicos, biotecnológicos o procesos con fluidos supercríticos. Asimismo, esta línea temática contempla los aspectos relativos a la modelización de estos reactores químicos y procesos mediante nuevas técnicas de cálculo y simulación.

Por otra parte, en un marco de actuaciones con aplicación más directa en la industria, se contemplan las innovaciones o mejoras en procesos convencionales ya existentes, que permitan la mejora de rendimientos, el incremento de la eficacia energética o la reducción de costes, así como la mejora del impacto ambiental. Así, el tipo de acciones a desarrollar serán normalmente experiencias piloto, realizadas con frecuencia en las propias unidades industriales o en plantas piloto.

Asimismo, la investigación en análisis de los riesgos de los procesos y productos químicos, así como la modelización de accidentes y de sus efectos y consecuencias sobre el entorno ha de constituir una de las actuaciones preferenciales en esta área, con el objeto de contribuir a la sostenibilidad de la industria química.

De manera más concreta, este apartado temático incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1.1. Mejoras/innovación de procesos convencionales.
- 1.2. Procesos catalíticos: desarrollo de nuevas aplicaciones catalíticas a procesos de síntesis de productos químicos. Procesos de polimerización. Aplicaciones de procesos fotoquímicos y electroquímicos. Ingeniería de procesos bioquímicos, procesos enzimáticos. Cambio de escala de nuevos procesos.
- 1.3. Innovación en el diseño de reactores químicos: nuevas configuraciones, contactores multifásicos, nuevos medios de reacción, técnicas de deposición en superficie. Modelización y simulación de reactores químicos, especialmente de sistemas multifásicos. Modelización de biorreactores. Nuevas técnicas de cálculo y optimización.
- 1.4. Procesos de combustión, gasificación y pirólisis. Modelización y simulación numérica de transformaciones termoquímicas.
- 1.5. Diseño integrado de procesos. Control avanzado industrial de procesos químicos. Seguridad industrial y análisis de riesgos.

2. Operaciones avanzadas de separación

En este apartado se pretende progresar en el desarrollo conceptual y tecnológico de las etapas físicas de separación que condicionan la operación de procesos químicos industriales. Las etapas de separación pueden no sólo condicionar la calidad de los productos, el rendimiento de aprovechamiento de las materias o la emisión de residuos, sino también la propia configuración del proceso.

Los procesos de separación constituyen un campo con un fuerte desarrollo actual y con una aplicación inmediata. Existen una serie de técnicas emergentes de gran interés, particularmente en procesos de gran valor añadido, tales como la utilización de fluidos supercríticos, membranas y tamices moleculares, separaciones en gradientes débiles, etc. en cuyo estudio debe progresarse.

El proceso de separación debe concebirse globalmente, por lo que deben desarrollarse técnicas integradas de separación, incluidas las que utilizan reacciones químicas. Debe progresarse en el estudio de estrategias combinadas para la resolución integral de los problemas de separación, así como en su modelización, especialmente para su aplicación a gran escala.

De manera más concreta, este apartado temático incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 2.1. Métodos avanzados de predicción de propiedades físicas, equilibrio de fases y propiedades de transporte de sistemas implicados en procesos de aplicación industrial.
- 2.2. Mejoras e innovación de sistemas convencionales. Procesos avanzados de purificación y concentración. Procesos industriales de adsorción, intercambio iónico y cromatografía. Modelización.

- 2.3. Técnicas integradas de separación. Procesos de destilación y extracción con reacción química. Integración de procesos de separación-reacción y minimización de residuos. Modelización.
- 2.4. Operaciones de separación no convencionales: con fluidos supercríticos, de compuestos lábiles, con gradientes débiles, etc. Modelización y cambio de escala.
- 2.5. Aplicaciones de las nuevas tecnologías de membrana para la separación de líquidos y gases. Modelización y cambio de escala.

3. Innovación y desarrollo de productos químicos

La calidad del producto debe ser objetivo condicionante del diseño de los procesos químicos para su fabricación. Serán objeto de estudio los parámetros que definen la calidad del producto para su uso final y su relación con la estructura molecular o propiedades físico-químicas.

Se incluyen en este apartado el diseño y obtención de productos nuevos o mejorados y de las formulaciones químicas, así como la mejora del diseño de las etapas de reacción química o tratamiento físico conducentes a un producto final. En cuanto a los productos objeto de atención, se contemplan tanto aquellos producidos a través de los procesos químicos como los que intervienen en la propia producción química, aquellos cuya fabricación ya cuenta con recursos a nivel nacional como aquellos otros que constituyen una apuesta estratégica de futuro. Así, por ejemplo, catalizadores, membranas, productos de alto valor añadido y nuevos combustibles son productos de interés especial.

Asimismo, el análisis y mejora del ciclo de vida del producto deberá considerarse prioritariamente en esta área. Quedarían encuadrados en la misma el análisis de ciclo de vida completo de productos resultantes de procesos químicos y tratamientos físico-químicos y se complementarían con otras áreas en procesos mixtos en los que, además de procesos de carácter químico, estén implicados otro tipo de elementos productivos.

De manera más concreta, este apartado incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 3.1. Desarrollos tendentes a la mejora del ciclo de vida de los productos.
- 3.2. Mejora de productos industriales. Relación entre parámetros de calidad (especificaciones) y características físico-químicas. Formulaciones.
- 3.3. Investigación y desarrollo de productos de alto valor añadido en el ámbito de la Química Fina y Química de Especialidades. Síntesis y/o desarrollo de productos enantiopuros con aplicación industrial. Productos obtenidos a partir de fuentes naturales.
- 3.4. Desarrollo de nuevos catalizadores y membranas con alta selectividad y estabilidad (larga durabilidad). Desarrollo de métodos de fabricación de estructuras especiales, tales como monolitos u otros sistemas con conformado específico.
- 3.5. Preparación y tratamiento de combustibles fósiles y renovables. Nuevas formulaciones para la mejora de la eficiencia energética y reducción del

impacto ambiental. Productos para la obtención de energía a partir de transformaciones termoquímicas o electroquímicas, tales como pilas de combustible y baterías.

4. Procesos y tecnologías ambientales

En este ámbito genérico se agrupan todas aquellas temáticas que pueden mejorar la posición de la industria en relación a su entorno. De una parte, contempla todas aquellas actuaciones que tienden hacia una química caracterizada por procesos más limpios, con menor producción de residuos, que fomentan el empleo de materias primas secundarias, que incorporan mayores tasas de reciclado y menores impactos sobre el entorno en el ciclo de vida de los productos.

Este apartado constituye un enfoque vital para la industria química en el futuro, que debe continuar mejorando sus procesos productivos y minimizando su impacto ambiental mediante la reducción en origen, el reciclado y/o la eliminación segura de los residuos y efluentes que genera.

Se incluye también la actuación sobre aquellos aspectos que suponen un impacto de los distintos sectores industriales sobre el medio ambiente, y a la vez el desarrollo de la metodología y procedimientos para la aplicación de los principios de las Operaciones Básicas y la Ingeniería de la Reacción Química a la preservación del medio ambiente. El tratamiento, destrucción y/o eliminación de los residuos generados, junto con los efluentes gaseosos y líquidos, y el tratamiento de suelos constituyen temáticas destacables en este apartado.

De manera más concreta, este apartado incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 4.1. Desarrollo de procesos y productos de bajo impacto ambiental. Tecnologías de minimización de residuos. Tecnologías limpias: empleo de materias primas menos contaminantes, modificaciones del proceso productivo, diseño de equipos auxiliares, etc.
- 4.2. Reciclado y valorización de residuos y productos al final de su ciclo de vida. Obtención de nuevas materias primas o energía en plantas existentes o nuevas plantas especializadas.
- 4.3. Desarrollo de tecnologías avanzadas para la destrucción/eliminación de contaminantes: especialmente, compuestos orgánicos volátiles y eliminación de olores en efluentes gaseosos; contaminantes persistentes en efluentes gaseosos y líquidos mediante procesos avanzados; destrucción térmica; inertización de residuos sólidos; tratamiento de suelos contaminados.
- 4.4. Evaluación del impacto ambiental. Caracterización de los contaminantes. Desarrollo de instrumentación para el control ambiental. Desarrollo de metodologías, ensayos y herramientas que permitan la previsión del comportamiento y efectos de los agentes contaminantes y materiales reciclados o eliminados.

Área de Diseño y Producción Industrial

Área de Diseño y Producción Industrial

1. INTRODUCCIÓN

El **ámbito científico-tecnológico** del área de Diseño y Producción Industrial comprende todas las acciones dirigidas a desarrollar conocimientos y avances técnicos o metodológicos que puedan contribuir de forma evidente al diseño y generación de nuevos productos y servicios y/o a la consolidación de nuevas técnicas, equipos o procesos que permitan incrementos sustanciales de los niveles de eficacia y competitividad en la producción de los mismos.

Esta área trata de explorar y explotar al máximo las oportunidades que aportan las tecnologías para incrementar el valor, funcionalidad, calidad, seguridad, flexibilidad e inteligencia de los productos, y de profundizar en nuevos métodos de organización de la producción, la fabricación y la logística para reducir los ciclos de lanzamiento, optimizar los recursos humanos y alargar el ciclo de vida. Todo ello en el marco de un objetivo de progresiva “desmaterialización” del contenido de los productos, la disminución del consumo de recursos y la reducción del impacto medioambiental.

El término “producto” agrupa componentes, sistemas y productos fabricados en masa o bajo pedido. El término “producción”, por su parte, comprende las actividades de procesado, fabricación, distribución, servicio y recuperación del producto final.

Esta área se dirige a todos los agentes activos en la tecnología: universidades, organismos públicos de investigación y centros tecnológicos, empresas de producción de componentes y subsistemas, fabricantes de bienes de equipo y sistemas de fabricación, e industrias manufactureras y de servicios, tanto los pertenecientes a sectores de alta tecnología como a los más tradicionales, cubriendo todo el espectro que va desde la investigación básica y aplicada a medio y largo plazo hasta el desarrollo tecnológico y las acciones de innovación tecnológica.

Se trata de un área multidisciplinar en la que inciden las siguientes tecnologías:

- Mecánica: procesos, componentes y subsistemas, medios de producción (máquinas herramienta, fluidodinámicas, etc.) y sistemas.
- Automática, electrónica e informática industrial: robótica, controladores, autómatas, control numérico, sensores y actuadores, comunicaciones industriales, microcomponentes para automatización, sistemas inteligentes de control (centralizado y distribuido), software en tiempo real, sistemas de gestión para producción, teleoperación y telemantenimiento.
- Informática: aplicaciones informáticas para diseño, modelado, ingeniería concurrente, simulación y realización de prototipos, sistemas EDI, sistemas de ayuda en la toma de decisiones, sistemas expertos de diseño, y procesos y herramientas para el desarrollo de la empresa virtual.

- Organización industrial: modelos de producción, logística y distribución de bienes y servicios, sistemas flexibles y reconfigurables, sistemas de calidad y seguridad.
- Adecuada utilización de materiales: posibilidades de diseño y procesado con materiales no convencionales.
- Medioambientales: impacto ambiental de los productos y procesos, teniendo en cuenta el ciclo de vida completo del producto.

Las tecnologías de diseño y producción industrial juegan un papel económico clave en el mundo. España es en la actualidad la 7ª potencia de la OCDE. El peso del sector industrial (sin la construcción) en la economía nacional es del 20%, tanto en el valor añadido bruto a precios de mercado (13,1 billones de pesetas) como en el empleo (2,5 millones de personas ocupadas). Este peso es todavía mayor si se tienen en cuenta los servicios que moviliza.

El gasto en I+D relacionado con las tecnologías de diseño y producción industrial ejecutado por las empresas españolas es del orden de 100.000 MPTA anuales, casi una tercera parte del gasto total realizado por la industria.

Esta área debe promover un funcionamiento armonioso de todos los actores que participan en actividades de I+D+I. Identificar las carencias, analizar las causas y promover su resolución y desarrollo posterior, constituye una forma lógica de avanzar hacia un tejido industrial soportado por una tecnología nacional propia, con un nivel de independencia razonable para no perder oportunidades futuras, tanto en lo referente a la producción de productos finales como al dominio científico-tecnológico que permita su diseño y producción competitiva.

El área de diseño y producción industrial ha sido considerada tradicionalmente en España como un área tecnológica madura, de bajo contenido científico, competencia de consultores y proveedores de servicios informáticos. Sólo algunos aspectos como el cálculo y la simulación, los sistemas de control, la robótica, por citar algunos ejemplos, han merecido una atención e interés especial. Sin embargo, esta área presenta el interés de representar una gran plataforma de aplicación de una gran parte de las ciencias básicas. Es un claro laboratorio de aplicación de la multidisciplinaridad, tan necesaria en toda actividad creativa.

En esta área se presentan grandes posibilidades de cooperación entre el mundo industrial y el mundo investigador, y debe ser objeto de la misma la consecución de la máxima eficacia en la transferencia de resultados de la investigación al tejido industrial. España tiene universidades y centros de investigación de muy alto nivel científico-tecnológico, pero los escasos lazos de cooperación existentes con las empresas y su reducida operatividad, en muchos casos, provoca la pérdida de oportunidades para generar riqueza.

En el contexto internacional, aunque en diferente medida según los países y con rasgos particulares de especialización, se puede afirmar que la sensibilidad en el esfuerzo dedicado a estas tecnologías es relativamente mayor. Prueba de

ello es la importante presencia de países como Japón, USA, Alemania, Francia, etc., en los foros internacionales relacionados con esta área.

Las tecnologías de diseño y producción industrial no constituyen un área de interés únicamente en el caso español. La mayoría de los países desarrollados disponen también de programas similares para el avance de estas tecnologías: Estados Unidos lanzó el programa "Agile" para reducir el tiempo y coste de lanzamiento de nuevos productos; Japón tiene programas de I+D de tecnologías industriales. La Unión Europea recoge en el V Programa Marco de I+D la acción clave "Productos, procesos y organización innovadores" en el Programa de Crecimiento Competitivo y Sostenible. La cooperación entre las tres regiones anteriores y Noruega, Suiza y Canadá se traslada al programa "Intelligent Manufacturing Systems". Otras iniciativas existentes son "Factory for the future" del Programa Eureka y las acciones de la UE para la coordinación de la I+D prospectiva en tecnologías de fabricación, denominadas acciones CAMATT y TEAMS.

España es un país muy deficitario en estas tecnologías, con una balanza de pagos con el exterior muy negativa, tanto por los pagos comerciales de productos tecnológicos como los pagos por tecnología. No debe olvidarse que España tiene un tejido industrial muy importante en el sector manufacturero que realiza un esfuerzo creciente en el desarrollo de nuevos productos. Los bienes de equipo y herramientas de diseño son generalmente importados, por lo que en muchas ocasiones las ventajas competitivas de base tecnológica están en manos de los proveedores de equipos. Sería interesante para mejorar la competitividad del sector industrial manufacturero, tener un sector industrial tecnológico próximo, sensible a sus demandas y con potencial de colaboración en el diseño y producción de nuevos productos y procesos.

El diseño de un producto tiene una gran repercusión económica a lo largo de su vida. Entre el 70 y el 80% de su coste total se determina en esta fase inicial. Una labor eficaz de diseño permite diferenciarse de la competencia, mejorar la funcionalidad, reducir los costes, acelerar el tiempo de puesta en el mercado, asegurar la calidad y, en definitiva, proporcionar una mayor satisfacción al cliente y, con ello, consolidar la competitividad y el éxito de la empresa en el tiempo. Dominar las tecnologías de diseño significa concebir el producto útil y competitivo, conocer el proceso de diseño óptimo y disponer de la herramienta de diseño adecuada.

En lo referente a los sistemas de producción industrial, la mayoría de las empresas españolas tienen una necesidad continua de mejorarlos. Mediante un mejor conocimiento de los mismos para así utilizarlos de la forma más eficiente, o mediante la introducción de medios de producción más avanzados que permitan incrementar la productividad y mejorar la calidad de los productos, o mediante la mejora de los procesos organizativos. La incorporación de tecnologías es cada vez más intensa y variada y, sobre todo, el ritmo de incorporación es cada vez mayor; como resultado, el tiempo de reacción en las empresas es cada vez más corto. Para seguir siendo competitivas, las empresas están obligadas a dedicar más recursos y más especializados al desarrollo tecnológico y, aún así, será insuficiente si no se

cuenta con el apoyo de centros tecnológicos, de investigación y universidades que ayuden a las empresas en esta búsqueda tecnológica o en su desarrollo.

Todas estas razones: la existencia de un tejido industrial demandante de tecnologías de diseño y producción, un importante gasto en innovación tecnológica en esta área con una balanza de pagos por tecnología muy desfavorable, la existencia de un potencial de mejora de la competitividad industrial por el desarrollo de estas tecnologías, la alta calidad científico-tecnológica de los grupos españoles, las grandes posibilidades de cooperación entre empresas, centros tecnológicos, de investigación y universidades, y la consideración como un área tecnológica prioritaria en la mayoría de los países desarrollados, justifican la existencia del área de Diseño y Producción Industrial.

La importancia del conocimiento de los procesos es la base de la mayor parte de los avances que han tenido lugar en los sistemas de producción. De acuerdo con los procesos se han de diseñar los medios de producción. Existe un gran déficit en nuestro país sobre el conocimiento de los procesos y la aplicación correcta de los mismos. Eso implica ir a remolque de otros países que aplican más recursos a esta área de investigación, como es el caso de Alemania. Tendrán una gran trascendencia en la industria el avance de los procesos no convencionales, como la electroerosión, mecanizado electroquímico, por láser, haz de electrones y los procesos de realización rápida de prototipos, entre otros. Cada vez se encuentran más aplicaciones en la resolución de muchos problemas mediante el empleo de medios "no convencionales."

España también es un país muy deficitario en el desarrollo y fabricación de componentes y subsistemas, por lo que es necesario realizar un esfuerzo para localizar aquellos nichos de mercado en los que todavía existan posibilidades de crear una industria competitiva. Uno de los problemas identificados es la falta de dimensión y la falta de internacionalización de las empresas, insuficiente para amortizar gastos importantes de I+D, salvo que se dé una especialización o un servicio valorado por el cliente.

A diferencia de los procesos, componentes y subsistemas, en el caso de los medios de fabricación y especialmente, en el caso de la máquina herramienta, España sí tiene un tejido industrial innovador, formado en su mayoría por PYME. El sector de bienes de equipo facturó en 1997 un total de 3,4 billones de pesetas, de los cuales se exportaron 2,4 billones de pesetas y se importaron 3,7 billones de pesetas. Estas cifras avalan por sí mismas la importancia estratégica de este sector, que aun siendo deficitario, tiene una importante proyección de futuro y una gran influencia en el desarrollo del país.

El horizonte de desarrollo tecnológico de las empresas nacionales de bienes de equipo es, en general, el corto y medio plazo, y responden a necesidades de los clientes o pautas marcadas por los líderes internacionales. En contadas ocasiones se adelantan a la demanda y crean un mercado. Diversos estudios han confirmado que las expectativas de futuro para el sector fabricante de medios de producción en Europa es la especialización, caracterizada por un

producto muy orientado al cliente, de alto contenido tecnológico, operando en mercados mundiales y volumen de producción medio. Este segmento requiere investigación muy ligada con el producto, dominar tecnologías de disponibilidad limitada para la competencia y una fuerte inversión en I+D.

El futuro del sistema productivo mundial dependerá, en la medida que se incorporen más consumidores que recursos al sistema y las economías se hacen más globales, del desarrollo de tecnologías de diseño y producción industrial que posibiliten un crecimiento sostenible, competitivo y respetuoso con el medio ambiente.

Por todo ello, el objetivo de esta área es impulsar el dominio de las tecnologías y conocimientos que permitan mejorar y desarrollar procesos, componentes, subsistemas y medios de fabricación, y su aplicación para el desarrollo de nuevos productos y servicios, más avanzados, eficientes, seguros y con la mínima repercusión medio ambiental.

2. OBJETIVOS GENERALES

Centros de Competencia

Una de las claves para que las PYME de base tecnológica puedan acceder a las futuras oportunidades que se presentan, con una mínima garantía de éxito, es la articulación de un sistema de Redes de Competencia que colaboren con estas empresas en desarrollos propios de alto contenido tecnológico.

La estrategia relativa a las Redes de Competencia responde a un enfoque proactivo de integración, cohesión y optimización de la actividad de los centros de investigación y centros tecnológicos y sectoriales.

Es necesario, por lo tanto, identificar un número limitado de prioridades tecnológicas que cubran suficientemente las líneas temáticas del área, y para cada una de ellas conformar una Red de Competencia que ostente un liderazgo claro y reconocido, y constituya una referencia inequívoca donde poder acudir ante problemas tecnológicos concretos, todo ello compatibilizando la investigación a largo plazo con las necesidades industriales a largo, medio y corto plazo. Estas Redes de Competencia deben facilitar un avance cualitativo importante y servir de referencia en el contexto nacional e internacional para las actividades de I+D de esta área y coordinarse con las que se establezcan en otras áreas sectoriales del Plan Nacional.

Propuesta de Redes de Competencia

En el área de Diseño y Producción Industrial se propone constituir las siguientes Redes de Competencia:

- Tecnologías de diseño, formalización y aseguramiento del proceso de diseño
- Sistemas de control y automatización.

Otras Redes de Competencia futuras podrían ser:

- Componentes y medios de fabricación.
- Microfabricación y ultraprecisión.
- Modelos de referencia de gestión, organización y producción industrial
- Procesos de fabricación y producción.
- Fin de vida de los productos: desmontaje y reciclado.

Aspectos genéricos del área

Las tecnologías de diseño y producción industrial tienen grandes implicaciones socioeconómicas. Los productos más eficientes, seguros, ergonómicos, medio ambientalmente limpios, de mayor calidad y más baratos posibilitan su consumo por una población más amplia, que se beneficia de su uso, y crean riqueza y empleo. Sobre estas tecnologías se deposita la esperanza para un crecimiento competitivo y sostenible. También tienen un campo de aplicación de importancia creciente en la solución de los problemas de movilidad que presentan determinados colectivos de nuestra sociedad, como los discapacitados y la tercera edad, que constituye un grupo en aumento. Este nicho plantea nuevas posibilidades de desarrollo para esta área, contribuyendo a solucionar la problemática de estos colectivos y, en definitiva, mejorar el bienestar social.

Las tecnologías de diseño y producción industrial cambian los perfiles laborales de los trabajadores y tienden a potenciar del trabajo basado en el conocimiento. Como consecuencia de ello, las empresas están destinando importantes recursos a la formación de personal. El resultado esperado en los países desarrollados es el de una mayor valoración de los empleos industriales, con la consiguiente incorporación de los jóvenes a la industria productiva, y evitar así que la industria se desplace a otros países en vías de desarrollo.

Las tecnologías de diseño y producción industrial están muy ligadas al avance de las tecnologías de la información y comunicaciones, que posibilitan el desarrollo de componentes, subsistemas y medios de producción “inteligente”, dan mejor servicio al cliente (telemantenimiento, asistencia técnica multimedia, etc.), reducen los tiempos de diseño y aumentan su calidad (herramientas CAD, CAM, CAE), ayudan a planificar la producción, a realizar operaciones comerciales (comercio electrónico, internet), mejoran la logística (identificación inteligente, control de almacenes), etc.

Los productos y procesos están sujetos a reglamentaciones y normas técnicas (calidad, seguridad, medio ambiente, etc.) y, en este sentido, se apoyará a los laboratorios de ensayos, homologación y certificación de productos y procesos, así como a los laboratorios de metrología. Pero en las actividades de I+D suele ocurrir que los avances tecnológicos van por delante de la realización de la norma, por lo que se potenciará la presencia de la industria española en los

comités prenormativos, para informar al sector y plantear sugerencias que minimicen los impactos negativos que puedan generar las nuevas normas.

Con respecto a esta área, existe una concordancia casi total con los objetivos del V PM en su capítulo **Crecimiento competitivo y sostenible**, en el que se incluye la acción clave de *Productos, Procesos y Organización Innovadores*.

Ambos programas coinciden en la priorización de las tres fases fundamentales del ciclo de vida del proceso de desarrollo de productos:

V PM:	Diseño y preproducción	Producción física	Funcionamiento y fin de vida útil
PN:	Identificación, diseño y realización de prototipos	Fabricación de productos y servicios eficientes	Fin de vida

Existe una marcada convergencia de fondo entre la propuesta europea y la propuesta nacional, si bien son reseñables algunas diferencias específicas:

- El área nacional fija sus objetivos prioritarios en el fomento de la innovación y el desarrollo de producto, remarcando además la conveniencia de un desarrollo armonioso de toda la cadena de proveedores.
- Contempla la competitividad tanto desde la vertiente del desarrollo de nuevos productos como desde la vertiente de la incorporación de nuevas tecnologías, nuevas técnicas o metodologías a los procesos utilizados en su fabricación, producción o suministro.
- Presenta un marco de referencia que propicia la propuesta de proyectos planteables tanto desde el lado de la oferta tecnológica (universidades, centros de investigación, centros tecnológicos, etc.) como de la demanda (sector industrial y de servicios).
- Incorpora, aunque con menor énfasis que el V PM, los temas relacionados con el fin de vida de los productos (desensamblado, reciclado, reutilización, desmaterialización).

Teniendo en cuenta la citada convergencia, debe asegurarse la coordinación entre ambas propuestas para evitar duplicar esfuerzos o desperdiciar recursos.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

Los objetivos del área persiguen mejorar la calidad de vida del ciudadano y el nivel de competitividad de la industria nacional, intentando con ello solventar el gran déficit tecnológico existente en esta área. El desarrollo de productos y servicios y sus sistemas de producción más avanzados, eficientes, seguros, de mayor calidad y mayor valor añadido, de menor impacto ambiental y de menor coste, debe redundar en la mejora del bienestar social en general, incluyendo

los colectivos de personas con necesidades especiales. Para obtener estos productos no basta con investigar las fases de diseño, también hay que hacerlo con los medios de producción, los componentes y los procesos básicos.

La sociedad no demanda únicamente que los productos sean útiles y eficientes; también demanda una atención especial sobre los materiales empleados, los recursos que consumen en su operación y el impacto ambiental que se causa en su producción y su eliminación. El diseñador tiene que tener en cuenta el ciclo de vida completo (diseño, producción y fin de vida) del producto o servicio que va a desarrollar. Esta preocupación se hace igualmente extensiva a los medios de producción, los componentes y los procesos.

Por ello, se han identificado cuatro objetivos básicos:

- Mejorar los procesos de fabricación y producción.
- Potenciar el desarrollo de los componentes y subsistemas.
- Innovar en medios y sistemas de fabricación.
- Fomentar el desarrollo de nuevos productos y servicios.

La consecución de cada uno de estos objetivos está jalonada por una serie de actividades que pueden agruparse tomando como referencia la idea de “ciclo de vida”, que aun siendo específico para cada uno de los objetivos, tanto en cuanto al horizonte temporal como a la complejidad tecnológica, presenta al menos tres fases básicamente comunes para todos ellos:

- La primera fase está relacionada con la investigación y la consecución del dominio básico necesario inherente a cada uno de los objetivos. Esta fase incluye la identificación de la oportunidad, el diseño y el desarrollo de la idea y la materialización de los correspondientes prototipos para investigar y validar su viabilidad. Los proyectos de esta fase persiguen, en primera instancia, demostrar la evidencia de una capacitación real para abordar las siguientes fases.
- La segunda fase está asociada fundamentalmente a la idea de “industrializar” los conocimientos disponibles o desarrollados, es decir, ser capaces de fabricar productos y servicios eficientes destinados específicamente a una explotación comercial.
- Finalmente, la tercera fase agrupa la problemática de las tecnologías relacionadas con el fin de vida en sus diversos aspectos de impacto medioambiental, la recuperación y el reciclado.

El cuadro resumen recoge la estructura temática del área de Diseño y Producción Industrial, donde las filas corresponden a los objetivos y las columnas a las tres fases del “ciclo de vida”.

FASES DEL CICLO DE VIDA OBJETIVOS	A. Identificación, diseño y realización de prototipos	B. Fabricación de productos y servicios eficientes	C. Fin de vida
1. Mejorar los procesos de fabricación y producción	1.A. Fundamentos de los procesos	1.B. Sistemas soporte para la aplicación de procesos	1.C. Seguridad, fin de vida e impacto medio ambiental
2. Potenciar el desarrollo de componentes y subsistemas	2.A. Tecnologías básicas de componentes y subsistemas	2.B. Producción de componentes y subsistemas competitivos (HW+SW)	2.C. Seguridad y fin de vida de componentes y subsistemas
3. Innovar en medios y sistemas de fabricación	3.A. Diseño de medios de fabricación	3.B. Producción de medios y sistemas de fabricación	3.C. Seguridad, fin de vida e impacto medioambiental de máquinas y sistemas de fabricación
4. Fomentar el desarrollo de nuevos productos y servicios	4.A. Diseño integrado de productos, servicios y procesos	4.B. Fabricación y producción avanzada de productos y servicios	4.C. Buen uso y fin de vida de productos

OBJETIVO 1: Mejorar los procesos de fabricación y producción.

Línea temática 1.A. Fundamentos de los procesos.

- Desarrollo de conceptos y métodos de fabricación para procesos convencionales (conformado, mecanizado, inyección, extrusión, etc.) y no convencionales (electroerosión, láser, plasma, procesos de materiales compuestos avanzados, tratamientos superficiales, térmicos, etc.).
- Profundización en los procesos de alta velocidad, alta precisión, microfabricación, mecanizado y procesamiento de nuevos materiales y de difícil maquinabilidad.
- Técnicas económicas de ensamblado y unión de piezas aptas para la manipulación y montaje mediante sistemas automáticos y/o robots.
- Procesos de desmontaje, desmantelamiento y reciclado.
- Procesos de fabricación respetuosos con el medio ambiente.
- Mejora de la eficiencia y vida de herramientas y útiles.

Línea temática 1.B. *Sistemas soporte para la aplicación de procesos.*

- Desarrollo de sistemas de modelado y simulación de procesos de fabricación y de producción.
- Desarrollo de sistemas de control y monitorización de procesos de fabricación y de producción.
- Desarrollo de sistemas CAM incorporando estrategias inteligentes de generación de procesos.
- Ensayos de procesos nuevos y/o mejorados.

Línea temática 1.C. *Seguridad, fin de vida e impacto medioambiental.*

- Incremento de la seguridad de los procesos y definición de normativas de utilización.
- Tratamiento, reutilización y depósito seguro de residuos.

OBJETIVO 2: Potenciar el desarrollo de componentes y subsistemas.

Línea temática 2.A. *Tecnologías básicas de componentes y subsistemas.*

- Desarrollo de la tecnología de los componentes y subsistemas de máquinas y equipamientos: controladores, motores, reguladores, sensores y componentes mecánicos (transmisiones, guiado, carros, cadena de accionamientos, etc.).
- Tecnología de los controladores (controles numéricos de máquinas y robots, PLC's, controladores de células, etc.).
- Desarrollo de la tecnología de sensores.
- Tecnología de diseño de componentes y subsistemas críticos (estructuras de máquinas, cabezales de alta velocidad, cojines hidráulicos, transfers electrónicos, útiles e intercambiadores de útiles, etc.).
- Innovación en algoritmos de base de los sistemas de modelado, simulación y control en entornos de diseño y producción.

Línea temática 2.B. *Producción de componentes y subsistemas competitivos (HW+SW).*

- Controladores de arquitectura abierta e inteligencia distribuida para el control de sistemas de procesamiento y producción.
- Fabricación de dispositivos y componentes de control y regulación con capacidades de autoajuste, autodiagnóstico y concepción modular.
- Componentes y subsistemas para identificación, inspección, control y aseguramiento de la calidad en línea, incluyendo procesamiento de la información (etiqueta inteligente).
- Fabricación de componentes y subsistemas críticos.
- Ensayos de componentes y subsistemas (orientados a mejora y/o homologación).
- Desarrollo de sistemas CAD/CAM/CAE de propósito general o específico.
- Entornos amigables, incluidos los orientados a personas con necesidades especiales y discapacitados. Interfaces hombre-máquina.
- Desarrollo de sistemas de planificación, programación y gestión de producción.
- Integración de componentes y subsistemas.

Línea temática 2.C. Seguridad y fin de vida de componentes y subsistemas.

- Recuperación, reciclado y reutilización de componentes y subsistemas.
- Normativas de seguridad y compatibilidad.

OBJETIVO 3: Innovar en medios y sistemas de fabricación.

Línea temática 3.A. Diseño de medios de fabricación.

- Aplicabilidad de materiales alternativos para el diseño de máquinas y medios de producción rígidos, resistentes y ligeros.
- Análisis de nuevas arquitecturas para máquinas y medios de producción.
- Desarrollo de prototipos experimentales de máquinas, robots y medios de producción.
- Desarrollo de máquinas y medios de producción que soporten nuevos procesos (remachado, sellado, etc.).
- Tecnología para la reducción y/o eliminación de ruidos y vibraciones en equipos e instalaciones.
- Tecnologías de diseño de medios de fabricación para piezas miniaturizadas.
- Desarrollo de la tecnología de ensayos y verificaciones de medios de producción.
- Implicación de procesos ecológicos en el diseño de máquinas y medios de producción.
- Herramientas para la simulación virtual de medios y líneas de producción.

Línea temática 3.B. Producción de medios y sistemas de fabricación.

- Fabricación de medios de producción en general, y máquinas herramienta en particular, eficientes, rápidas, precisas, seguras, fiables, ecológicas, ergonómicas y adaptadas a las necesidades.
- Sistemas, máquinas y robots para inspección, manipulación, ensamblado, transporte, almacenamiento y otras tareas especiales, incluyendo herramientas y métodos para una programación rápida y flexible.
- Máquinas y sistemas de producción reconfigurables (HW+SW), basados en estructuras modulares, integrables y flexibles.
- Equipamiento para la producción (fabricación y montaje) de productos miniaturizados con interconexiones a escala nano y micro.
- Integración de sensores y procesamiento de la información para la identificación y control. Sistemas de captación y reconocimiento de imágenes (visión 2D y 3D, láser, ultrasonidos) para resolución de problemas de inspección, identificación, clasificación y localización. Detectores y sistemas de control acústico.
- Integración de sensores y procesamiento de la información para la monitorización, diagnóstico de fallos y mantenimiento, en línea y tiempo real, de herramientas, procesos de fabricación, estado de máquina y variables de producción.
- Sistemas de compensación de errores: geométricos, estáticos, dinámicos, térmicos, etc.

- Sistemas de soporte y asesoramiento (multimedia, internet, etc.) para el óptimo uso y explotación de componentes.
- Ensayos de medios de fabricación.

Línea temática 3.C. Seguridad, fin de vida e impacto medioambiental de máquinas y sistemas de fabricación.

- Tecnologías y procesos de desensamblado y reciclado de medios de fabricación.
- Tecnologías para el reacondicionamiento, incremento de prestaciones funcionales y/o alargamiento de vida de componentes y medios de fabricación.
- Normativas de seguridad, fiabilidad, salubridad y compatibilidad.
- Sistemas de medición y monitorización del impacto medio ambiental de sistemas productivos.

OBJETIVO 4: Fomentar el desarrollo de nuevos productos y servicios.

Línea temática 4.A. Diseño integrado de productos, servicios y procesos.

- Diseño de productos, servicios y procesos contemplando nuevos materiales, reducción de materias primas y consumo de energía, fácil desensamblado, reutilizabilidad, reciclabilidad, bajo coste, seguridad, etc.
- Métodos y técnicas de identificación y definición de productos y servicios adaptados a las necesidades de los clientes y usuarios (estética, ergonomía, funcionalidades, valor, coste, etc.).
- Metodologías de formalización del proceso de Diseño Innovativo y aplicación de técnicas de racionalización y reutilización para el incremento de productividad y la personalización de productos.
- Aplicación de técnicas de "Diseño para ...", comprendiendo las distintas fases del ciclo de vida del producto o servicio, junto con sistemas de gestión, datos técnicos soportando tareas de Ingeniería Concurrente y PDM.
- Diseño distribuido en entornos geográficamente distantes.
- Análisis, modelado, simulación y evaluación de productos, servicios y procesos de fabricación.
- Utilización de técnicas de realidad virtual y 3D en la generación, simulación y evaluación de prototipos de productos.
- Desarrollo rápido de prototipos (física y virtual) de productos, servicios y procesos.
- Racionalización y formalización de procesos de fabricación discretos.
- Gestión del conocimiento de productos, servicios y procesos, y su utilización desde todos los ámbitos de la empresa.

Línea temática 4.B. Fabricación y producción avanzada de productos y servicios.

- Comunicaciones y redes industriales. Intercambio electrónico de información.
- Estructuración y gestión de los sistemas de Decisión, Información y Físico de la empresa.

- Automatización avanzada.
- Monitorización, diagnóstico y mantenimiento de máquinas, procesos e instalaciones (local o teleoperado).
- Sistemas de planificación, programación y gestión de la producción soportados por herramientas inteligentes de apoyo a la decisión.
- Logística y distribución de productos y servicios. Aplicación de tecnologías Internet e Intranet.
- Sistemas de soporte y asesoramiento (multimedia, internet, etc.) para el uso óptimo y explotación de los medios de fabricación.
- Gestión del conocimiento y de la innovación.
- Ensayos de evaluación de la calidad, la utilidad, seguridad y fiabilidad de productos finales.
- Fábrica sin papel.

Línea temática 4.C. *Buen uso y fin de vida de productos y servicios.*

- Óptimo uso y ampliación de vida de productos y servicios.
- Recogida, reciclado y reutilización de productos.
- Métodos y técnicas para el remodelado y rehabilitación de instalaciones productivas.

Acción estratégica “Microsistemas”

Introducción

La tecnología de los microsistemas está considerada como una de las más importantes del siglo XXI; tendrá una destacada influencia en todos los dominios de la ciencia y de la tecnología, así como también en nuestra vida cotidiana. Se espera que la influencia de la tecnología de los microsistemas sea semejante a la de la microelectrónica. Los estudios de mercado realizados durante los últimos años pronostican crecimientos considerables, de hasta un 20% anual. Las proyecciones recientemente realizadas por NEXUS dan para el año 1997 unas ventas, a nivel mundial, de unos 18.000 millones de dólares USA, con unas previsiones de más de 40.000 millones de dólares para el año 2002.

En el esquema general de la microtecnología, que se desarrollará posteriormente, valiéndose de la técnica de sistemas, de las microtécnicas, de nuevos materiales y de sus efectos consiguientes y apoyándose en la integración de sensores y accionadores, se consigue la realización de microsistemas que encuentran posteriormente su aplicación en la ingeniería de procesos, en las tecnologías médicas, en la automoción, en la tecnología del medio ambiente, en la automática, en la robótica, en la domótica y ofimática, en la distribución de bienes mediante etiquetas inteligentes, etc.

El potencial, tanto de investigación como de desarrollo e industrialización de los resultados, en el dominio de los microsistemas y también en el de la nanotecnología, es realmente incalculable. El inicio de actividades en este dominio, así como la colaboración con la industria, es insoslayable y urgente si se desea participar aunque sea modestamente, en el movimiento que se está produciendo en los países industrialmente más desarrollados.

Las máximas posibilidades se ofrecen actualmente en el área de los microsistemas donde, como ya se ha apuntado, existen desarrollos industriales, mercado y fuertes posibilidades de I+D. El campo de la nanotecnología se halla actualmente en un estado de “emergencia incipiente”, en gran medida dirigido hacia la biotecnología y a nivel de laboratorio, con las correspondientes excepciones. Las nanotecnologías, aun debiendo ser consideradas con gran interés, deberían ser de prioridad inferior a la de la microtecnología.

Contenidos temáticos

Considerando los diferentes campos temáticos de la tecnología de los microsistemas, así como otros aspectos como materiales, tecnologías, componentes, principios de funcionamiento, etc., pueden agruparse las técnicas más relevantes para los microsistemas en los tres grupos siguientes: técnicas de sistemas, microtécnicas, y materiales y efectos.

Del estado del arte de estas técnicas, que se describe a continuación, pueden deducirse las diversas áreas, subáreas y temas de I+D que, en colaboración con la industria, podrían posibilitar en el futuro además de una familiarización con las tecnologías de los microsistemas y una aproximación a las nanotecnologías, la preparación precompetitiva de posibles productos trasladables a la industria.

Técnicas de sistemas

Contrariamente al diseño de componentes aislados, el diseño de microsistemas se caracteriza por la necesidad de tener en cuenta un considerable número de magnitudes de tipo físico, biológico y químico, así como efectos colaterales de tipo parásito, mecanismos de actuación y diversos parámetros tecnológicos. Las herramientas de diseño desarrolladas para la microelectrónica sirven para resolver algunos problemas parciales de los microsistemas. Para algunas partes importantes de éstos, como los sensores y accionadores, son necesarios nuevos desarrollos; lo mismo sucede para la simulación de microsistemas y sus procesos de fabricación (de suma importancia por sus elevados costes de desarrollo).

Será, por consiguiente, necesario desarrollar sistemáticamente herramientas para la integración de componentes con el fin de formar auténticos microsistemas. Igualmente, se requerirá el desarrollo de procesos ayudados por computador (CAD para microsistemas), definición de interfases para componentes no electrónicas, tratamiento de señal para la determinación de cómo se ha de distribuir la inteligencia del microsistema (cómo ordenar el pretratamiento de señal en cada sensor, o la transmisión de la información en uno o entre varios sistemas, etc.).

Para el diseño de microsistemas es necesario, también, prever componentes de autocomprobación y de diagnóstico que verifiquen las funciones físicas del sistema; por ejemplo, sensores y actuadores de comprobación implementados internamente en el sistema y acoplados con dispositivos de diagnóstico externo mediante las interfases adecuadas.

De gran importancia para la fabricación de microsistemas son las técnicas de construcción e interconexión, que abarcan el conjunto de tecnologías y herramientas de diseño para la integración en un espacio sumamente reducido de microcomponentes electrónicos y no electrónicos, para formar un microsistema real. Especialmente, presenta dificultades la integración de los no electrónicos como, por ejemplo, los microcomponentes ópticos, mecánicos, químicos o biológicos. Serán, pues, necesarios desarrollos tecnológicos y tecnologías de fabricación adecuadas que requerirán investigación básica, especialmente en los puntos siguientes: preparación de nuevos materiales (aleaciones, polímeros, sistemas de material y de capas, etc.), estudio de los fenómenos que aparecen al combinar materiales diversos (procesos de interdifusión, interacciones termo-mecánicas, herramientas de simulación, preparación de tecnologías de fabricación de alta capacidad de integración, desarrollo de técnicas de integración de bloques).

Finalmente, será necesario profundizar en las técnicas de encapsulado. Mientras en microelectrónica se desarrollaba primeramente el chip con sus patillas y posteriormente el encapsulado, en la tecnología de los microsistemas no pueden considerarse ambos separadamente. La función común del microsistema depende en buena parte de la funcionalidad del encapsulado del microsistema. Actualmente, este tema está bastante desarrollado; por ejemplo, existen encapsulados herméticos con ventanas para sensores y conexiones para accionadores.

Microtécnicas

Las microtécnicas crean las condiciones tecnológicas necesarias para la miniaturización y capacitación del sistema, para realizar funciones aisladas, y para el desarrollo de componentes del microsistema. La mayor parte de las microtécnicas provienen del campo de la microelectrónica o de las técnicas convencionales de sensores y actuadores, adaptadas a las necesidades de los microsistemas. Las más significativas son: la micromecánica, la óptica integrada, la microóptica, la fibra óptica, las técnicas de capas, la microelectrónica, la microfluviológica, el micromoldeado, etc.

A escala micrométrica pueden utilizarse componentes mecánicos como elementos integrantes de microsistemas, de sensores o de accionadores (membranas para sensores de presión, micropinzas, microengranajes, válvulas microbombas, etc.) Los esfuerzos en I+D están dirigidos a la ampliación del grupo de procesos y materiales, para conseguir la realización de microestructuras más complejas, y a la estandarización de los procesos, a fin de desarrollar procedimientos de fabricación de microestructuras orientados hacia la industria.

La óptica electrónica tiene como objetivo la realización, mediante tecnologías planares, de componentes ópticos miniaturizados integrados en estructuras conductoras de ondas y, además, la integración de varios de estos componentes en un sustrato común. Las barreras que existen actualmente para la incorporación de componentes microópticos a la tecnología de los microsistemas provienen, en gran medida, de la poca madurez de las tecnologías de fabricación y de la falta de una técnica de construcción e interconexión para la integración en microsistemas y sistemas; ello abre un interesante campo de investigación.

Dentro de la microfluídica, los accionadores que actúan mediante fluidos tienen un gran significado para la construcción de micromáquinas. Mediante su simbiosis con la microelectrónica pueden construirse reguladores inteligentes con algoritmos adaptativos y subsistemas inteligentes para las técnicas de automatización. Como consecuencia de su alta densidad de potencia, la fluídica tiene también como aplicaciones previsibles en microsistemas desde sistemas de microdosificación de productos farmacéuticos hasta sistemas totalmente miniaturizados de análisis, por ejemplo, para las técnicas del medio ambiente. Para la utilización de la fluídica en los microsistemas se requiere el desarrollo de microválvulas, microbombas y técnicas adecuadas para su

conexión con sensores y sistemas de tratamiento de señal. Actualmente es tema generalizado de los microsistemas el diseño, simulación y fabricación de microválvulas y microbombas.

Materiales y efectos

Bajo este concepto se pretende la investigación y el desarrollo de materiales especiales que, como consecuencia de sus específicas propiedades físicas y químicas, sean adecuados para su utilización como sensores o accionadores. Entre ellos está preferentemente el desarrollo de capas multifuncionales y los denominados "smart materials", o sea, materiales con propiedades especiales (memoria de forma, magnetoestricción, piezoelectricidad, etc.), así como cerámicas estructurales. Junto al desarrollo de nuevos materiales se tiende a la puesta a punto de nuevos procedimientos de fabricación e instalaciones de prueba y ensayo. Basados en la piezoelectricidad pueden conseguirse accionadores que ofrecen fuerzas en el dominio de los kilonewton, con desplazamientos hasta por debajo de un nanometro, motores, membranas para microbombas, microválvulas, etc., todo ello con ausencia de rozamiento, huelgos o erosión. Este tipo de componentes son objeto destacado de atención hoy en día.

Los efectos electromagnéticos permiten la realización de micromotores, rotativos o lineales, con los que pueden conseguirse microposicionamientos inferiores a 100 nanometros. Así mismo, mediante magnetoestricción pueden conseguirse grandes fuerzas, elevada dinámica y pequeños desplazamientos con gran precisión de posicionamiento, aunque esta tecnología aún no está madura para ser llevada al mercado.

Las aleaciones con memoria de forma presentan tres efectos de gran utilidad e interés para los microsistemas: el efecto de memoria de forma, la superelasticidad y una alta capacidad de atenuación. Permaneciendo deformadas por debajo de una temperatura, adquieren su forma original al ser calentadas, por lo que pueden utilizarse como accionadores térmicos o como elementos de unión o conexión; la utilización de su efecto de superelasticidad permite su inclusión en endoscopios y, en general, en las técnicas médicas.

La integración de biocomponentes funcionales, tales como moléculas de proteínas o células biológicas, permite la realización de biosensores utilizables como módulos aislados miniaturizados o componentes de microsistemas para la realización de análisis. Se abren con ello nuevos campos en la técnica de los microsistemas, como: medidas muy selectivas y sensitivas de concentración de sustancias en fluidos, la determinación de parámetros biológicos (efectos tóxico o alérgico), etc. La combinación de la tecnología de los microsistemas y la nanotecnología con métodos de la biotecnología ofrece un enorme potencial para el desarrollo de nuevos procesos biotecnológicos en el dominio de biocomponentes aislados (células vivas o macromoléculas). Los biosensores en los ámbitos de la micro nanotecnología y su utilización en biotecnología se hallan actualmente en estado de experiencias de laboratorio, emergiendo con alguna aplicación.

Finalmente, los materiales cerámicos encuentran un amplio campo de aplicación en los microsistemas como elementos de construcción y enlace, como sustrato o como material para encapsulado, por su estabilidad y hermeticidad ante gases y su buena capacidad para ser metalizados.

Actividades de la acción estratégica

Dada la amplitud del tema y técnicas abordadas por la microtecnología/microsistemas y la nanotecnología, sería recomendable iniciar una investigación básica a largo plazo como soporte y futuro de una investigación aplicada a corto o medio plazo que pueda servir de base a la industria para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones.

En todo caso, una acción de este tipo requiere una colaboración interdisciplinar importante de diversas unidades organizativas y equipos, así como una organización de control y seguimiento interno eficaz y diligente.

1. Objetivos

El objetivo fundamental de la acción es generar métodos y directrices básicas para el diseño y materialización de microsistemas a partir de elementos constructivos concretos. Los objetivos parciales serían:

- El desarrollo y experimentación de un proceso sistemático de diseño de microsistemas, basado en la selección y ensamblado de bloques funcionales formados por componentes estandarizados.
- La asimilación y adiestramiento posterior en los fundamentos que caracterizan las diferentes tecnologías de fabricación de diversas clases de microsistemas como, por ejemplo, tecnologías de ensamblado aplicables mediante robots especiales a la configuración de los microsistemas, etc.
- La investigación de materiales, tratamiento de superficies y procesos de rozamiento, desgaste y lubricación, necesarios para facilitar los movimientos relativos entre los diversos bloques constructivos de accionadores, motores, guiado de elementos móviles, cojinetes, etc.
- Iniciación en las nanotecnologías.

Como resultado final se prevé el diseño y construcción de demostradores generados mediante la utilización de los componentes estándar y propios, y de las tecnologías asimiladas y desarrolladas tanto para microsistemas activos como pasivos. A largo plazo, se pretende disponer de la capacidad para el diseño de sistemas distribuidos de control basados en microsistemas modulares y multifuncionales.

2. Estructuración

Atendiendo a los objetivos fijados en el apartado anterior, la acción estratégica puede estructurarse inicialmente a través de tres tipos de acciones:

1. Diseño y emulación de microsistemas: referido al concepto y parámetros determinantes para el desarrollo de los microsistemas y su simulación.
2. Fabricación de microsistemas: dedicado a la fabricación, adquisición de componentes, ensamblado de los mismos y técnicas para materializar los diversos subsistemas.
3. Desplazamiento, guiado y medida en microsistemas: análisis del comportamiento de los microcomponentes móviles del sistema en cuanto a rozamiento, desgaste y lubricación de los mismos.

Acción estratégica “Mecanizado a alta velocidad”

Introducción

El principal objetivo de la acción estratégica es posicionar al sector de la máquina-herramienta española al nivel de los líderes mundiales a medio plazo y generalizar su empleo.

El sector ha facturado 141.160 MPTA en 1998 y ha exportado el 56%. España es el undécimo país fabricante del mundo. El sector está formado prácticamente por PYME, cuyo capital y tecnología son netamente españoles. Durante años ha consolidado una capacidad tecnológica que le permite afrontar el futuro con oportunidad de mantener una oferta cercana al estado del arte mundial. El trabajo conjunto de las empresas, aportando su visión de mercado y un marcado perfil tecnológico, en colaboración con centros de I+D, creados y perfilados a la medida de sus necesidades, permite fijar las bases de un plan y de gran proyección económica.

Que el mecanizado a alta velocidad es una de las tecnologías clave para el desarrollo de los sectores productivos más importantes, lo dicen los resultados de diferentes estudios como, por ejemplo, “El Estudio de Prospectiva sobre Tecnologías de Fabricación de Piezas Metálicas”, elaborado por ASCAMM (Moldes y Matrices) y apoyado por el Ministerio de Industria.

En diferentes foros europeos, entre los que cabe destacar la acción TEAMS (Thematic Network on Advanced Manufacturing Systems) y el grupo de trabajo IAG (Industrial Advisory Group), apoyados por la Comisión Europea y coordinados ambos por CECIMO (Comité Europeo de Coordinación de la Industria de la Máquina-herramienta), ha quedado patente la necesidad de dominar a medio plazo la alta velocidad. TEAMS es una acción europea establecida bajo el IV Programa Marco de I+D, en la que los proyectos europeos correspondientes están agrupados por tecnologías, y en varios de estos grupos se están llevando a cabo proyectos relacionados con el mecanizado a alta velocidad.

Otros sectores como automoción (España es el quinto país productor de automóviles), aeronáutica, y moldes-matrices, están directamente implicados. El mecanizado a alta velocidad mejora el sistema productivo, aumentando la competitividad, ya que se aumenta la productividad y se reduce el tiempo de mecanizado.

El conjunto de tecnologías contempladas para el mecanizado a alta velocidad contribuirá a la mejora de los conocimientos, de los componentes y de las aplicaciones para su utilización en otros sectores que no son específicamente de máquina-herramienta. Finalmente, acciones de este tipo se vienen incluyendo en el marco de importantes programas de I+D en Alemania, Japón y Estados Unidos.

Actividades de la acción estratégica

Las actividades de esta acción deben verse desde el punto de vista global del proceso de alta velocidad. Se tiene que producir una interacción óptima de todos los componentes involucrados, tales como máquinas, herramientas, piezas, materiales y tecnologías de mecanizado. Es de especial importancia la retroalimentación directa entre la tecnología de mecanizado y las de la máquina-herramienta y sus componentes.

De esa forma pueden indicarse los siguientes campos de actividad:

- Proceso

Se plantea la búsqueda de materiales y piezas susceptibles de mecanizarse a alta velocidad, con sus correspondientes ensayos. Las empresas usuarias tendrán que diseñar las piezas para ser mecanizadas a alta velocidad, lo que ya está ocurriendo en la industria aeronáutica. Habrá que buscar nuevos materiales y geometrías de herramientas en función del material de la pieza a mecanizar, así como nuevas estrategias de mecanizado, ya que puede haber colisiones y enganches de la herramienta cuando se trabaja a altas velocidades.

Se tendrá que investigar en sensorización para el control y monitorización del proceso.

- Máquinas-herramienta, componentes y subsistemas

Concepción y diseño general de la máquina con nuevas arquitecturas y estructuras ligeras. Controles numéricos de alta velocidad con mayor capacidad de procesamiento, memoria y desarrollo de algoritmos específicos.

Husillo principal con motor integrado. Mejores sujeciones de herramienta, etc. Accionamientos de avance, bien con motores lineales o con rotativos y husillos a bolas. Construcciones ligeras de los carros y estudios de las guías; de rodadura, hidrostática, magnética. Transductores de posición.

Sistemas de refrigeración y de extracción de viruta. Dispositivos de seguridad.

Finalmente, habrá que hacer una labor importante de fomento y difusión de las tecnologías de alta velocidad.

Área de Recursos Naturales

Área de Recursos Naturales

1. INTRODUCCIÓN

El **ámbito científico-tecnológico del área** abarca aquellas actividades relacionadas con el conocimiento de los recursos naturales y su aprovechamiento respetuoso con el medio ambiente, la prevención de los riesgos naturales y de origen antrópico y su mitigación, las tecnologías de conservación de los recursos renovables y no renovables, así como la reducción de su uso en el ciclo productivo y su efecto en los ecosistemas. Por recurso natural se entiende el conjunto de seres vivos y los elementos materiales o energéticos presentes en la naturaleza y susceptibles de ser utilizados para conseguir un fin.

El conocimiento preciso del medio en que se encuentran los recursos naturales y de los procesos que en él se producen, tanto de tipo atmosférico como oceanográfico, hidrológico, geológico y biológico, es fundamental para su gestión y su uso sostenible. Por otra parte, no se puede desligar de lo anterior la influencia de las acciones humanas, que demandan el uso de estos recursos naturales para el desarrollo económico y social. Todo ello conforma el conjunto de factores o condiciones de contorno que determinan el estado de los recursos naturales y su disponibilidad.

En este contexto, la Antártida constituye un ámbito especial de investigación donde concurren aspectos científico-tecnológicos y circunstancias particulares definidas por los requerimientos logísticos y la especial situación político-administrativa a la que está sometida, los compromisos internacionales y la necesidad de apoyar la posición de España dentro del Sistema del Tratado Antártico.

La **justificación de la priorización** del área se basa en criterios tanto de carácter científico y tecnológico como económico, ya que los recursos naturales y su relación con el entorno representan un campo de investigación de gran importancia en España, coherente con su situación geográfica, tradición histórica y realidad económica. En este sentido, España es reconocida como uno de los países de la Unión Europea con mayores recursos geológicos, biológicos y climáticos, a los que hay que unir su relación con el paisaje, usos turísticos y de ocio, entre otros. A los recursos en minería metálica hay que añadir las rocas ornamentales, las rocas industriales, los minerales industriales y los materiales de construcción. Por otra parte, España está realizando una importante inversión en exploración de hidrocarburos y en otros recursos en el exterior. Otro de los productos derivados del programa, de interés económico, lo constituye la gestión de residuos, donde existe una gran actividad empresarial en I+D y una notable interacción con la investigación desarrollada en los centros públicos de investigación.

La consideración del agua como un bien económico es evidente. Un mejor conocimiento del recurso y una optimización de su gestión repercute en prácticamente cualquier actividad económica, concentrándose en el sector del agua un gran número de empresas con amplia proyección internacional. En España, la necesidad de potenciar las actividades de I+D en este campo se ve incrementada por la irregularidad hidrológica propia del país, el deterioro de la calidad de las aguas, el uso intensivo de los acuíferos y la posible incidencia del cambio climático en los recursos hídricos.

Los riesgos meteorológicos asociados al aumento de la contaminación, a los fenómenos extremos y las implicaciones e impactos del cambio climático en la gestión y uso de los recursos hídricos, en la agricultura, en las costas, en los ecosistemas naturales o en la desertificación, tienen consecuencias potenciales socioeconómicas que constituyen elementos básicos para una planificación económica a largo plazo.

Los intereses económicos de España en actividades relacionadas con los ecosistemas terrestres, acuáticos y marinos son muy importantes. Un porcentaje significativo del PIB y de los empleos depende directa o indirectamente de la explotación y uso de tales ecosistemas, siendo el sector turístico (mayoritariamente costero) el más significativo. La dependencia empresarial de la extracción, transformación, comercialización de productos y su uso sostenible requiere un nivel de investigación adecuado para una correcta intervención en la gestión y conservación de los recursos explotables propios y compartidos con otros países. Además, dada la situación geográfica de España, la extensión de sus costas, su especial riqueza vegetal y animal y la existencia de numerosas áreas protegidas, se plantean continuamente problemas de I+D a la comunidad científica y empresarial.

Desde el punto de vista empresarial, los aspectos relacionados con el aprovechamiento racional, la explotación y conservación de los recursos naturales presentan un creciente interés debido a la necesidad de dotar a las empresas de medios de predicción y análisis del efecto de su actividad sobre los recursos naturales, así como disponer de tecnologías que minimicen los efectos de su actividad reduciendo el coste derivado de la adaptación de la producción a criterios medioambientales.

La producción de tecnología ambiental propia permitirá el establecimiento de nuevas empresas y la mejora en la competitividad de muchas de las existentes, que actualmente adquieren tecnología extranjera. En la actualidad existe un número insuficiente de investigadores y tecnólogos ambientales, fundamentalmente en las pequeñas y medianas empresas, lo que limita el desarrollo de tecnología competitiva en este campo, en el que la dependencia de la tecnología extranjera es elevada.

Por tanto, la priorización del área está directamente relacionada con la mejora de la calidad de vida de forma intrínseca. Las técnicas de prevención de la contaminación y producción limpias aportan un gran valor añadido a la sociedad ya que, además de mejorar la competitividad de las empresas,

aumentan el compromiso de toda la sociedad con el uso sostenible de los recursos naturales.

Asimismo, el mejor conocimiento y uso de nuestro entorno tendrá un impacto positivo en aspectos como el recreativo (el valor estético es un recurso natural), la explotación de recursos, transporte, soporte de infraestructuras, uso y ordenación del territorio, lo que permitirá un desarrollo sostenible mediante una explotación racional de los recursos que no merme la posibilidad de uso futuro, tal y como señala la Estrategia Española para la Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica y los Planes Nacionales que se derivan de los diferentes convenios internacionales. Además, existe una necesidad urgente de mejora de la calidad medioambiental, a través tanto de políticas activas de corrección como de medidas de conservación, lo que tendrá un efecto inmediato en la calidad de vida de todos los ciudadanos. Los avances en estos campos serán el resultado de los logros en el conocimiento científico y desarrollo tecnológico en esta área.

2. OBJETIVOS GENERALES

En relación con la estrategia relativa a las **instalaciones científicas y tecnológicas grandes y medias**, el carácter de las investigaciones sobre los recursos naturales requiere grandes inversiones en instrumentos e infraestructuras. El plan de actuación que se propone permitirá el acceso a grandes instalaciones singulares o medianas, lo que supondrá un mejor aprovechamiento de las infraestructuras y de las inversiones existentes y futuras, evitando duplicidades innecesarias. Algunas de estas infraestructuras sólo pueden lograrse mediante la colaboración multinacional, pero pueden radicar en España y permitir o facilitar a los grupos de investigación españoles una posición de privilegio.

Ante la complejidad e interdependencia de muchos de los procesos que ocurren en los diferentes sectores del área, se plantea la necesidad de potenciar instalaciones medias con funcionamiento en forma de red y que permitan la coordinación de los trabajos realizados sobre una temática específica a escala nacional. La existencia y actual funcionamiento de este tipo de instalaciones, seleccionadas según criterios específicos, es un tema prioritario. Por otra parte, se considera de interés que estas instalaciones desarrollen tecnologías en áreas de vanguardia, fundamentalmente en lo relativo al diseño e instalación de sensores de medida continuada de variables ambientales. Asimismo, es de interés facilitar el acceso remoto a las bases de datos.

Este tipo de instalaciones deben, en su caso, cumplir las siguientes funciones:

a) Identificación y seguimiento de procesos relevantes para la dinámica de los recursos naturales, utilizando procedimientos de experimentación o de observación secuencial.

b) Proporcionar información de calidad que permita el desarrollo, la parametrización y la validación de modelos para el conocimiento funcional y la gestión de los recursos naturales.

c) Desarrollar indicadores de estado y tendencia de los recursos naturales que puedan ser incorporados a redes de vigilancia operadas por personal no especializado. Para ello será necesaria una labor de selección, normalización, análisis de representatividad y de escalas de significación para las variables implicadas, así como, en su caso, el desarrollo de procedimientos de 'anclaje' de las observaciones realizadas mediante teledetección.

Con el fin de optimizar los recursos y las actividades de I+D que se desarrollan en diversos centros públicos y privados, se considera de interés diseñar una estrategia relativa a los **centros de competencia**, mediante la creación de Centros de Información o de Referencia, que permitan recoger, normalizar, almacenar y distribuir la información generada sobre temas específicos de los recursos naturales con el fin de que sean accesibles a entidades públicas y privadas. Estos centros tendrán carácter virtual.

Inicialmente, se consideran los tres Centros de Información siguientes:

1. Centro de Información en Ciencias de la Tierra y de la Atmósfera

Su objetivo es la captura, custodia, tratamiento y difusión de información sobre el suelo y el subsuelo referente a la catalogación, inventario y ordenación de los recursos geológicos, hidrogeológicos y minerales, la evaluación de los procesos de riesgos naturales, su prevención y gestión. Deben ponerse a disposición de la Administración, los agentes sociales y económicos y la sociedad en general, las bases de datos y cartografía y el conocimiento experto e información geocientífica necesaria para cualquier actuación sobre el territorio, sus recursos, sus riesgos y su conservación ambiental.

Asimismo, también será su objetivo la recogida, almacenamiento y gestión de la información relativa a largas series de datos sobre el clima, cambios en la composición atmosférica y gestión y coordinación de redes nacionales de datos sobre cambio climático.

2. Centro de Información en Biodiversidad

Su objetivo es la captura, custodia, tratamiento y difusión de información sobre diversidad biológica y su grado de conservación, bases de datos y colecciones *in situ* y *ex situ*. Toda esta información se pondrá a disposición de la Administración, los agentes sociales y económicos y la sociedad en general para cualquier actuación sobre el territorio, gestión de los recursos, evaluación de riesgos y su conservación.

En España existen actualmente una serie de centros que realizan investigación de primera línea en relación con la catalogación, evaluación y gestión para la conservación de los recursos biológicos. Son especialmente destacables por actuar en áreas emergentes como la taxonomía molecular, la evolución o la

conservación y relación entre especies. Este Centro tiene como función principal la unificación de los sistemas de bases de datos y la fácil accesibilidad a la información relativa a las especies y variedades.

3. Centro de Información Oceanográfica

Su objetivo será la recogida, almacenamiento y gestión de las bases de datos resultantes de la investigación en ciencias y tecnologías marinas. Estos datos de referencia, imprescindibles tanto para la investigación como para el asesoramiento, son actualmente en España de difícil localización y acceso, mientras que otros países de nuestro entorno poseen centros específicos dedicados a su gestión.

Entre los **objetivos específicos de las acciones de acompañamiento** en el área, debemos destacar los tres niveles de actuación siguientes:

- Potenciación de los recursos humanos

La potenciación del área debe realizarse a través del incremento de recursos humanos y de programas de formación continua para la actualización de conocimientos. Esta formación de personal debe ir ligada a grupos de calidad y competencia contrastada según los criterios internacionales de excelencia científica.

- Cooperación científica y tecnológica con otros países

Además de la colaboración con los países para los que ya existen estructuras adecuadas, como lo son los de la UE y países del centro y este de Europa, debería potenciarse especialmente la colaboración con países iberoamericanos y de la cuenca del Mediterráneo.

Para favorecer y fortalecer la presencia de los grupos de investigadores españoles en los principales programas de investigación a escala internacional será necesario, además de un adecuado tamaño y equipamiento de los grupos, fomentar la colaboración entre grupos e instituciones.

La coordinación de las grandes instalaciones e infraestructuras a nivel nacional se extenderá a la colaboración con otros países de nuestro entorno, lo que permitirá el uso compartido y el intercambio de recursos. Con ello se conseguirá optimizar el tiempo de utilización mínimo necesario obteniendo el máximo rendimiento.

- Transferencia y difusión de conocimientos y resultados

La difusión de los resultados de investigación en el área se hace fundamentalmente a través de publicaciones científicas especializadas. Esta actividad de difusión de la investigación se complementará con la puesta a disposición de empresas, departamentos de la administración del Estado y del

público en general de la información contenida en bases de datos especializadas en observaciones y medidas sobre los diferentes sectores incluidos en el área. Asimismo, deberán contemplarse otros mecanismos de interfaz para conectar las actividades de las empresas y las de los CPI españoles, así como fomentar la protección de los resultados.

En lo que respecta a la relación con el V Programa Marco de I+D de la Unión Europea, en el Programa de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible del VPM, se observa una estrecha relación, no sólo en cuanto al enfoque, sino también en los objetivos, ya que, por ejemplo, la acción clave de gestión sostenible y calidad del agua contempla aspectos complementarios a los señalados en esta área de recursos naturales, concretamente en todo lo relacionado con recursos hídricos, reforzando en este sentido el ámbito de actuación. Otros ejemplos en esta misma línea serían los aspectos recogidos en las acciones clave de cambio global, clima y biodiversidad y de ecosistemas marinos sostenibles. Asimismo, en las actividades de carácter genérico del PM también existen aspectos complementarios, como es la lucha contra los riesgos naturales y tecnológicos y el desarrollo de tecnologías de observación de la Tierra.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

El ámbito geográfico donde pueden desarrollarse las investigaciones encaminadas a cubrir las diferentes **prioridades temáticas** se circunscribe al territorio nacional y zonas de influencia. Se incluye, asimismo, la Antártida y aquellos aspectos que puedan estudiarse en los tránsitos del BIO-Hespérides hacia y desde dicho continente.

3.1. Atmósfera y clima

Las prioridades están delimitadas por la determinación de los estados de referencia presentes y pasados, la cuantificación y mejora del conocimiento de las alteraciones a que está sometido el sistema climático en todas sus partes y escalas, la previsión de los cambios más probables durante los próximos decenios, y la evaluación de sus implicaciones e impactos potenciales en los ecosistemas naturales, en la calidad de vida y en las actividades humanas productivas. Por otra parte, se incluye la optimización de las técnicas de vigilancia y predicción de episodios meteorológicos extremos y el desarrollo de la meteorología medioambiental aplicada a situaciones de riesgo de contaminación urbana, tóxica o radiactiva y al apoyo a las actuaciones contra incendios forestales.

3.1.1. Mejora de la capacidad de observación y disponibilidad de datos atmosféricos. Desarrollo y mejora de la tecnología y de la capacidad de observación necesarias para establecer indicadores del estado de contaminación de la atmósfera y del estado del sistema climático, incluidas las concentraciones de gases de efecto de invernadero. Obtención de datos nuevos y organización de bases de datos históricos orientadas a la investigación y la protección de la atmósfera y el clima, en escalas locales y

regionales. Desarrollo de sensores remotos y desarrollo de nuevas metodologías de análisis de datos.

3.1.2. Caracterización de la variabilidad climática y desarrollo de la capacidad de predicción climática. Caracterización, detección y evaluación de los cambios observados en el clima presente y en épocas pasadas, en todas las escalas de tiempo posibles. Influencia de la predecibilidad de los patrones de circulación de atmósfera y océano, en distintos niveles de altura y profundidad, así como sus interacciones y teleconexiones, en la variabilidad observada del clima y en fenómenos extremos tales como sequías e inundaciones, en áreas geográficas de interés nacional. Desarrollo y validación de técnicas de predicción climática para áreas geográficas de interés nacional en distintas escalas temporales.

3.1.3. Conocimiento y simulación de los procesos e interacciones que regulan el cambio climático a escala regional. Ciclos biogeoquímicos y procesos que regulan las emisiones netas, las concentraciones y tendencias futuras de los gases de efecto invernadero. Procesos y retroalimentaciones que mejoren la calidad de los modelos climáticos regionales y contribuyan a reducir las incertidumbres de las previsiones de cambio climático y, en particular, las relacionadas con la fase atmosférica del ciclo del agua. Desarrollo, adaptación, validación y comparación de modelos climáticos regionales sobre el entorno geográfico nacional.

3.1.4. Conocimiento y simulación de los procesos físico-químicos que regulan el estado de la contaminación atmosférica y otros cambios atmosféricos. Procesos que regulan la emisión, difusión y absorción de gases contaminantes, precursores de ozono y aerosoles, así como retroalimentaciones asociadas a los mismos. Variabilidad y procesos reguladores de la concentración del ozono troposférico y estratosférico y sus relaciones con el cambio climático. Determinación y predicción de la distribución de radiación ultravioleta y sus efectos sobre la biosfera y la salud humana. Emisiones naturales e interferencia en el control de los contaminantes antropogénicos.

3.1.5. Obtención de escenarios nacionales para evaluación de impactos y riesgos climáticos. Obtención de escenarios nacionales de cambio climático, bajo hipótesis estándar, de variables climáticas y con resoluciones temporales o espaciales adecuadas a cada impacto. Desarrollo de metodologías de evaluación de los impactos y los riesgos asociados a los escenarios de cambio climático, en los sistemas naturales, en los sectores de la economía y en la sociedad, con especial atención a la salud y a los sistemas urbanos.

3.1.6. Técnicas meteorológicas de apoyo a la gestión de otros recursos y de previsión y prevención de desastres naturales y ambientales. Desarrollo de técnicas meteorológicas de apoyo a la gestión de recursos hídricos y a los procesos de degradación de suelos en sus diversos grados. Desarrollo de técnicas meteorológicas de previsión y prevención de episodios de incendios forestales y fenómenos extremos de precipitación. Desarrollo de técnicas meteorológicas de previsión y prevención de episodios de contaminación urbana, tóxica o nuclear.

3.2. Recursos marinos

En múltiples campos de la investigación oceanográfica existen problemas concretos relacionados con el uso sostenible y la preservación del medio marino, de gran relevancia social y económica, que deben ser abordados de forma prioritaria. Estos problemas son complejos y las respuestas necesarias deben estar por tanto sustentadas en un adecuado conocimiento científico. Las investigaciones en este campo deben llevarse a cabo con una aproximación multidisciplinar que requiere en muchos casos el uso de infraestructuras de investigación importantes (como buques oceanográficos). Teniendo en cuenta las necesidades sociales y económicas relacionadas con el mar que han surgido y es previsible que aparezcan en los próximos años, se concentrarán los esfuerzos en los siguientes aspectos:

3.2.1. Investigación oceanográfica en el contexto del cambio global. Estudios encaminados a cuantificar las consecuencias regionales y globales de los cambios naturales e inducidos por las actividades humanas en el mar y las tendencias a largo plazo en los ecosistemas marinos. Análisis de las relaciones entre series de observaciones meteorológicas y oceanográficas e identificación de posibles efectos sobre los recursos marinos a nivel regional y global. Desarrollo de modelos predictivos de cambio en las condiciones oceanográficas y en los recursos marinos.

3.2.2. Funcionamiento de los ecosistemas marinos. Cuantificación de los procesos biogeoquímicos y de los flujos de materia y energía en los ecosistemas marinos. Análisis de las relaciones entre el funcionamiento de los ecosistemas y la conservación y mejora de la calidad medioambiental. Investigación del acoplamiento y transferencia de materia y energía entre ecosistemas y subsistemas.

3.2.3. Actividad pesquera sostenible. Identificación y límites de poblaciones explotadas. Métodos de evaluación y su aplicación. Estimaciones de abundancias. Variabilidad espacial y temporal de las poblaciones y sus clases de edad. Relaciones entre procesos oceanográficos y recursos vivos marinos. Factores que condicionan los reclutamientos.

3.2.4. Desarrollo de estudios integrados de la franja costera y plataforma continental. Investigación de los procesos naturales y antropogénicos que se desarrollan en la franja costera y plataforma continental desde el punto de vista de la conservación y uso sostenible de la misma y de sus recursos. Reconocimiento geológico y geofísico de la zona litoral y plataforma interna. Interacciones entre ecología, morfología y erosión. Caracterización de márgenes continentales y cuencas sedimentarias. Morfología, estructuración y tasas de sedimentación/subsidencia. Interacciones entre estuarios y zona costera. Reservas marinas. Investigación prenormativa para el desarrollo de regulaciones para el uso del medio costero y desarrollo de herramientas que contribuyan a su gestión integral.

3.2.5. Investigación de riesgos relacionados con los recursos marinos. Contaminación marina. Estudio de los factores desencadenantes de proliferaciones de organismos marinos tóxicos o nocivos. Biología de especies nocivas. Identificación y cuantificación de toxinas marinas. Modelos de dispersión de contaminantes. Modelos predictivos del desarrollo de proliferaciones de organismos nocivos. Bases científicas de la prevención y mitigación de riesgos para el ecosistema y para los usuarios de determinados recursos marinos.

3.2.6. Desarrollo de tecnologías marinas nuevas y competitivas, principalmente en los campos de mejora de la calidad medioambiental, observación del mar, explotación sostenible de los recursos marinos e ingeniería costera y oceánica.

3.3. Recursos hídricos

El objetivo es mejorar el conocimiento de los procesos básicos relacionados con la cantidad, calidad y gestión de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, su protección frente a cambios futuros y su posible restauración. Para ello, se proponen las siguientes temáticas:

3.3.1. Evaluación de recursos hídricos superficiales y subterráneos. Evaluación y modelización en régimen natural. Desarrollo de métodos para estimar el balance hídrico y su variación espaciotemporal.

3.3.2. Predicción de los efectos del cambio global sobre la reserva y disponibilidad de recursos hídricos. Predicción de los efectos sobre la humedad del suelo, la vegetación y la recarga de acuíferos. Integración de escenarios climáticos en modelos hidrológicos regionales.

3.3.3. Calidad de las aguas y factores de contaminación puntual y difusa. Origen, transporte, distribución e impacto de los contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas. Movimiento y degradación de contaminantes en aguas superficiales y subterráneas. Procesos de salinización de las aguas superficiales y subterráneas. Definición de criterios de calidad para el uso de recursos no convencionales (aguas residuales depuradas y retornos de zonas regables).

3.3.4. Conservación y gestión integral de los recursos hídricos. Gestión integral de la cantidad y calidad del agua. Estimación de caudales ecológicos y de mantenimiento. Elaboración de criterios técnicos, económicos, legales y sociales. Criterios para resolución de situaciones de conflicto en la distribución de recursos hídricos. Uso conjunto de aguas superficiales-subterráneas. Conservación de ecosistemas acuáticos. Desarrollo de herramientas de optimización de la gestión de los recursos hídricos. Integración de modelos hidrológico-hidráulico y sociológico. Desarrollo de recursos hídricos no convencionales: desalación y reutilización. Ordenación del territorio y recursos hídricos.

3.3.5. Aplicaciones de nuevas tecnologías para el control de cantidad y calidad. Teledetección y SIG para la caracterización de los sistemas hidrológicos. Sistemas de apoyo a las decisiones. Desarrollo de sistemas y métodos de instrumentación y muestreo innovadores para control y seguimiento preventivo de la cantidad y la calidad. Tecnologías innovadoras para la remediación de acuíferos *in situ*, para estimular la recarga natural y para reducir el riesgo de avenidas.

3.4. Cambio global y biodiversidad

El objetivo es profundizar en el conocimiento sobre los procesos que generan y mantienen los recursos terrestres y proporcionar información que facilite la gestión, aprovechamiento y conservación de los mismos en un contexto de cambio global. La información generada permitirá desarrollar paquetes tecnológicos dirigidos a varios niveles de decisión, desde el local al europeo. En especial, será de utilidad para el desarrollo de los compromisos españoles en lo que concierne a los convenios internacionales de cambio climático, biodiversidad y lucha contra la desertificación y la sequía, así como la estrategia nacional de conservación de la diversidad biológica, y el Plan Forestal Nacional, entre otros. De un lado, incluye investigaciones sobre procesos geológicos, funciones ecológicas y diversidad biológica que condicionan la distribución y características de los recursos. Asimismo, estudia los efectos del cambio global sobre la condición y disponibilidad de esos recursos. De otro lado, trata de desarrollar técnicas orientadas a la gestión, conservación y restauración, según el caso.

3.4.1. Flora y fauna: Identificación y catalogación de las especies de flora y fauna silvestres. Conocimiento de su distribución y biología. Identificación de endemismos. Técnicas moleculares para la identificación de especies y poblaciones. Variabilidad genética. Procesos de hibridación.

3.4.2. Flujos de materia y energía en sistemas terrestres y acuáticos. Mecanismos que afectan los ciclos del carbono y nutrientes. Estudio de los flujos tróficos y de los intercambios de materia y energía con la atmósfera y con el suelo.

3.4.3. Efectos de la variabilidad climática y de los cambios de uso del suelo sobre la biodiversidad. Investigación a todos los niveles, desde genes hasta paisajes, particularmente en áreas con elevada biodiversidad, alta proporción de especies endémicas, ecotonos y otras zonas sensibles a los cambios climáticos. Migraciones de especies a través de paisajes fragmentados. Desarrollo de teoría y métodos para diseñar y manejar redes ecológicas (sistemas de territorios naturales, seminaturales y rurales, especialmente coherentes, orientados a la conservación de especies y funciones ecológicas a escala regional).

3.4.4. Degradación del suelo y desertificación. Efectos de la variabilidad climática y de los cambios de usos del suelo sobre la disponibilidad de recursos hídricos, la conservación de funciones ecológicas y de la biodiversidad, la

erosión y degradación del suelo y los riesgos de avenidas. Consecuencias de los incendios forestales en los ecosistemas y en relación con el cambio climático.

3.4.5. Técnicas y métodos para el uso sostenible, conservación y restauración. Métodos para evaluar la sostenibilidad. Indicadores y sistemas de alerta de degradación del territorio. Sistemas de apoyo a la decisión para adaptar la gestión de recursos a condiciones climáticas o económicas variables. Rehabilitación y restauración ecológica. Reintroducción y programas de reproducción de poblaciones en peligro de extinción.

3.5. Riesgos naturales

3.5.1. Riesgos naturales de carácter hidrológico: Sequías e inundaciones. Desarrollo de indicadores para la identificación temprana de situaciones de sequía. Sistemas de ayuda a la decisión para la gestión del agua en situaciones de sequía y estrategias adaptativas frente a las mismas. Caracterización hidrológica de crecidas extraordinarias. Utilización de referencias históricas. Investigación de paleocrecidas. Modelos de previsión y cálculo operativo de crecidas en tiempo real. Instrumentos de soporte a la toma de decisiones.

3.5.2 Reducción del riesgo geológico. Estudio de la vulnerabilidad del territorio frente a los riesgos naturales de origen geológico. Riesgo volcánico. Deslizamientos de ladera y aludes. Sistemas de observación, alarma y evaluación integrada del riesgo sísmico. Gestión eficaz del riesgo sísmico.

3.6. Investigación en la Antártida

La Antártida constituye, por intereses científicos y políticos, un área de alta prioridad, en la que además debe mantenerse la continuidad de los compromisos adquiridos y apoyar el papel de España en el Sistema del Tratado Antártico.

La investigación antártica española, así como la toma de datos que se viene efectuando desde nuestras instalaciones, deben realizarse en coordinación con los programas de investigación internacionales reconocidos como prioritarios. Asimismo, debe promoverse la integración de los resultados en bancos nacionales de datos antárticos conectados internacionalmente. Se indican a continuación las líneas de investigación prioritarias:

3.6.1. Geología, geofísica, glaciología y geodesia. Procesos geológicos activos. Tectónica y evolución geodinámica. Registros paleoambientales, especialmente del Cenozoico. Volcanología. Sismología. Glaciología, Cartografía y Geodesia

3.6.2. Ciencias de la atmósfera. Física y química de la atmósfera. Seguimiento y predicción meteorológicos. Procesos atmosféricos de interés medioambiental. Corrientes ionosféricas: Interacciones y modelización.

3.6.3. Estudio integrado de ecosistemas y oceanografía. Relación entre los ecosistemas antárticos y los cambios climáticos globales. Ecología y biodiversidad. Estructuras hidrológicas. Flujos de materia y energía: génesis, transferencia y variabilidad espacial. Oceanografía física y química con relación a los ecosistemas.

3.6.4. Tecnologías para ambientes polares. Energías renovables. Desarrollo de instrumentación específica. Comunicaciones: redes, enlaces y terminales.

3.7. Tecnologías para la prevención y tratamiento de la contaminación

Dentro de este objetivo se incluyen los proyectos que permitirán establecer la viabilidad de nuevas técnicas, mejora de procesos, acciones de optimización ambiental o los que planteen una nueva concepción tecnológica o aplicación medioambiental. Se descartan, por lo tanto, los proyectos enfocados al desarrollo e implantación a corto plazo de técnicas ya existentes y cuya viabilidad y eficacia ha sido demostrada.

Las tecnologías consideradas estarán basadas en el concepto de prevención e integración de la lucha contra la contaminación, teniendo en cuenta el análisis del ciclo de vida, el uso eficiente de la energía, la adopción de medidas necesarias para la prevención de accidentes y la restauración del lugar una vez finalizada la actividad. Además, se dará prioridad a las tecnologías que disminuyan la relación de consumo de materia prima por unidad de producto obtenido.

3.7.1. Tecnologías sostenibles: Tecnologías emergentes que minimicen el impacto ambiental de las actividades humanas. Optimización y uso racional de las técnicas convencionales, modificaciones de proceso conducentes a un mejor aprovechamiento de las materias primas y a la reducción en la generación de residuos; operaciones de separación avanzadas; tecnologías de membrana y electroquímicas, combustión con oxígeno puro, desarrollo y aplicación de nuevos catalizadores y mejora de los existentes, desarrollo de tecnologías para obtener compuestos orgánicos a partir de CO₂ e hidrógeno o gas natural, tecnologías para la valorización de residuos, etc.

3.7.2. Tecnologías para la reducción de la contaminación: Tecnologías para recuperar y reutilizar materias primas de residuos y efluentes urbanos, agrarios e industriales. Tecnologías para reciclar materias primas y para la transformación e inmovilización de contaminantes y residuos.

3.7.3. Nuevas tecnologías para la restauración de los recursos naturales. Restauración de suelos contaminados y tecnologías para preservar la calidad de las aguas y de la atmósfera.

Acción Estratégica: Espacios naturales protegidos

Por su situación geográfica y por sus características orográficas, que explican tanto la gran variabilidad climática como paisajística y ecológica, España posee una riqueza de espacios naturales de extraordinario valor en el conjunto de la Unión Europea. Es bien conocido el hecho de que la riqueza biológica de España es la más diversa y la que presenta mayor número de endemismos, especies y hábitats de Europa.

Lo mismo puede decirse sobre los tipos de suelos y los sistemas geomorfológicos, debido sobre todo al efecto de la topografía y de la litología, y a las complejas interacciones entre cambios paleoambientales recientes (Holoceno) y actividades humanas. Las características del clima mediterráneo ha sido la base de ecosistemas muy dinámicos y ricos en especies.

Al ser España el país de Europa con mayor riqueza natural, se hace necesaria una política clara de investigación y desarrollo tecnológico como apoyo a la gestión y conservación de estas áreas de especial interés natural.

Las razones precedentes explican el interés creciente por la conservación de áreas muy diversas, promoviéndose la creación de gran número de espacios protegidos bajo diferentes marcos jurídicos e institucionales (Parques Nacionales, Parques Naturales, Reservas, Monumentos Naturales, etc.) Ello conlleva que todo los aspectos mencionados en esta acción se relacionen no sólo con la conservación, sino también cada vez más con los aspectos de gestión y de desarrollo social y económico de dichos espacios.

Las características de esta acción estratégica recomiendan que los proyectos tengan planteamientos pluridisciplinarios, favoreciéndose aquéllos que aglutinen expertos de campos diversos y que cubran una proporción elevada de las líneas precedentes. Asimismo, deben contemplarse proyectos de seguimiento de los espacios protegidos, que permitan la acumulación de largas series de datos, sin los cuales no podrá llevarse a cabo una gestión adecuada.

La conservación de la naturaleza requiere una estrategia global, tanto desde un punto de vista temático como espacial, abordada con una perspectiva pluridisciplinar, que contemple los aspectos bióticos, abióticos y antropogénicos, y que tenga en cuenta no solamente la estructura de los ecosistemas sino, sobre todo, su dinámica, las interacciones complejas entre los distintos elementos que los componen y los flujos internos y externos de materia y energía.

Los espacios protegidos presentan, desde un punto de vista científico, una serie de peculiaridades que aumentan su singularidad:

Ocupan, a menudo, pequeñas extensiones, aisladas de otras áreas protegidas, a veces afectadas por muy fuertes presiones agrícolas, cinegéticas y urbanísticas en su entorno, lo que debe tener una incidencia enorme en la dinámica de los recursos.

Por otra parte, normalmente muestran un estado de conservación superior al del entorno, lo que no significa que fuera de ese espacio no existan ambientes de alta calidad paisajística, faunística o florística. En ocasiones, el espacio protegido cumple con una función extraterritorial de gran envergadura: ése es el caso, por ejemplo, del Parque Nacional de Doñana, al servir de asiento invernal a muchas aves procedentes del centro y del norte de Europa. Presentan un elevado número de especies animales y vegetales, normalmente escasas en el resto del territorio, que sirven de reservorios naturales de diversidad genética.

Algunos espacios protegidos, especialmente los localizados en áreas de montaña, corresponden a cabeceras de cuencas, donde se genera una parte importante de los recursos hídricos en cuencas de mayores dimensiones.

La creación formal de un espacio protegido conlleva en ciertos casos algunos riesgos. En el caso de áreas no muy extensas, el factor aislamiento puede tener consecuencias graves a largo plazo. El aumento de la presión humana sobre el territorio, fundamentalmente la expansión urbanística y la agricultura intensiva, ha hecho que los espacios mejor conservados se distribuyan a modo de islotes de pequeñas dimensiones muy desconectados de otras áreas similares.

En muchos casos, existe un salto demasiado brusco entre el espacio protegido y el entorno, sin que exista una amplia banda periférica sujeta también a normas que eviten la presencia de urbanizaciones o de actividades que pueden afectar al funcionamiento de ese espacio protegido.

Asimismo, los espacios protegidos se hallan además afectados por fuertes presiones debidas a la elevada frecuentación que soportan. El desarrollo turístico de las últimas décadas tiene como uno de sus objetivos prioritarios la visita de áreas sujetas a algún tipo de protección.

La descoordinación entre los gestores de los espacios protegidos y la población local a menudo dificultan la conservación y explotación sostenible de los recursos de estos espacios.

La necesaria gestión integrada de los espacios protegidos hace necesario un conocimiento óptimo tanto de los elementos que encierran como de los procesos naturales o de origen humano responsables de sus características.

Los objetivos de esta acción estratégica son los siguientes:

- Describir los elementos bióticos y abióticos más determinantes que caracterizan a cada una de las áreas y que deben ser objeto de seguimiento a medio y largo plazo.
- Proporcionar la información científica necesaria sobre la evolución de los ecosistemas protegidos y sus efectos en el entorno, así como sobre la

influencia que tiene la utilización de las zonas periféricas sobre los espacios protegidos y sus elementos.

- Dotar a los organismos gestores de herramientas que permitan el uso más adecuado del área protegida y su entorno, así como de los beneficios económicos y sociales que la existencia de dichas áreas representa para la sociedad.

Para la consecución de dichos objetivos se proponen las siguientes líneas de trabajo:

- *Hidrogeología y procesos geomorfológicos e hidrológicos.* Caracterización y evolución de las formas de modelado y los depósitos superficiales. Áreas de generación de escorrentía y fuentes de sedimentos. Hidrología superficial e hidrogeología. Relaciones entre humedad del suelo y procesos bióticos y abióticos. Relaciones entre vegetación, intercepción, infiltración y escorrentía superficial. Influencia en el ciclo hidrológico.
- *Metodología y estrategias para la conservación de la diversidad biológica.* Biología y ecología de las poblaciones amenazadas. Factores que condicionan el tamaño de las poblaciones amenazadas. Efectos de la fragmentación y del tamaño de las áreas protegidas para la conservación de especies animales y vegetales. Consecuencias directas e indirectas de la frecuentación de visitantes sobre la dinámica de poblaciones animales y vegetales. Procesos interactivos y su relevancia para el mantenimiento y conservación del ecosistema.
- *Seguimiento de las áreas protegidas.* Definición de los parámetros necesarios para la gestión adecuada de los espacios protegidos. Nuevas tecnologías y adaptación de las existentes para la adquisición de datos. Desarrollo de indicadores de cambio. Establecimiento de estaciones de seguimiento a largo plazo.
- *Aspectos humanos y socioeconómicos.* Interacciones del hombre y su entorno. Gestión de caza, pesca y usos agrícolas y ganaderos. Efectos de las actividades tradicionales y de su posible abandono sobre la conservación de los recursos y del paisaje en los espacios protegidos. Compatibilidad de las infraestructuras necesarias con la conservación. Respuesta de los visitantes y población del entorno al sistema de uso público. Aspectos socioeconómicos del uso público. Frecuentación de visitantes y sus efectos sobre factores abióticos y bióticos. Importancia de las zonas periféricas de protección para la evolución de fauna y flora y para la calidad de las aguas. Recomendaciones para la gestión. Regulación de acceso a los recursos genéticos.

Área de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias

Área de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias

1. INTRODUCCIÓN

El **ámbito científico-tecnológico** cubierto por el área tiene por objeto satisfacer las demandas y necesidades sociales de desarrollar métodos sostenibles de producción, conservación y transformación de productos agroalimentarios y pesqueros, bajo un enfoque de desarrollo rural integrado.

En España, como en otros países de la Unión Europea, la actividad económica se enfrenta a una creciente competencia causada por la globalización de la economía; las nuevas demandas de los consumidores sensibilizados por las implicaciones de la alimentación en la salud; la necesidad de adecuación de las producciones a las nuevas orientaciones de las políticas comunitarias (Agenda 2000) y al creciente interés de la opinión pública hacia los problemas ambientales. Todo ello conlleva la introducción de cambios sustanciales en la orientación de las producciones y en la competitividad de los productos primarios y transformados. Además, la situación socioeconómica de nuestro país aconseja una orientación de las producciones primarias y de sus transformaciones para satisfacer las demandas de un mercado de consumidores con creciente poder adquisitivo y sensible al consumo de productos de excelente y bien diferenciada calidad. Para dar respuesta a estas nuevas demandas es necesario fomentar aquellas actividades de i+D que generen las tecnologías precisas para mantener e incrementar la competitividad de los productos primarios y transformados, así como para el incremento de la renta de la población agraria, mediante un uso sostenible de los recursos agrarios, pesqueros y de la industria agroalimentaria.

La **justificación de la priorización del área** se basa en la integración de una gran parte de las actividades relacionadas con el área, debido a la necesidad de una mayor coordinación e imbricación de las actividades de I+D, lo que ha de permitir la búsqueda de producciones primarias con la calidad más conveniente para su consumo o su utilización, como alimentos frescos o transformados, impulsando la diversificación de productos agrarios y pesqueros, así como de nuevos usos de los mismos. Esta integración está también en consonancia con los planteamientos actuales de los sistemas de producción integrada, que considera la explotación agraria en su totalidad. Otro aspecto prioritario ha sido la consecución de una mayor integración de la fase de investigación, realizada en gran parte por centros públicos, con la fase de desarrollo y aplicación de resultados, realizada por el sector privado.

La actividad agroalimentaria tiene una dimensión de importancia considerable en el contexto del conjunto de la actividad económica española, si se consideran indicadores económicos de valor añadido, empleo y comercio exterior. La producción final agraria ha sido valorada en 4,6 billones de pesetas

en 1997, de los que un 57% correspondió al subsector agrícola, un 40% al ganadero y un 3% al forestal; el valor añadido bruto de dicha producción, a precios de mercado, fue de 2,7 billones de pesetas, lo que representa el 3,4% del PIB nacional. El sector de transformación industrial de los productos agrarios y pesqueros representa el 20% de la industria española, constituyéndose como nuestro primer sector industrial. Su producción final en 1997 superó los 8,6 billones de pesetas, por lo que el conjunto del sector agroalimentario contribuye con un 7,6% al PIB nacional, ocupa un 11,3% de la población activa y representa el 15% de las transacciones de comercio exterior. Es de resaltar que la mayor parte del sector primario y de la industria tienen un grave problema en su estructura productiva, al existir una alta atomización de sus empresas, lo que añade una dificultad adicional para invertir en investigación, desarrollo y tecnología, dada las insuficiencias propias de las PYME en estas áreas.

Esta área busca no sólo la competitividad y eficiencia de las producciones, también promueve la conservación y el uso racional y sostenible a largo plazo de los recursos agrícolas, forestales, ganaderos y pesqueros. En este sentido, cabe señalar que una tercera parte del territorio español es terreno forestal. Este dilatado territorio forestal constituye una parte importantísima del patrimonio natural del país, que la Administración está obligada a conservar, y es fuente de beneficios directos e indirectos. Así mismo, los sistemas pastorales extensivos, que afectan a una gran parte del territorio, contribuyen al mantenimiento de la fertilidad del suelo, al control de la erosión y a la prevención de incendios, entre otros beneficios asociados al sostenimiento del medio.

En relación con la dependencia tecnológica que presenta el sector agroalimentario, es conveniente resaltar que existe una dependencia exterior muy marcada en tecnologías de producción primaria, en tecnologías de producto y de proceso en la industria agroalimentaria y en patentes. En cuanto a la producción primaria, existe un déficit comercial importante en variedades de cultivos agrícolas, en animales vivos -tanto para su cruce (porcino) como para su cría (especies de acuicultura) y engorde (vacuno)- y en preparados de piensos. Con relación a la industria agroalimentaria, un estudio reciente de la FIAB estima en un 51,5% su autonomía de renovación de tecnologías de producto y en un 41% la autonomía en las tecnologías de proceso. El gasto en investigación y desarrollo intramuros es inexistente en las empresas con un número de trabajadores inferior a 50, apareciendo en el segmento de las empresas entre 50 y 99 empleados y existe en la totalidad de las empresas mayores de 250 empleados. La capacidad tecnológica en España ha crecido significativamente desde 1995, pero aún se encuentra en unos niveles desfavorables.

Existe un amplio consenso en que la evolución futura de la actividad económica de esta área está condicionada por una compleja serie de factores, entre los que cabe destacar:

- El notorio incremento de la competencia derivada de la globalización de la economía, de los acuerdos de la Organización Mundial del Comercio y de la influencia de la moneda única europea.

- Una progresiva menor influencia y apoyo de las políticas agrícola y pesquera de la Unión Europea.
- Fuertes cambios en las tendencias de consumo de los europeos.
- Una alta concentración empresarial en la distribución comercial, que va a requerir una fuerte reestructuración en los sectores productivos.
- Una mayor percepción pública sobre la seguridad alimentaria y sobre la calidad del medio ambiente.

Todo ello configura un momento realmente crucial para estos sectores, que deben cambiar su gestión, buscando la competitividad en otros factores distintos de los que se han utilizado hasta ahora. En el futuro, sólo se podrá competir en los productos que requieran una acumulación de conocimientos y capacitaciones y ello obliga a tener que realizar un alto esfuerzo en investigación y desarrollo, que permita buscar o consolidar el liderazgo en determinados productos agroalimentarios, ayudando a reducir el coste de dichas producciones a la vez que se mejora su calidad. Paralelamente, deberían tipificarse las producciones (asegurando su calidad y seguridad) y sus transformados tradicionales, propios de una localidad o región, agilizando su acceso a los mercados, así como los alimentos funcionales para segmentos de la población, las producciones agrarias o marinas de uso no-alimentario y las producciones diversificadas. Todo ello buscando la armonización de los procesos de producción con la calidad medioambiental y el mantenimiento de la biodiversidad.

En síntesis, esta área es de la mayor importancia socioeconómica por contribuir a la seguridad y calidad de los alimentos, por su capacidad de disminución de los impactos ambientales y por sus indudables repercusiones positivas en la salud pública.

2. OBJETIVOS GENERALES

En relación a la estrategia relativa a las instalaciones científicas grandes y medias, no se ha detectado la necesidad de crear ninguna instalación de este tamaño. Sin embargo, parece oportuno acometer un conjunto de instalaciones científico-técnicas, tendentes a dotar de nueva infraestructura o mejorar la ya existente, para el uso conjunto de usuarios procedentes de distintas instituciones, públicas o privadas. En los sectores agrícola, ganadero, forestal y acuícola, así como en la industria agroalimentaria se considera de interés:

Plantas piloto

En tecnología agroalimentaria se detecta la necesidad de disponer, mantener y actualizar plantas piloto necesarias en el escalado de los resultados de la investigación en el ámbito de la producción, conservación e innovación de alimentos, como una etapa casi siempre imprescindible en la validación y protección de los resultados y su posterior transferencia tecnológica.

En España existen varias instalaciones de este tipo especializadas en las distintas parcelas de la tecnología de los alimentos que deberían ser objeto de potenciación, para lo cual sería necesario previamente elaborar un catálogo actualizado de las mismas al objeto de detectar carencias y obsolescencias para ofrecer a la comunidad científica y a los sectores industriales su utilización.

Dichas plantas, por su tamaño, coste o complejidad tecnológica, son difíciles de asumir mediante actuaciones normales, por lo que desde esta área deberían establecerse y priorizarse acciones específicas al respecto que contasen con un manifiesto interés del sector industrial agroalimentario.

Centro de Conservación de Microorganismos de interés en la industria agroalimentaria

El trabajo en microbiología de alimentos requiere de la existencia de colecciones de cultivo tipo a las que acudir, tanto para depositar microorganismos utilizados como estarters alimentarios, como para obtener microorganismos patógenos control con los que desarrollar las técnicas de detección y/o identificación de patógenos en alimentos. Entre los primeros, para nuestro país tiene una importancia radical el depósito de microorganismos responsables de la producción de alimentos fermentados tradicionales españoles (bacterias ácido-lácticas implicadas en la producción de embutidos y quesos, levaduras vínicas) con el objeto de preservar la biodiversidad de nuestros productos. Entre los segundos, es evidente que el establecimiento de cualquier red de seguridad alimentaria tiene que tomar como punto de arranque en aquellos problemas que atañan a microorganismos, la existencia de cepas tipo perfectamente identificadas con las que desarrollar los ensayos de detección de patógenos en alimentos (bacterias, hongos y levaduras) o de producción de sustancias indeseables (toxinas). A estas misiones habría que añadir la de actuar como referencia en la clasificación taxonómica de aislados microbianos obtenidos desde alimento. En los campos de la agricultura y la ganadería este tipo de labor es de extraordinaria importancia a la hora de identificar patógenos. Desde el punto de vista industrial, las empresas deben hacer un uso constante de estas colecciones para obtener cepas perfectamente identificadas.

En nuestro país, contamos con una colección excelente de microorganismos, la Colección Española de Cultivos Tipo (CECT), un servicio de la Universidad de Valencia que es unidad asociada del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. La CECT es "autoridad de depósito internacional", un status que tan sólo 26 colecciones de cultivo tienen en todo el mundo. Durante los últimos años ha incorporado todas las herramientas moleculares necesarias para llevar a cabo una taxonomía molecular. Se considera necesario potenciar la CECT para optimizar las funciones encomendadas.

Red de Invernaderos para el manejo de plantas transgénicas

Como consecuencia de los avances en las técnicas de biología molecular de plantas, la obtención de plantas transgénicas que expresen proteínas de

defensa u otros productos génicos es una vía factible para llegar a cultivar plantas con altos niveles intrínsecos de resistencia a factores bióticos y abióticos, y/o con nuevas propiedades nutritivas, organolépticas y sanitarias. Los rápidos avances en la tecnología del ADN recombinante han hecho posible que en la actualidad exista un amplio abanico de genes que es factible incorporar a plantas cultivadas para lograr las propiedades mencionadas.

La experimentación con plantas transgénicas requiere condiciones de crecimiento que permitan su uso y desarrollo hasta la floración, sin que se produzcan fugas de polen al medio ambiente. La percepción pública sobre el tema, junto con la estricta normativa oficial para su manejo, justifica la dotación de una Red de Invernaderos para la experimentación con plantas transgénicas. Los invernaderos deben estar ubicados en lugares que permitan el uso compartido de grupos procedentes de varias instituciones con experiencia acreditada en esta tecnología.

Centros de Competencia

En lo referente a la estrategia relativa a los **centros de competencia**, se ha identificado la existencia de diversos centros y laboratorios españoles muy acreditados y de gran calidad en varios ámbitos de investigación, y se estima conveniente y necesaria su valorización. Asimismo, se detecta una falta de coordinación en las actuaciones científico-técnicas de estos grupos, lo que conlleva una excesiva duplicidad o reiteración en sus investigaciones, la imposibilidad de alcanzar una masa crítica suficiente para afrontar con éxito determinados planteamientos, la falta de propuestas de acciones de gran calado, la dificultad por parte de los sectores industriales de identificar los grupos de investigación y sus especialidades así como su coordinación en proyectos concertados o contratos de I+DT multidisciplinares, la toma de posición rápida, definida y autorizada frente a situaciones coyunturales de alarma social, repercusiones económicas para los sectores o estado del conocimiento a requerimiento de la Administración.

Por todo ello se cree conveniente la creación de Centros de Competencia Científico-Tecnológica (CECOC) y de Redes Temáticas de grupos para varios temas científico-tecnológicos, y que no deben solaparse con las sociedades científicas y profesionales o con los centros de referencia ya existentes.

Se define un Centro de Competencia Científico-Tecnológica (CECOC) como una red estable de coordinación en un ámbito del área en el que existe un elevado número de grupos de investigación activos y centros tecnológicos, con infraestructuras consolidadas, y en los que la sinergia y complementariedad pueda representar un claro avance cualitativo, tanto en el progreso del conocimiento científico-técnico y en la rápida transferencia tecnológica a los sectores, como en la argumentación para la defensa de los intereses nacionales y en la información a la sociedad. Cuando sea posible, un CECOC deberá estar coordinado por un centro de investigación preexistente, con solvencia reconocida tanto por la comunidad científica del ámbito correspondiente como por los sectores industriales concernidos, de tal forma

que a su función de coordinación añade la de actuar como interlocutor cuando la Administración del Estado o las asociaciones industriales así lo requieran. Sus objetivos serán:

- Identificación de líneas que son deficitarias en conocimientos y tecnología (preferentemente, en colaboración con los sectores involucrados), tanto para la producción primaria o su conservación y transformación, como para su consumo o utilización, así como para proveer soporte prenormativo o la identificación de alternativas.
- Realización de investigaciones comunes y coordinadas de grupos que trabajen en un tema específico, que tenga relevancia científico-técnica, social y económica en el ámbito nacional o notoriedad científica coyuntural.
- Asesoramiento de I+D para la comunidad científica y técnica. Desarrollar la transferencia de tecnología dando a conocer la oferta de investigación del CECOC a los diferentes agentes socioeconómicos.
- Movilización de recursos externos por aumento de la masa crítica y la interdisciplinariedad.
- Formación de personal investigador y técnico, favoreciendo la movilidad entre los diferentes grupos del CECOC. Contribuir a la formación de formadores de opinión.
- Asesorar a la Administración del Estado en temas relacionados con su ámbito de actuación y especialidades.

Se propone la creación de los siguientes CECOC:

Centro de Competencia en Bioseguridad de Alimentos

Las encuestas del Eurobarómetro indican claramente la preocupación de los ciudadanos europeos por la seguridad alimentaria. Los recientes episodios de encefalopatía espongiforme bovina y el extenso brote de listeriosis en catorce estados de EEUU, los casos recurrentes de utilización fraudulenta y enmascarada de promotores del crecimiento y anabolizantes en producción animal, la aparición de patógenos emergentes, así como la creciente polémica o alarma social sobre la producción de organismos genéticamente modificados (OGM) o la comercialización de alimentos irradiados, sin olvidar los últimos problemas ocasionados por la detección de dioxinas en algunos animales de granja, han puesto de manifiesto la fragilidad del sistema de alerta en la UE, la desinformación y preocupación de los consumidores y el desconcierto de la industria agroalimentaria. Sin duda, a consecuencia de todo ello, uno de los objetivos principales del V Programa Marco es asegurar la seguridad alimentaria previniendo riesgos, detectar las fuentes de contaminación a través de la cadena alimentaria, cuantificar los factores de riesgo y desarrollar tecnologías limpias para comercializar alimentos seguros. Sin embargo, en España no hay tradición de investigación al respecto. Por todo ello, se sugiere la creación de un CECOC en bioseguridad alimentaria.

Para ello, y siguiendo los modelos al uso en los centros de referencia clínicos, se propone una estructura compartida entre varios centros, cada uno con su especialidad correspondiente, bien en objetivos concretos (por ejemplo, micotoxinas, patógenos, alergénos), bien en técnicas (por ejemplo,

biotecnología, experimentación animal, nuevas tecnologías de conservación). Este CECOC debería constituirse en una pieza clave para la homologación y referencia de los productos agroalimentarios. En este sentido, la aparición en el mercado de los productos transgénicos ha propiciado la aparición de nuevas normativas comunitarias que tienen que ver con la protección al trabajador, al consumidor y al medio ambiente. Para que estas normativas puedan llevarse a la práctica con rigor es necesario que exista algún centro de referencia que pueda servir de guía tecnológica para que las diferentes Administraciones que han de controlar la producción y comercialización de estos productos puedan encontrar un apoyo a la hora de implantar las nuevas tecnologías analíticas en sus respectivos laboratorios.

Centro de Competencia en Productos Transformados de la Carne

La industria transformadora cárnica supone el 18% de la industria alimentaria española, constituyéndose en el primer subsector alimentario en términos de PIB, con una amplia distribución regional y produciendo una gran variedad de productos autóctonos de reconocido prestigio internacional, sobre todo en productos curados. La industria de este subsector ha aumentado sus exportaciones a un ritmo superior al 25% anual en los últimos tres años, configurándose como una de las industrias con mayor capacidad de producción en el ámbito europeo y enfrentada a nuevos retos de futuro que se centran, fundamentalmente, en la consolidación de mercados en base no ya a la competencia por precio sino a la calidad y seguridad y la innovación permanente.

Se propone la creación de un Centro de Competencia en Productos Transformados de la Carne, para coordinar las líneas de investigación en proceso de desarrollo, centrar los objetivos perseguidos e impulsar la obtención de resultados adaptados a las necesidades del sector productivo, de forma que se mejoren los productos cárnicos españoles.

Centros en Redes Temáticas

Por otra parte, cabría la creación de otras estructuras virtuales, tales como los Centros en Redes Temáticas científico-técnicas. Son una red virtual que, en principio, de forma coyuntural y limitada en el tiempo, acoge a aquellos grupos de investigación interesados en avanzar hacia el mutuo conocimiento y la coordinación de esfuerzos en la resolución de un objetivo científico-técnico contemplado como línea prioritaria en el Plan Nacional, identificando las necesidades tanto disciplinarias como infraestructurales y promoviendo propuestas conjuntas a las convocatorias de los Programas Nacionales y/o del V Programa Marco. Se consideraran como prioritarias aquellas propuestas que incluyan grupos multidisciplinares o que se sitúen en las interfases entre áreas, así como aquéllas que sirvan de núcleo a redes temáticas europeas o internacionales.

En relación con los objetivos específicos de las **acciones horizontales** en el área, pueden destacarse los siguientes:

Potenciación de los recursos humanos en I+D:

- Apoyar las mejoras estructurales en el entorno de los grupos de investigación: personal auxiliar, tanto de laboratorio como de administración, acceso a la información, existencia de servicios instrumentales bien gestionados, simplificar la gestión administrativa.

Potenciación de la Cooperación Internacional

- Apoyar a centros de I+D del Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agraria (CGIAR) para la realización de proyectos de investigación conjuntos, especialmente con el Centro Internacional de Mejora de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México para investigaciones sobre trigo, maíz y triticale, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Colombia para investigaciones sobre judía, el Centro Internacional de la Papa (CIP) en Perú para investigaciones sobre patata y el "International Center for Agricultural Research in the Dry Areas" (ICARDA) en Siria para investigaciones sobre cultivos de cereales y leguminosas de zonas áridas, el "Center for International Forestry Research" (CIFOR) y el "International Center for Research in Agroforestry" (ICRAF) para la investigación forestal y agroforestal, el "International Rice Research Institute" (IRRI) para la investigación sobre el arroz, el "International Plant Genetic Resources Institute" (IPGRI) para la conservación de los recursos fitogenéticos, el "International Livestock Research Institute" (ILRI) para la investigación ganadera y conservación de recursos genéticos de animales domésticos, el "International Food Policy Research Institute" (IFPRI), para la investigación en economía y sociología agroalimentaria.
- Apoyar la Iniciativa Europea de Investigación Agraria para el Desarrollo (EIARD), que promueve producciones y procesos agroalimentarios de interés para España y para los países de su interés preferente del Magreb, Latinoamérica, países de Europa Central y Oriental (PECOS).
- Establecer relaciones con las actividades de redes cooperativas y proyectos de investigación agraria de la Food and Agriculture Organization (FAO).

En cuanto a los **aspectos genéricos del área**, han de tenerse en cuenta los siguientes:

- Aspectos socioeconómicos

- Promoción de la correcta percepción pública del uso de nuevas tecnologías en el uso y gestión de recursos agroalimentarios, del alcance de sus riesgos para uso y consumo, de los procedimientos adoptados o convenientes para evitarlos y de los beneficios de su utilización. Desarrollo de indicadores y técnicas de evaluación y seguimiento de dicha percepción pública.
- Desarrollo y aplicación de métodos de estimación cuantitativa y cualitativa de las orientaciones a medio plazo, de la actividad económica y condicionantes sociales en los sectores económicos primario, industrial y de servicio, que están en relación con el ámbito de los recursos y tecnologías agroalimentarias.

- Análisis comparado de las estrategias prioritarias de I+D en recursos y tecnologías agroalimentarias en los países con los que España mantiene una activa cooperación científico-técnica: países industrializados y en desarrollo.

- Aspectos éticos

- Identificación de los aspectos éticos del uso de nuevas tecnologías y métodos de mejora genética de recursos agroalimentarios. Xenotrasplantes. Percepción pública en el sistema educativo y en el legislativo.
- Identificación y seguimiento de impactos de la aplicación de normativas, sobre la utilización de recursos agroalimentarios y las industrias relacionadas, con relación a centros e institutos con actividades de I+D; proyectos de I+D en activo en cada centro; técnicas de laboratorio e infraestructura disponibles en cada centro (tales como fincas, laboratorios, equipos, maquinaria); grupos de investigación; áreas de interés de cada grupo.
- Desarrollo en red de infraestructuras informatizadas sobre datos legales y éticos y sobre metodologías asociadas. Desarrollo de los comités nacionales de ética en la investigación y aplicación de sus resultados.

- Aspectos prenormativos, de homologación, de ensayos y de producción

- Demostración del impacto y modulación territorial de previsibles limitaciones normativas en la producción y procesado de recursos agroalimentarios.
- Promoción de las asociaciones interprofesionales agrarias y pesqueras en la identificación y extensión de normas, así como en la promoción de I+D en recursos y tecnologías agroalimentarias y en la difusión y aplicación de resultados de I+D. Modelos de participación en asociaciones transnacionales.

En lo que respecta a **la relación con el V Programa Marco (PM)** de I+D de la UE, hay que señalar, en primer lugar, la buena participación de los grupos españoles en este ámbito, fundamentalmente en las áreas relacionadas con la producción primaria en agricultura, sanidad vegetal y animal, pesca y acuicultura, e incluso en el área de alimentos, donde conviene destacar no sólo la consolidación de muchos grupos del ámbito de la ciencia de alimentos, sino también el esfuerzo realizado por diferentes empresas españolas del sector alimentario, lo que ha incrementado el número de proyectos con participación industrial en esta área hasta niveles superiores a la media comunitaria. En el otro lado de la balanza hay que situar las áreas más integradas e industriales, donde es necesario una mayor estructuración entre el tejido productivo y el transformador, en especial en los proyectos basados en el aumento de escala del laboratorio al nivel preindustrial, donde el potencial español, debido a su falta de adecuación a este tipo de enfoques, ha estado menos representado.

Se puede observar un alto grado de sintonía entre esta área y el programa de calidad de vida y gestión de los recursos vivos del VPM, en cuanto a los enfoques y objetivos en los ámbitos relacionados con la agricultura, pesca, selvicultura y tecnología de alimentos, fundamentalmente en las acciones clave

de “Alimentación, nutrición y salud”, “Control de las enfermedades infecciosas”, y “Agricultura, pesca y selvicultura sostenibles y desarrollo rural integrado”, entre otras.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

El área se estructura en 11 líneas temáticas y una acción estratégica que cubren las prioridades temáticas.

1. Tecnologías genéticas para la mejora de especies agrícolas, forestales, ganaderas, acuícolas y microorganismos de uso agroalimentario

La mejora genética está experimentando una rápida evolución debido a los avances que se producen en el conocimiento a nivel molecular. El aislamiento y caracterización de genes y elementos génicos de importancia agrícola, ganadera, forestal y acuícola, y el desarrollo de nuevas metodologías para el análisis de marcadores moleculares han contribuido a ello. La mejora genética actual tiene que contemplarse desde una óptica integradora que incluya la aplicación de tecnologías y conocimientos básicos, convencionales y biotecnológicos. Por ello, hay que favorecer actuaciones que integren ambos tipos de metodologías, mediante la participación de grupos multidisciplinares.

- 1.1. Identificación y modo de acción de genes o secuencias génicas responsables de caracteres de interés agrario y acuícola, particularmente para resistencia a plagas, enfermedades y a estreses abióticos en los cultivos y especies de aprovechamiento forestal; así como del crecimiento y eficiencia reproductora en acuicultura y ganadería y de la calidad en los productos de origen vegetal o animal.
- 1.2. Desarrollo de metodologías para una más eficiente selección y evaluación genética de los caracteres de interés prioritario previamente mencionados. Desarrollo y aplicación de nuevos tipos de marcadores moleculares para establecer la caracterización y trazabilidad de productos.
- 1.3. Selección asistida con marcadores moleculares. Aplicación de marcadores moleculares a la estimación de la diversidad genética inter-poblacional e intra-poblacional, y a la selección de poblaciones. Desarrollo de mapas de ligamiento mediante el uso de marcadores moleculares.
- 1.4. Desarrollo de germoplasma y material vegetal y animal mejorado precompetitivo, que pueda ser utilizado para su posterior refinamiento, selección y adaptación a condiciones específicas y eventualmente produzcan cultivares y líneas comerciales.
- 1.5. Desarrollo y evaluación de organismos genéticamente modificados para uso agroalimentario e industrial.
- 1.6. Desarrollo de modelos genéticos, estadísticos, programas informáticos y bases de datos para una utilización más eficiente de los nuevos métodos biotecnológicos o para la validación en ámbitos españoles, de

valoraciones genéticas internacionales, de variedades vegetales y reproductores animales.

2. Protección vegetal: prevención de daños causados por agentes bióticos en cultivos agrícolas y en masas forestales

Las plagas, enfermedades y malas hierbas causan pérdidas económicas de enorme magnitud y constituyen una de las limitaciones más importantes de la producción agrícola y forestal. Las implicaciones de la protección vegetal en la producción de alimentos, en la calidad ambiental y en la salud pública, le confieren una importancia socioeconómica aún mayor. Las prioridades temáticas se han orientado a la génesis de las tecnologías necesarias para conseguir una mayor eficacia en el diagnóstico y control de los organismos perjudiciales para los cultivos y masas forestales.

- 2.1. Biología y ecología de plagas, enfermedades y malas hierbas en sistemas agrícolas y forestales. Epidemiología de enfermedades y vectores. Desarrollo de modelos predictivos.
- 2.2. Desarrollo de nuevos métodos rápidos de diagnóstico para la identificación de organismos perjudiciales, de aparición de resistencia y para fines de cuarentena de saneamiento y de certificación.
- 2.3. Bases fisiológicas y moleculares de la interacción entre el agente causante del daño y la planta hospedante. Identificación y evaluación de productos de defensa procedentes de las plantas u otros organismos para el control de plagas y enfermedades.
- 2.4. Desarrollo de métodos para la reducción en el uso de productos fitosanitarios. Selectividad varietal a herbicidas. Evaluación de la resistencia a productos fitosanitarios y de sus efectos secundarios.
- 2.5. Control integrado de plagas, enfermedades y malas hierbas. Desarrollo de métodos biotecnológicos, culturales y físicos. Desarrollo y evaluación de agentes y tecnologías para el control biológico. Sistemas de toma de decisiones en el control integrado.

3. Sanidad y bienestar animal

Las enfermedades animales, además de las repercusiones potenciales para la salud humana, son una de las causas que más inciden sobre la rentabilidad de las explotaciones ganaderas y acuícolas, no sólo por las bajas que originan, sino también porque acortan la vida productiva del animal, disminuyen las producciones y aumentan los costes indirectos (aislamiento de animales, tratamiento y prevención).

- 3.1. Desarrollo de nuevos métodos rápidos de diagnóstico para la detección de patógenos. Desarrollo de métodos no destructivos para el diagnóstico rápido de enfermedades. Epidemiología de las patologías animales.
- 3.2. Desarrollo de nuevas vacunas, especialmente las basadas en marcadores que distingan animales vacunados de los portadores. Desarrollo de nuevos vectores vacunales basados en virus o bacterias. Desarrollo de vacunas de administración oral. Desarrollo de moduladores que incrementen la respuesta inmune.
- 3.3. Nuevas estrategias de tratamiento y prevención de enfermedades. Uso racional de medicamentos. Estudios de compuestos alternativos a los

- que se encuentran en fase de regulación. Desarrollo de pre- y probióticos. Estudio de gametos y embriones como barreras sanitarias.
- 3.4. Estudios fisiológicos, inmunológicos y moleculares de la interacción entre el patógeno y el hospedador para el control de enfermedades. Estudio de los factores de virulencia de los agentes patógenos. Estudios de los mecanismos de defensa del hospedador.
 - 3.5. Desarrollo de sistemas de cría (actuando tanto en la alimentación como en las infraestructuras), de transporte, de espera pre-sacrificio, aturdimiento y sacrificio, compatibles con el bienestar animal y una mayor calidad de sus producciones.

4. Manejo y conservación de los recursos de agua y suelo

La mejora del manejo agronómico del suelo y el agua reduce los costes de producción y potencia la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, debido a la optimización de la aplicación de los insumos y a la reducción en la degradación de los suelos y las aguas. La conservación del medio ambiente requiere desarrollar sistemas productivos que impidan la erosión y garanticen el mantenimiento de la fertilidad del suelo y un óptimo aprovechamiento del agua.

- 4.1. Mantenimiento del suelo. Sistemas de laboreo de conservación. Control de la erosión y de la degradación física, química y biológica de los suelos. Aplicación de enmiendas, incluyendo subproductos agrícolas, urbanos e industriales.
- 4.2. Desarrollo de sistemas de producción silvo-pastorales que favorezcan la implantación, mantenimiento o mejora de la biodiversidad de especies de la cubierta vegetal de suelos no cultivados, preferentemente de los suelos erosionados.
- 4.3. Necesidades hídricas de las plantas. Eficiencia del uso del agua y de su manejo con relación a la calidad. Modelos de crecimiento de los cultivos en relación con el régimen de riego. Desarrollo de criterios para el uso del agua. Desarrollo de tecnologías de los sistemas de riego.
- 4.4. Uso racional de fertilizantes. Estudios sobre la dinámica de fertilizantes. Desarrollo de metodologías y formulaciones químicas para un aprovechamiento más eficiente de los nutrientes. Biofertilización. Fijadores del nitrógeno, movilizadores de nutrientes y reguladores del crecimiento vegetal.

5. Selvicultura, forestación, aprovechamientos y productos forestales

La singularidad de los condicionantes ecológicos del país y la transformación de usos de tierras agrarias confieren especial importancia a la investigación en forestación. La selvicultura y la ordenación proporcionan los principios, métodos y herramientas de la gestión, que garantiza la compatibilidad del uso múltiple y aprovechamiento sostenible con la conservación y mantenimiento de la biodiversidad de los sistemas forestales. El desarrollo y equilibrio del sector forestal requiere una estrecha sintonía y colaboración monte-industria, que exige mejorar tanto los sistemas de aprovechamiento de los montes como el de los productos obtenidos de los mismos.

- 5.1. Composición, estructura, funcionamiento y evolución de los ecosistemas forestales. Planificación y ordenación forestales. Modelos de crecimiento y tratamientos selvícolas.
- 5.2. Efecto del aprovechamiento y uso de las masas boscosas en el control de los recursos hídricos y de los procesos de desertificación. Técnicas de preparación del terreno y plantación.
- 5.3. Aprovechamiento industrial presente y futuro de los productos y residuos forestales. Caracterización tecnológica de la madera, corcho, resina y otros.

6. Optimización de los sistemas de producción en el sector agrícola, forestal, ganadero y acuícola

Los sistemas de producción tienen por objeto la mejora y optimización de las explotaciones agroalimentarias mediante la incorporación de aquellas técnicas que aseguren una producción sostenible con tecnologías no contaminantes y que contribuyan a incrementar y/o aprovechar la diversidad biológica de los sistemas agrícola, ganadero, acuícola y forestal.

- 6.1. Manejo sostenible y optimización del rendimiento de los sistemas agrícolas, ganaderos, acuícolas y forestales. Agricultura de precisión.
- 6.2. Evaluación y mejora del carácter multifuncional de los ecosistemas agro-silvo-pastorales, con especial atención a las dehesas de encinas y a los alcornocales, como contribución al desarrollo rural y a la calidad de vida.
- 6.3. Desarrollo de sistemas de producción en vivero/invernadero/cultivo *in vitro* de especies arbóreas/arbustivas de condición agrícola y forestal. Desarrollo de sistemas de producción de plantas sanas en el contexto de los programas de certificación.
- 6.4. Desarrollo de tecnologías para la producción en sistemas de cultivo sin suelo. Desarrollo de sustratos no contaminantes. Manejo de la fertirrigación, reciclaje y aprovechamiento de los drenajes.
- 6.5. Mejora de las tecnologías de reproducción animal asistida: superovulación y transferencia de embriones, producción de embriones *in vitro* y de animales clónicos, congelación de gametos y embriones.
- 6.6. Mejora de las tecnologías de alimentación de especies ganaderas y acuícolas orientadas a la reducción de costes de producción y a la utilización de nuevas materias primas y subproductos.
- 6.7. Evaluación de nuevos reguladores de crecimiento. Relación de la nutrición con las características de la calidad y la estabilidad de las producciones y con los aspectos nutricionales de los productos.
- 6.8. Diversificación de la producción de las explotaciones agrarias y acuícolas. Valoración de la viabilidad potencial de nuevas especies de interés socioeconómico, incluidas las de uso no alimentario. Sistemas de cultivo en mar abierto.
- 6.9. Desarrollo de tecnologías de la información y las comunicaciones que incorporen los conocimientos experimentados, para su aplicación a los sistemas de gestión técnica de las explotaciones agroalimentarias.

- 6.10. Desarrollo de sistemas de producción integrada. Mejora de los sistemas de producción adaptados a condiciones locales o regionales, basados en la utilización de recursos propios. Desarrollo de mecanismos de trazabilidad de la producción ecológica.

7. Desarrollo y mejora de equipos, procesos y servicios en sistemas de producción agroalimentaria

Se pretende fomentar las actividades de I+D en los aspectos más tecnológicos de la producción agroalimentaria. El sector industrial del área agroalimentaria requiere el apoyo tecnológico necesario, de modo que pueda mantenerse en la línea de los nuevos avances y aumentar su competitividad.

- 7.1. Desarrollo de tecnologías y nuevos equipos para la mecanización de los cultivos, recolección y post-cosecha. Estudios sobre diseños de maquinaria agrícola, ganadera y forestal. Automatismo, robótica y prototipos.
- 7.2. Bases fisiológicas y moleculares para el desarrollo de cultivos y razas animales tolerantes/resistentes a entornos desfavorables. Técnicas de cultivo y resistencia a enfermedades de especies cuyas poblaciones naturales están en peligro, para facilitar la repoblación en sus hábitats naturales.
- 7.3. Mejora de las técnicas de pesca: selectividad de las artes de pesca y de los sistemas de localización de recursos. Desarrollo de nuevos sistemas de manejo y conservación para la valorización de la pesca. Sistemas de recogida, transporte y procesado que reduzcan la pérdida de materias primas.
- 7.4. Ingeniería de procesos y diseño de instalaciones para la industria alimentaria. Desarrollo de prototipos y equipos para la industrialización de productos agroalimentarios.
- 7.5. Modelización, validación, diseño y optimización de procesos de conservación de alimentos, especialmente los métodos combinados, los destinados a obtener alimentos mínimamente procesados y los basados en la aplicación de técnicas físicas emergentes (altas presiones, ionización, pulsos eléctricos de alta intensidad y microondas, entre otras) que posibiliten el consumo de alimentos más nutritivos, más seguros y con mejores cualidades organolépticas.
- 7.6. Desarrollo de nuevos sistemas de envasado. Estudio de las interacciones alimento-envase, con especial referencia a la incorporación al envase de componentes de interacción positiva con el producto, tales como inhibidores microbianos y antioxidantes.
- 7.7. Desarrollo de aplicaciones de los sistemas de análisis de riesgo y control de puntos críticos a las explotaciones agrícolas, ganaderas y acuícolas.

8. Mejora y optimización de los sistemas de producción de alimentos

En nuestro entorno existen factores como el cambio en los hábitos, en los estilos de vida y en los gustos y exigencias del consumidor, así como en los niveles de calidad de vida, que llevan a unas formas de producción de

alimentos y a un tipo de mercados cada vez más dinámicos que deben adaptarse a estos cambios. Ello hace necesario abordar los siguientes temas:

- 8.1. Mejora en los procesos de producción que incidan en la calidad de las materias primas y que posibiliten la obtención de alimentos más saludables y/o funcionales. Diseño de productos intermedios y finales o mejora de los existentes con propiedades funcionales o características nutricionales específicas.
- 8.2. Normalización y mejora de la tecnología de elaboración de alimentos tradicionales, principalmente los obtenidos por fermentación o maduración, manteniendo o mejorando sus características organolépticas y nutricionales.
- 8.3. Mejora biotecnológica de alimentos. Aplicación de la biotecnología al desarrollo de nuevos alimentos, ingredientes y aditivos.
- 8.4. Nutrición y genes: aplicación de la genómica al diseño de alimentos.
- 8.5. Estudio de la química y bioquímica de los alimentos para conocer los mecanismos que permitan dirigir y optimizar la producción hacia alimentos con propiedades específicas y reducir los efectos adversos de los tratamientos sobre dichos alimentos. Aplicación de los enzimas y otros productos para mejorar la estabilidad de los alimentos.

9. Calidad y seguridad alimentaria

Se pretende conseguir alimentos saludables, seguros y de alta calidad, con objeto de satisfacer las necesidades del consumidor y potenciar la competitividad de la industria alimentaria española. Asimismo, es prioritario asegurar la seguridad e integridad del abastecimiento alimentario y comprender el papel de la nutrición en la salud y el bienestar humano.

- 9.1. Monitorización en continuo de procesos, desarrollo de sensores, control automático de la calidad y desarrollo de modelos predictivos de calidad.
- 9.2. Desarrollo de técnicas analíticas, especialmente moleculares, adecuadas a la determinación del origen, trazabilidad y autenticidad de materias primas e ingredientes, así como de microorganismos de interés industrial, incluyendo aquéllos obtenidos a partir de organismos modificados genéticamente. Desarrollo de técnicas que favorezcan los métodos de control de calidad y de seguridad.
- 9.3. Desarrollo de métodos de detección de alergias e intolerancias alimentarias. Evaluación de la seguridad de nuevos productos e ingredientes, con especial referencia a los obtenidos a partir de materias primas o procesos insuficientemente contrastados.
- 9.4. Procesos de elaboración de alimentos que prevengan la contaminación biótica y abiótica. Procedimientos rápidos de control de patógenos, xenobióticos, anabolizantes, biotoxinas y otros eventuales tóxicos. Migración de sustancias a partir de materiales en contacto con alimentos, especialmente durante los procesos de tratamiento y conservación.
- 9.5. Integración de la cadena alimentaria y su trazabilidad. Influencia de la materia prima, los sistemas de procesado, las formas de

comercialización y los hábitos de cocinado y consumo, en la calidad sensorial y nutricional de los alimentos y el bienestar de los consumidores.

- 9.6. Mejora y mantenimiento de la salud por medio de la alimentación. Evaluación de la actividad biológica de componentes de interés funcional. Necesidades nutricionales de grupos de población específicos. Papel de la dieta en la prevención de enfermedades y en el envejecimiento.

10. Prevención de los riesgos y perturbaciones ambientales

Las acciones prioritarias están orientadas a evitar o reducir las perturbaciones ambientales relacionadas con los aspectos productivos que conlleva la actividad agraria y agroindustria, así como los incendios forestales que son, sin duda, la mayor amenaza del patrimonio forestal español.

- 10.1. Desarrollo de sistemas de lucha integrada contra los incendios forestales. Material vegetal de repoblación. Tecnologías sobre quemas controladas. Tecnologías sobre predicción de condiciones de riesgo de incendio. Tecnologías de combate del incendio. Respuesta en la regeneración de la masa forestal al incendio.
- 10.2. Mejora de los sistemas de producción con relación al impacto ambiental mediante la caracterización ecotoxicológica y reducción de los efluentes y residuos de las explotaciones ganaderas y acuícolas. Cuantificación de dicho impacto en la diversidad ecológica. Efecto de la actividad pesquera en el ecosistema marino.
- 10.3. Optimización de los procesos agrarios y agroindustriales destinados a minimizar el impacto ambiental, con especial referencia al ahorro energético, aprovechamiento racional del agua y fertilizantes, y gestión de residuos.
- 10.4. Recuperación y reciclado de los residuos agrarios y agroindustriales, y valorización de componentes específicos.
- 10.5. Evaluación y reducción de los riesgos medioambientales para la salud animal.
- 10.6. Evaluación de los potenciales efectos ambientales de organismos genéticamente modificados. Desarrollo de metodologías que incrementen la seguridad biológica.

11. Fomento de la competitividad del sistema agroalimentario

Las investigaciones en socioeconomía agraria han de proporcionar información y conocimiento sobre los previsibles cambios que se producirán en el sector agroalimentario, facilitando datos fundamentales para la toma de iniciativas y decisiones. Por otro lado, la gran heterogeneidad de las zonas rurales y los múltiples tipos de sistemas agrarios existentes en España, hace necesario, de cara a estrategias futuras de desarrollo, caracterizar y analizar las dinámicas económicas y sociales de cada sistema.

- 11.1. Análisis de los distintos sistemas agrarios y del potencial de otras iniciativas económicas en zonas rurales. Desarrollo de opciones y

estrategias para la utilización integrada de recursos de diferentes zonas rurales.

- 11.2. Desarrollo y mejora de diseminación y divulgación de la información relativa a los recursos y tecnologías relacionadas con el sistema agroalimentario. Mecanismos de adopción de innovaciones en el sistema agroalimentario.
- 11.3. Análisis de impactos de las políticas agraria, pesquera y alimentaria en los ámbitos regional, nacional, europeo e internacional sobre los subsectores implicados. Desarrollo de modelos y herramientas para la descripción básica, previsiones y evaluación de medidas y programas.
- 11.4. Factores de competitividad, costes y rentabilidad de los sistemas agrarios, acuícolas y de la industria agroalimentaria, así como la distribución alimentaria. Análisis y prospectiva de mercado estratégicos y tendencias del consumo.
- 11.5. Desarrollo de métodos de evaluación socio-económica y medioambiental de las externalidades de los sistemas agrarios y de las actividades sinérgicas en el desarrollo rural.

Acción estratégica: Conservación de los recursos genéticos de interés agroalimentario

La importancia que hoy día tiene la conservación, caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos y zoogenéticos, pone de manifiesto la necesidad de instrumentar una acción estratégica encaminada a dar respuesta a los retos en este ámbito. Los recursos genéticos para la agricultura y la alimentación constituyen la base de la seguridad alimentaria y del desarrollo sostenible. Es fundamental, por tanto, su conservación para así evitar la pérdida de diversidad genética de las especies, razas, variedades y ecotipos autóctonos, y garantizar la disponibilidad de los genotipos necesarios para la mejora genética, así como la evaluación de su potencial para ser usado en los procesos de mejora genética de especies vegetales y animales.

Dentro de la acción estratégica pueden diferenciarse tres líneas prioritarias de actuación:

1. Conservación, caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos de interés agrícola y forestal, y de recursos zoogenéticos. Utilización homologada de las tecnologías de reproducción animal asistida en la conservación "ex situ" de la diversidad de poblaciones de animales domésticos.
2. Conservación, caracterización y evaluación de recursos microbianos de interés para la industria agroalimentaria.
3. Aplicación de marcadores moleculares a las técnicas de diseño y gestión de la diversidad genética en programas de conservación de poblaciones. Desarrollo de nuevos procedimientos de conservación de germoplasma, particularmente de especies con semillas recalcitrantes.

Si bien la acción estratégica propuesta pretende ampliar el espectro de actuaciones llevadas a cabo hasta la fecha en el marco del programa de conservación y utilización de recursos fitogenéticos del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, habrá que tener en cuenta el papel que juega el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA (CRF), en la actualidad depositario de un duplicado de las entradas de semillas recolectadas o mantenidas con financiación del mencionado programa. El programa ha tenido dos periodos cuatrienales de vigencia (1993-96 y 1997-2000) y compromete a sus beneficiarios al tratamiento de las colecciones de germoplasma, según las "Normas para Bancos de Genes" y el "Código Internacional de Conducta para Recolección y Transferencia del Germoplasma Vegetal" de la FAO, así como a atender los compromisos internacionales adquiridos por España. El CRF actúa como centro de documentación de los recursos fitogenéticos de la red propiciada por el programa mencionado. Las colecciones de germoplasma son accesibles y mantenidas en uso activo.

Área de Socioeconomía

Área de Socioeconomía

1. INTRODUCCIÓN

En un periodo de cambios profundos marcado por la globalización de la economía, el aumento de las desigualdades, la inestabilidad y la incertidumbre, la sociedad española deberá abordar en el futuro próximo transformaciones importantes para avanzar hacia un desarrollo económico sostenible, aumentar la calidad de vida de sus ciudadanos e impulsar la mejora de su posición competitiva en el mundo.

Las Ciencias Sociales deben considerarse como una herramienta que ayude a reflexionar sobre estos retos, y un instrumento que impulse la capacidad analítica y de comprensión de la naturaleza y el alcance de estos cambios. Además, estos desafíos se manifiestan en un contexto de integración y consolidación de la sociedad europea, que en sí mismo se plantea como un fenómeno apasionante y complejo para ser objeto de estudio.

España, como el resto del mundo, se enfrenta a los efectos de la difusión masiva de las tecnologías de la información, a la presión de la competencia en un escenario global y a una renovación científica y técnica acelerada. Además, estos cambios están contribuyendo al desarrollo de procesos de adaptación, integración y exclusión de distintos colectivos sociales y la aparición de fenómenos como la xenofobia o la marginación.

En este final de siglo, las causas de las transformaciones de la sociedad han sido diversas y todas tienen consecuencias sobre nuestro sistema de ciencia y tecnología. La evolución demográfica nos muestra que ha aumentado la longevidad, al tiempo que se ha modificado la pirámide de edades. La notable incorporación de la mujer al trabajo ha transformado el ámbito de la familia y tiene consecuencias sobre el funcionamiento del mercado de trabajo. Las innovaciones tecnológicas se han multiplicado en todas las esferas y han dado lugar a nuevos conocimientos. Los modos de consumo han evolucionado, así como los estilos de vida. Asimismo, se ha producido una toma de conciencia sobre los problemas medioambientales y el empleo de los recursos naturales. La competencia se extiende en los mercados presionando sobre las empresas para que mejoren la eficiencia y efectividad con las que operan. Los ciudadanos valoran cada vez más el esfuerzo y las aportaciones que realizan a la acción colectiva y exigen una mejora de las múltiples prestaciones que reciben por parte de las administraciones.

En todo el mundo, las tecnologías de la información están propiciando nuevos avances industriales, y están transformando la naturaleza del trabajo y la organización de la producción. Además, las relaciones de producción y las condiciones de empleo y exigencias de formación cambian. Pero estas transformaciones alcanzan también a la sociedad en su conjunto y a la forma de relación entre las instituciones y los ciudadanos.

La mundialización de la economía se traduce en un impulso sin precedentes hacia la libre circulación de capitales, bienes y servicios. Numerosos mercados emergentes están ampliando el horizonte de oportunidades para crecer, invertir e impulsar el desarrollo de las sociedades y se plantean nuevos desafíos que introducen elementos de inseguridad, complejidad y desconfianza sobre el futuro.

Se acelera, también, el desarrollo de conocimientos científicos y disminuye el ciclo de vida de los productos. La industria recurre cada vez más a la ciencia para poner a punto nuevos productos y procesos, y la investigación científica exige trabajar en contextos más interdisciplinarios y amplios. El ciclo de la investigación y la innovación se acelera y ya no puede organizarse de un modo secuencial, sino más bien de un modo iterativo, estableciendo intercambios de información permanente entre los diversos actores sociales.

En España se ha realizado en esta década un gran esfuerzo para mejorar la investigación en ciencias sociales. Se ha reconocido la importancia de movilizar a la comunidad científica de estos campos para disponer de mejores descripciones y explicaciones de los numerosos problemas sociales y económicos que gravitan sobre la sociedad. Además se ha observado que las herramientas de las ciencias sociales siguen siendo importantes para facilitar los procesos de toma de decisiones en las organizaciones públicas y privadas que operan en escenarios de complejidad e incertidumbre notables.

Sin embargo, a pesar de estos avances, un número importante de limitaciones subsisten en la investigación socioeconómica aplicada. Si se establecen pautas que remedien estas debilidades, la calidad de la investigación en estos campos puede mejorarse de manera sustancial. Entre las restricciones que limitan el potencial de generación de auténtico valor de la investigación que se desarrolla en el ámbito socioeconómico pueden destacarse las siguientes:

- a) Tamaño reducido de los grupos de I+D y escaso nivel de interdisciplinariedad. Los grupos son generalmente pequeños y no cuentan con una financiación a largo plazo que ofrezca continuidad a la investigación iniciada. En este contexto, se detectan, además, dificultades de coordinación y colaboración entre grupos que abordan cuestiones similares.
- b) Investigación fragmentada, planteada con una visión a veces localista y que se desarrolla con dificultades para establecer proposiciones y resultados de carácter general, como consecuencia también de que la internacionalización de los grupos de I+D es reducida.
- c) Notable distancia entre el sector científico y los sectores socioeconómicos usuarios de los conocimientos y resultados generados. Se produce, además, una escasa difusión de los resultados obtenidos por los investigadores. Los eslabones e interacciones entre la generación de conocimiento, la investigación aplicada y el conocimiento para la gestión son débiles y no están sólidamente entrelazados.

d) Existen dificultades para acceder a información de calidad sobre fenómenos sociales y económicos. La accesibilidad y transparencia de la información de base recogida por agencias públicas y privadas es muy limitada. Esto genera problemas en un ámbito de investigación en el que la disponibilidad de información de base es la primera herramienta sobre la cual se soporta el conjunto del análisis y trabajo empírico posterior.

Las ciencias sociales se han desarrollado de forma significativa en España en los últimos años, y han contribuido a la mejor comprensión de los problemas de la sociedad española. Ahora se enfrentan al desafío de la europeización de la investigación socioeconómica, debido a la creación de una comunidad investigadora europea integrada, capaz de contribuir a la comprensión de los problemas específicamente españoles, pero a la luz de estructuras conceptuales y categorías analíticas relevantes en toda Europa.

En este contexto, la investigación socioeconómica es relevante como área específica y como una aproximación necesaria a las otras áreas prioritarias incluidas en el Plan Nacional, y ello por un conjunto de razones y argumentos entre los que cabe destacar los siguientes:

- La producción de información y la generación de conocimiento en este campo puede contribuir a mejorar la racionalidad, sustantiva y procedimental, en las decisiones de los diversos actores (individuos, empresas, organizaciones, gobiernos, etc.).
- La mayoría de países de nuestro entorno y la propia Unión Europea han considerado decisiva la contribución de la investigación socioeconómica y la han integrado en sus programas de I+D.
- Debe responderse al desafío que representa la creación de una nueva comunidad investigadora, que será la que identifique e interprete cuáles son los problemas esenciales de la sociedad europea y cuáles las estrategias de acción. España debe contribuir a la definición y comprensión de los problemas y desafíos europeos.
- Debe continuarse el apoyo a la consolidación de una comunidad investigadora en ciencias sociales que genere buenos profesionales, lo cual se podrá llevar a cabo combinando un esfuerzo continuado por el mantenimiento y mejora de la calidad de la investigación y garantizando, al mismo tiempo, la integración de los usuarios del conocimiento socioeconómico en el propio proceso de producción del mismo.

En estos cruciales momentos de transformación estructural, en un marco de globalización creciente, de adopción masiva de nuevas tecnologías y de desarrollo de la sociedad de la información, España necesita una importante aportación de la investigación socioeconómica que facilite los procesos de integración en el nuevo entorno de la UE y de los nuevos escenarios que están apareciendo en el mundo, que estimule los procesos de innovación en los que se apoya la competitividad del sistema económico, que contribuya a una mejor eficiencia de las instituciones y de las administraciones y que establezca la viabilidad de un modelo de desarrollo sostenible, requisito imprescindible de calidad de vida para todos los ciudadanos. En definitiva, los desafíos de nuestro tiempo han elevado el nivel de las expectativas y de las exigencias de

los agentes económicos y sociales en materia de investigación socioeconómica.

2. OBJETIVOS GENERALES

La finalidad básica de la investigación en el área socioeconómica debe ser la de generar, desarrollar y aplicar conocimientos que faciliten la identificación de los cambios y transformaciones que se están produciendo en el ámbito económico y social, y que permita predecir los procesos y situaciones que puedan producirse en un futuro próximo, todo ello con el objetivo de conseguir mayores tasas de crecimiento económico y bienestar social.

La definición de objetivos y de líneas temáticas prioritarias de este campo pretende reforzar y complementar los objetivos de investigación socioeconómica definidos en el V Programa Marco de I+D de la Unión Europea. Así pues, los objetivos que se proponen a continuación (que, en cierta medida, se solapan con algunos de los incluidos en el Programa Marco) pretenden también reforzar las capacidades de investigación españolas, con el objetivo de impulsar a los grupos más competitivos a la participación en el Programa Marco.

Para ello, se deben perseguir dos grandes metas:

- Por el lado de la oferta de investigación socioeconómica, se deben consolidar los logros obtenidos en estos campos de investigación. Es adecuado indicar aquí el avance conseguido en el establecimiento de estándares de calidad en la actividad investigadora. Además, hay que intentar superar las limitaciones y problemas anteriormente enunciados.
- Por el lado de la demanda de investigación socioeconómica, se trata de aportar respuestas a algunas de las preocupaciones actuales de los agentes económicos y sociales españoles en materia de integración, innovación, reforma institucional y administrativa, desarrollo sostenible y bienestar social.

Para avanzar en la consecución de estas metas, los objetivos que se plantean son los siguientes:

1.- Mejorar la calidad de la investigación.

A pesar de los avances logrados en la mejora de la calidad de la investigación socioeconómica desarrollada en la última década, las distancias con la mejor investigación internacional siguen siendo significativas, y sería importante establecer algunas pautas que faciliten el avance y la reducción de la distancia existente. En este contexto, se debería avanzar en las siguientes direcciones:

- a) Potenciar la internacionalización de las actividades de I+D en el ámbito de las ciencias sociales, no solamente en cuanto a la difusión de resultados mediante publicaciones, sino sobre todo en cuanto a la participación en

proyectos de I+D integrados en el marco de programas europeos e internacionales.

b) Impulsar el desarrollo de investigaciones apoyadas en bases de datos extensas y construidas con herramientas, metodologías y protocolos que faciliten la fiabilidad de la investigación y su contrastación.

c) Estimular el desarrollo de investigaciones de carácter comparado, preferiblemente de ámbito europeo. En caso de limitarse al ámbito español, se deberían primar aquellas líneas que capturen la diversidad de los problemas que se discuten, en lugar de estudios de interés puramente local o trabajos que, por su enfoque o naturaleza, tienen pocas posibilidades de generalización de los resultados.

d) Fomentar la investigación interdisciplinar y estimular la incorporación a los equipos de investigación de especialistas en estadística, informática y matemáticas y, en general, de aquellos investigadores que ayuden a complementar la investigación socioeconómica basada en el análisis de casos y la orientación metodológica cualitativa, con trabajos que incorporen la modelización y el análisis estadístico de grandes muestras y bases de datos. Es importante que las investigaciones en estos campos utilicen técnicas de análisis, cuantitativas y cualitativas, rigurosas.

e) Obtener un mejor encaje con las expectativas y demandas de los sectores socioeconómicos beneficiarios de los proyectos desarrollados. La investigación aplicada tiene que prestar especial atención a la identificación de los beneficiarios potenciales de las líneas de investigación. Es importante poner en marcha mecanismos que permitan contrastar resultados y difundir los mismos entre la comunidad de investigadores, pero también se debe hacer un esfuerzo de transferencia de resultados hacia las administraciones públicas, la empresa y otros sectores o agentes socioeconómicos.

2.- Impulsar la generación y desarrollo de conocimientos básicos en los campos de las ciencias sociales y concentrar la investigación socioeconómica aplicada en torno a un número limitado de líneas prioritarias.

El desarrollo de estas áreas estratégicas se apoyaría en determinadas unidades de dinamización con el fin de facilitar la coordinación de los distintos proyectos, la creación de grupos con masa crítica suficiente y la optimización del uso de los recursos disponibles.

Los retos más sobresalientes de este esfuerzo investigador se refieren a los dos aspectos siguientes:

a) Identificar y predecir los cambios y transformaciones económicas y sociales; generar conocimientos sobre dichos cambios; diseñar herramientas para la toma de decisiones públicas y privadas y evaluar los resultados de las decisiones y difundir el conocimiento.

b) La orientación de la investigación ha de procurar una notable rentabilidad social, por lo que su diseño debe propiciar y alcanzar unos resultados que contribuyan a una mayor racionalidad de las políticas públicas, a un diseño organizativo adecuado de las instituciones públicas y privadas, y a una mayor participación ciudadana en la toma de decisiones.

Centros de Competencia

Para poder reducir la brecha existente entre el esfuerzo investigador y los resultados que se alcanzan, se deben mejorar los procedimientos de gestión y desarrollar nuevos esquemas organizativos. Dos ámbitos surgen como especialmente necesitados de impulso organizativo. De un lado, se detectan notables deficiencias en la obtención de información y en la accesibilidad a bases de datos; de otro, puede resultar valiosa la creación de estructuras de gestión vinculadas a las líneas prioritarias, establecidas con la función de dinamizar y estimular la investigación que se genera en esos ámbitos de trabajo.

Por ello, se propone desarrollar dos tipos de actuaciones singulares; en el ámbito de la información, la creación de un Centro Nacional de Datos, y en el ámbito de las distintas líneas prioritarias, el establecimiento, para cada una de ellas, de una Unidad de Dinamización.

a) Centro Nacional de Datos

España es uno de los pocos países europeos que carece de una agencia que almacene, trate y difunda sistemáticamente los datos que se recogen a través de múltiples sistemas de información y que resultan fundamentales para el desarrollo e institucionalización de las ciencias sociales. La inexistencia de una organización de estas características contribuye a agravar los problemas de información de los científicos sociales, a aumentar los inconvenientes derivados de la reiteración de gastos para la generación de datos ya existentes pero no centralizados, así como a dificultar los tratamientos científicos acumulables sobre datos objetivados y de acceso común. En definitiva, esta situación hace más caro y menos rentable el gasto público dedicado a la investigación científica en el campo de las ciencias sociales, a la vez que aumenta los problemas de calidad y de carencias en cuanto a recursos disponibles en las comunidades científicas sociales españolas, que se encuentran en diferentes fases de institucionalización.

Se trata, pues, de dar prioridad al trabajo conceptual y metodológico para la construcción e integración de sistemas de datos e indicadores, como un esfuerzo común de la comunidad de investigación del sector socioeconómico con vistas a establecer una infraestructura común de investigación y un sistema científico de información social que pueda contribuir a la comprensión básica del desarrollo económico y social.

La Unión Europea, en el V Programa Marco de I+D y en sus acciones de promoción de las ciencias sociales, ha señalado con claridad la importancia de

promover la construcción y el desarrollo de auténticas bases de datos de ámbito europeo que permitan el desarrollo de la investigación comparativa.

La *European Science Foundation* (ESF), que recoge a 59 organizaciones científicas de 21 países europeos, ha señalado reiteradamente, a través de su *Standing Committee for the Social Sciences* (SCSS), la necesidad de contar con centros especializados en la recogida, tratamiento y difusión de datos básicos en ciencias sociales.

Asimismo, la extraordinariamente nutrida red de organizaciones ya existentes para obtener información, procesarla y ponerla a disposición de los investigadores, resulta elocuente de los caminos emprendidos por las comunidades de científicos sociales en la mayor parte de los países occidentales. Muchas de estas organizaciones están integradas, para el caso europeo, en el *Committee of European Social Science Data Archives* (CESSDA), organización que mantiene una estrecha colaboración con el *Institute of Comparative Political and Social Research* (ICPSR), localizado en la Universidad de Michigan, en Ann Arbor.

En el ámbito nacional, hay que mencionar la iniciativa del Centro de Investigaciones Sociológicas, que ha puesto en marcha el Archivo de Estudios Sociales (ARCES), un nuevo servicio que ofrece un archivo de datos de encuestas de temas sociales.

Todas estas consideraciones constituyen elementos decisivos sobre la necesidad de un centro español de datos. Las actividades futuras de este centro de datos estarían, pues, orientadas a la consecución de objetivos que resultarán fundamentales al menos para cuatro órdenes de cosas:

1. Para la rentabilización de los proyectos financiados por distintos organismos públicos, puesto que se posibilitaría la centralización, almacenamiento y puesta a disposición de la comunidad de científicos de los datos recogidos en los distintos proyectos.
2. Para el acceso a los datos generados por diferentes organismos de las Administraciones públicas, que hasta el momento suelen quedar desconocidos e infrautilizados tras su aplicación a las políticas públicas pertinentes.
3. Para la centralización progresiva de los datos sociales generados por organismos y empresas privadas, cuyo conocimiento resulta relevante para las comunidades científicas y cuyo acceso se ofrece en condiciones muy desiguales.
4. Para los procesos de transferencia de resultados que se generen entre los distintos sectores sociales y económicos, ya que tendrían así la posibilidad de contar con bases de datos imprescindibles para la realización de sus actividades específicas.

A medio plazo, la presencia de un banco de datos eficaz, en el marco de las ciencias sociales españolas, permitirá una estrecha colaboración con las organizaciones internacionales que agrupan a agencias de bancos de datos sociales en otros países occidentales. Pero, sobre todo, se habrán sentado las bases para la consecución de su objetivo fundamental, que no es otro que impulsar decisivamente la calidad de las ciencias sociales en España.

b) Unidades de Dinamización

Cada unidad actuaría como organismo dinamizador de una de las líneas prioritarias establecidas en el Plan. Estas unidades se podrían estructurar en torno a equipos de investigación, configurados como grupos pluridisciplinares, y con capacidad para coordinar actividades de investigación en su área respectiva. Las tareas básicas a desarrollar consistirían en: racionalizar y difundir información, promover proyectos coordinados (para el Programa Marco, el Plan Nacional, los Planes Regionales, Iberoamérica, etc.), coordinar actividades de formación de investigadores, estimular la relación entre grupos y promover la mejora de la calidad de los investigadores.

En particular, las funciones más destacadas de estas Unidades serían:

- a) Identificar y anticipar aquellos temas o problemas de especial relevancia en su área temática de responsabilidad.
- b) Proponer y, en su caso, desarrollar líneas de trabajo y actuaciones específicas de financiación que estimulen el conocimiento en profundidad de dichos temas o problemas.
- c) Debatir cuestiones relacionadas con las mejores políticas que se pueden diseñar para estimular la superación de las limitaciones, restricciones y problemas a los que se enfrentan los agentes económicos y sociales.
- d) Organizar Foros de discusión y difusión de los mismos a todos los niveles, desde el estrictamente científico al divulgativo.
- e) Identificar grupos de I+D y empresas interesadas en los contenidos de los objetivos científico-técnicos, y promover la colaboración entre ellos.
- f) Asesorar a los organismos públicos y privados que en el marco de esas áreas estratégicas requieren de información o análisis para satisfacer sus fines.
- g) Promover una mayor participación ciudadana en la toma de decisiones.
- h) Difundir interna y externamente los resultados y preparar nuevas líneas de investigación, en contacto permanente con centros de excelencia en el extranjero.
- i) Gestionar acciones horizontales que favorezcan la realización de sus fines.

No se trata de crear una estructura ad hoc, sino más bien de socializar los conocimientos sobre aspectos claves en el ámbito socioeconómico, a través de redes formadas por equipos de investigación. Estas unidades podrían ser virtuales o resultar de la acreditación de instituciones o departamentos ya existentes. El propósito es conseguir una práctica distinta de la actividad investigadora, en un contexto donde la calidad de la investigación sea compatible con la oportunidad y el interés, sin olvidar el aspecto básico de promover una mayor participación ciudadana en la toma de decisiones y en la evaluación de sus impactos.

Las unidades de dinamización tendrían que estar dotadas de los medios necesarios para desarrollar sus funciones sobre la base de un plan de trabajo a medio y largo plazo que facilite la consolidación de grupos estables investigando en las áreas que las prioridades del Plan Nacional consideren estratégicas.

Acciones de Difusión

Se presentan un conjunto de acciones que tienen como finalidad la dinamización e impulso del trabajo de los grupos de investigación en el ámbito de la socioeconomía. Estas acciones se diseñan para mejorar la información, estimular la coordinación, favorecer la consolidación y calidad de los grupos de investigación e impulsar la difusión de los resultados.

1.-Acciones de difusión general.

Se prevé la creación de una página de Internet que incluya información sobre:

- El programa, las convocatorias de ayudas, anuncios de encuestas, conferencias, etc.
- Directorio de grupos de I+D y empresas, de reconocida solvencia, a quienes se podría acudir para la realización de investigaciones sobre temas de interés para distintas instituciones.
- Proyectos de I+D en curso, informes periódicos de los responsables de proyectos, pre-publicación de resultados, etc.

2.-Acciones de difusión específica.

Las unidades de dinamización establecidas para las distintas líneas prioritarias deberán tener un papel relevante en el proceso de difusión de las actuaciones desarrolladas y resultados obtenidos por los grupos. Estas unidades impulsarán encuentros de los investigadores con agentes sociales y económicos en torno a temas en los que confluyan varios proyectos (por ejemplo, encuentros sobre salud con proyectos sobre gestión óptima de hospitales). La celebración de estos foros de discusión, intentando contar con el mayor número posible de agentes implicados, resultaría del mayor interés social. Estas unidades pueden realizar acciones de difusión internacional, facilitando los contactos de los investigadores españoles con sus colegas internacionales.

3. OBJETIVOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS

Además de las líneas prioritarias que se definen con detalle a continuación, conviene considerar el papel relevante de la investigación socioeconómica en las otras áreas científico-tecnológicas y sectoriales en las que se desarrolla el Plan Nacional. En este sentido, se considera necesario y fructífero asociar una perspectiva o dimensión socioeconómica a todas las áreas prioritarias que se van a desarrollar en el Plan Nacional, asegurando la coordinación de la investigación socioeconómica en el conjunto del Plan Nacional.

Esto amplía esencialmente la importancia del componente socioeconómico en las políticas de investigación. Además de su dimensión "vertical", que tiene por objeto incrementar la información y el conocimiento para mejorar la elección y decisión, debe tener otra "horizontal", más amplia, cuya finalidad sea evaluar los proyectos de I+D con criterios de competitividad potencial y aplicabilidad condicional.

Sobre la base, por una parte, del esfuerzo que se ha estado desarrollando en las ciencias sociales en los últimos años en España y, por otra, de las orientaciones y preocupaciones que se han hecho explícitas en el marco comunitario, se proponen las siguientes líneas prioritarias de I+D en el ámbito de la socioeconomía:

1. Integración económica y social

Las líneas preferentes de investigación se centrarán en analizar el fenómeno de la creciente integración económica y social que está teniendo lugar en el mundo, con atención especial a aquellos procesos de integración que afectan más directamente a España: Unión Europea, relaciones de la Unión Europea con Mercosur, con los países mediterráneos, con otros no comunitarios, etc.

La investigación se dirigirá preferentemente a identificar y cuantificar los costes y beneficios económicos de una mayor integración, así como las transformaciones sociales que estos procesos de integración generan. Asimismo, se trata de identificar los obstáculos existentes para alcanzar una mayor cohesión económica y social en la Unión Europea. Parece necesario también discutir sobre políticas y estrategias que faciliten la adaptación a esos desafíos y permitan mejorar la posición competitiva de la economía española. Todo ello aconseja promover la investigación mediante modelos que analicen conjuntamente la economía española (y en particular el sector industrial, más expuesto a la competencia) y la de sus principales socios comerciales.

El resultado de esta investigación debe permitir la disponibilidad, para la comunidad científica y para las Administraciones Públicas, de instrumentos para la evaluación de las distintas alternativas de política económica, social, industrial y de la competencia en el marco de la progresiva integración de los mercados. De esta forma, nuestro país estará en condiciones de tener un papel cada vez más activo en el seno de la Unión Europea, tanto en lo que se refiere

al diseño de políticas orientadas a la consolidación de la misma como a sus relaciones con el exterior.

Los objetivos científico-técnicos incluyen:

- 1.1. La integración económica y financiera en el mundo, los procesos de globalización y sus consecuencias sociales, tales como marginalidad y exclusión social.
- 1.2. La emergencia de instituciones para el gobierno europeo. La integración económica en Europa: La Unión Económica y Monetaria (UEM). La economía española en la UEM.
- 1.3. La cohesión económica y social en la Unión Europea. Tendencias, obstáculos, cambios estructurales y políticas necesarias.
- 1.4. Empleo, desempleo y transformaciones en los mercados de trabajo.
- 1.5. Modelización de las relaciones económicas y el crecimiento en un entorno de creciente integración. Análisis, diseño y evaluación de políticas macroeconómicas y microeconómicas ante la creciente integración económica.

2. Crecimiento y calidad de vida

Las líneas preferentes de investigación se dirigirán a identificar los determinantes del crecimiento económico. En este contexto se abordará el estudio de los efectos económicos de la regulación y desregulación de los mercados de bienes y servicios y de factores de producción. Se estudiará, igualmente, la interacción existente entre el sector industrial y el de servicios, identificando los subsectores con mayor potencial de crecimiento de productividad.

Asimismo, es importante que el análisis considere no sólo las variables tradicionales (PIB per capita, productividad de los factores, etc.), sino también otras que incorporen aspectos, como los medioambientales, redistributivos, etc., vinculados a la calidad de vida de los ciudadanos.

Especial interés tiene el estudio de la influencia de la educación y la formación como factores que facilitan la empleabilidad de los recursos y estimulan las oportunidades de crecimiento.

Además, se consideran de interés preferente las investigaciones que analicen las vías de financiación más propicias para fomentar la creación, acumulación y aplicación de los recursos (tecnología, capital humano, capital social), que configuran la base del crecimiento.

También se prestará atención al estudio de las relaciones entre la especialización productiva, la productividad y el crecimiento.

Los objetivos científico-técnicos incluyen:

- 2.1. Determinantes de la productividad y del crecimiento económico. Medición del desarrollo tecnológico, del capital humano y de su difusión y contribución al crecimiento económico.
- 2.2. La regulación de los mercados de bienes, servicios y factores y su impacto en la eficiencia y el crecimiento. Especialización productiva y crecimiento.
- 2.3. Educación, formación y aprendizaje continuo para la vida laboral: políticas educativas y de formación.
- 2.4. Los recursos tangibles e intangibles como fuente de crecimiento: estrategias y políticas para promover su creación, acumulación y uso eficiente.
- 2.5. Las condiciones para un desarrollo sostenible y las políticas medioambientales.

3. Investigación y desarrollo, cambio organizativo e innovación

En España, como en todas las naciones industriales avanzadas, la innovación (tecnológica u organizativa) es el principal motor de la competitividad empresarial y de la eficiencia administrativa. El estudio profundo de los mecanismos que estimulan el proceso innovador (la I+D, los procesos de difusión del conocimiento, la formación, el cambio organizativo), así como el análisis de los efectos económicos y sociales de las innovaciones (empleo, distribución, comercio, medio ambiente, etc.), integran esta línea prioritaria.

Las líneas preferentes de investigación incluyen la identificación de las fuentes del progreso técnico, así como los factores que influyen en la eficacia del esfuerzo en I+D. Dado que el fin de la investigación es la innovación, también se analizará el proceso de desarrollo y de adopción de innovaciones, y se tratará de estudiar los procedimientos de evaluación ex- ante y ex- post de la I+D y de la innovación.

Los objetivos científico-técnicos incluyen:

- 3.1. Medición y modelización de las actividades de I+D y de innovación. Sistemas de previsión y prospectiva tecnológica.
- 3.2. Gestión y difusión de la tecnología y del conocimiento: estrategias para las políticas de innovación en las empresas y en las Administraciones Públicas.
- 3.3. Comportamiento empresarial: cambios organizativos y tecnológicos y competitividad empresarial.
- 3.4. Capital humano, capital social y productividad total de los factores. Estrategias para las políticas de infraestructuras.
- 3.5. Articulación de las políticas de ciencia, tecnología e innovación con otras políticas públicas. Evaluación económica y social de la investigación y la innovación tecnológica, con especial atención a los aspectos de empleo y medioambiente.

4. Decisiones públicas y eficiencia de la Administración

Las líneas preferentes de investigación se dirigirán, en primer lugar, al análisis de los mecanismos de funcionamiento de las decisiones colectivas, de los principales actores sociales y políticos y de las pautas de participación existentes en los distintos sistemas políticos. Se estudiará de forma preferente la toma de decisiones en los diferentes ámbitos de gestión de lo público (local, regional, nacional y supranacional), la eficiencia de la función pública y, en general, la evaluación de las políticas públicas.

En segundo lugar, se tratará de analizar las políticas dirigidas a asegurar y mejorar el bienestar de los ciudadanos. Esto comporta no sólo el estudio de las políticas de gasto social (incluyendo los gastos fiscales) y sus efectos en la conducta de los beneficiarios así como las medidas dirigidas a mitigar la exclusión social, sino también el análisis de la interacción entre estas políticas.

En particular, son cuestiones destacables los problemas asociados a los límites del Estado del bienestar, tanto desde la óptica del ingreso como del gasto; especialmente relevantes son las cuestiones ligadas a la viabilidad de los sistemas de pensiones, sanidad y desempleo. Por último, se analizará y evaluará el sistema público de apoyo a la ciencia y la tecnología, tratando de identificar las mejoras necesarias para alcanzar sus objetivos.

Los objetivos científico-técnicos incluyen:

- 4.1. Políticas públicas: Proceso de toma de decisiones: definición, participación, puesta en práctica y evaluación. Consideración especial de la toma de decisiones en los distintos niveles de gobierno.
- 4.2. Los límites del Estado del bienestar: Viabilidad, eficiencia, racionalidad y equidad de las políticas sociales. Interacción entre los efectos de las políticas educativas, sanitarias y de pensiones.
- 4.3. Nuevos modelos de gestión y financiación de las prestaciones sociales.
- 4.4. Análisis y evaluación de las políticas públicas de ciencia y tecnología.

Acción Estratégica: Sociedad del Conocimiento

Justificación

Una economía y una sociedad tecnológicamente avanzadas se caracterizan por estar fuertemente basadas en el conocimiento. La creciente importancia de la información y del conocimiento en el crecimiento económico de los países de nuestro entorno ha permitido acuñar dos términos, no exentos de cierta ambigüedad, y que hacen referencia a la "Sociedad de la Información" y "Sociedad del Conocimiento". Hoy tiende a aceptarse que la "Sociedad del Conocimiento" representa un estadio de desarrollo superior, o, dicho de otra manera, que los flujos abundantes de información y la proliferación tecnológica típicos de una sociedad de la información no alimentan sólo servicios de entretenimiento y estructuras económicas rutinarias, sino que son transformados en fuente provechosa de creatividad, innovación, cultura y educación.

La aceptación y reconocimiento de las oportunidades que las nuevas tecnologías de la información representan para el desarrollo tecnológico y económico, el crecimiento de la productividad y la emergencia de nuevos servicios y productos competitivos no puede, sin embargo, ocultar que el cambio técnico puede ser en sí mismo neutral si no tenemos en consideración la forma y contextos en los que los conocimientos científicos y tecnológicos se producen, utilizan y valorizan.

Uno de los mayores retos a los que se enfrenta la construcción de la "Sociedad del Conocimiento" es el desarrollo de las capacidades, destrezas y habilidades intelectuales de sus miembros e instituciones, necesarias para producir, absorber y hacer un uso efectivo de la información. Desde esta perspectiva, las inversiones en capital humano, la valorización del capital intelectual o intangible de las instituciones y la mejora de los sistemas de información no son sino el complemento necesario al desarrollo de las nuevas tecnologías de la información.

Por tanto, cuatro son las ideas básicas que justifican esta acción estratégica. La primera, que la "Sociedad del Conocimiento" es una sociedad en construcción y en plena evolución y donde la producción de información, almacenamiento y transmisión constituyen uno de los pilares de una nueva arquitectura económica y social. En segundo lugar, que la Sociedad del Conocimiento es una sociedad de información activa, capaz de crear y exportar flujos de información, en forma de conocimiento, patentes, productos, métodos, gestión, pensamiento, ciencia, etc. En tercer lugar, que la Sociedad del Conocimiento es una sociedad que "aprende". Y, por último, que las características especiales del conocimiento, como bien público, hacen que la intervención pública sea, en determinados casos, una condición necesaria para incentivar debidamente su creación y difusión.

Hoy, y a pesar de las notables inversiones en capital y desarrollo tecnológico que la sociedad de la información requiere, el desarrollo económico y social no está exclusivamente asociado a la acumulación de capital físico. Por el contrario, en la medida en que el uso de la información y conocimientos científicos y tecnológicos

depende de las habilidades y capacidades individuales y organizativas, es la inversión en intangibles (capital humano e intelectual) la que emerge como el activo complementario de las nuevas tecnologías, y particularmente de las nuevas tecnologías de la información.

Por todo ello, es importante descubrir, analizar e incentivar los mecanismos y experiencias que permiten construir esta sociedad, e igualmente señalar, para sortearlos, los puntos débiles de la sociedad de la información que precisamente llevan al descuido, la rutina y, paradójicamente, al aislamiento del conocimiento y al estancamiento de la capacidad para progresar.

Las razones precedentes sirven para definir el ámbito de esta acción estratégica, que guarda una relación directa con el área científico-tecnológica de Socioeconomía, siendo a su vez complemento necesario de algunas de las aplicaciones a desarrollar en el área sectorial de la Sociedad de la Información. Esta acción estratégica debe tener un carácter fundamentalmente instrumental que dé prioridad a los aspectos aplicados correspondientes a cada uno de los ámbitos de aplicación, sin que ello implique el abandono de líneas de investigación más generales que permitan avanzar en la definición e identificación de los factores que permiten la construcción de la Sociedad del Conocimiento eficaz así como sus efectos más notables, sobre todo en tres ámbitos: la educación y formación, las organizaciones e instituciones y la sociedad en su conjunto.

Particular atención merece el desarrollo de instrumentos de gestión del conocimiento y de la información que faciliten la adaptación de nuestras instituciones económicas, políticas y sociales, incluyendo tanto la mejora de los sistemas de producción como la difusión de información y conocimientos en empresas, administraciones públicas y mercados.

Las especiales características de la Sociedad del Conocimiento y el alcance de sus efectos recomiendan que las actividades a desarrollar en esta acción estratégica tengan un carácter multidisciplinar, garantizando la incorporación de profesionales y expertos en distintos campos.

Ámbitos de actuación

Los ámbitos de actuación de esta acción estratégica son: el sistema educativo, las instituciones, y la sociedad en su conjunto. Para ello, y en cada uno de los tres ámbitos de actuación definidos, los aspectos críticos que han de contemplarse en el desarrollo de esta acción estratégica incluyen:

- (a) Cómo se generan y distribuyen los conocimientos y sus efectos.
- (b) La identificación de los conocimientos colectivos e individuales poseídos, así como sus principales carencias y debilidades.
- (c) La identificación de nuevas formas de organización y prácticas de gestión de la información y conocimiento en las instituciones con objeto de explotar de una forma eficiente el valor de los conocimientos acumulados.
- (d) La construcción y desarrollo de entornos que faciliten y promuevan los procesos de aprendizaje tanto individual como colectivo.

1. El sistema educativo y la generación y distribución de conocimientos

Las necesidades de formación y capacitación y la continua adaptación de las mismas son aspectos esenciales que subyacen al desarrollo de una economía y sociedad basadas en el conocimiento y en el aprendizaje. Por antonomasia, el campo educativo es el ámbito natural de una sociedad de conocimiento. Todos los niveles educativos hasta la educación permanente de adultos se ven afectados por el desarrollo exponencial del acervo de conocimientos y de los sistemas de acceso y difusión de la información.

El sistema educativo es uno de los sistemas sociales más resistentes a los cambios debido, entre otras razones, a que todavía no se han desarrollado formas que mejoren radicalmente los métodos clásicos de enseñanza, a pesar del reciente énfasis doctrinal que pretende desplazar el centro de gravedad de la actividad educativa al aprendizaje del propio alumno.

En materia de educación y formación, tres son los ejes temáticos que vertebran esta acción:

- (a) Fomentar la capacidad para producir, adquirir y adaptar conocimientos científicos y tecnológicos a las necesidades locales, incluyendo el desarrollo y análisis de los diseños institucionales y organizativos más adecuados.
- (b) Invertir en capital humano para incrementar la capacidad de absorción y uso de los conocimientos a través del fomento de la formación permanente y la implementación de programas de *lifelong learning*. El aprendizaje continuo se convierte en uno de los ejes del sistema social, cuyas estructuras no están diseñadas ni poseen los recursos para afrontar este desafío. Sin duda, se requieren nuevos instrumentos y métodos para facilitar el aprendizaje de los ciudadanos en cualquiera de las variadas situaciones vitales en que pueda encontrarse, lo que no solamente afecta al empleo de las tecnologías sino también a la puesta en marcha de estrategias y modelos de enseñanza y tutoría.
- (c) Mejorar los canales de difusión de los conocimientos, lo que obliga a invertir en nuevas tecnologías de la información aplicadas a la educación, el fomento de la enseñanza virtual y la coordinación de programas y planes de formación a escala internacional. Hay que recordar que en pasadas ocasiones, tecnologías que parecían prometedoras, como la enseñanza programada por ordenador o la televisión, no han respondido a las expectativas y han fracasado como agentes transformadores de la enseñanza tradicional. La actual convergencia de tecnologías de la información presenta, sin embargo, unas posibilidades potencialmente únicas para realizar los cambios.

Los objetivos de esta acción estratégica en cuanto a sus ejes educativos pueden definirse en el orden conceptual y en el orden instrumental. El primero pretende fomentar la investigación que mejore nuestra comprensión de las relaciones, efectos y mutua "sintonización" entre tecnología y cambio

educativo, hoy por hoy ocultas por una valoración demasiado emocional de los inconvenientes y ventajas de la tecnología. La susodicha clarificación sólo puede venir de la mano de unas líneas de trabajo verdaderamente multidisciplinares, servidas por pedagogos, tecnólogos (técnicos que reflexionan sobre la tecnología), psicólogos cognitivos, neurocientíficos, gestores, etc.

En lo relativo al orden instrumental se trata de impulsar la puesta en marcha de experiencias y proyectos piloto con los que las técnicas de teleeducación, de simulación, de juegos con ordenador y en general de software educativo, muestren su capacidad real de crear espacios efectivos de aprendizaje.

Las líneas de trabajo integradas dentro de este ámbito de actuación incluyen:

- El estudio de cómo las tecnologías transforman los mecanismos de construcción de la inteligencia humana, pilar esencial de la construcción de conocimiento. En una sociedad de la información, los humanos se ven expuestos, desde niños, al uso de toda clase de máquinas, tales como ordenadores personales, vídeos, televisores, consolas, teléfonos, cadenas de música, internet, webs, simuladores, cd-roms y un largo etcétera. Por sus cerebros pasan enormes cantidades de información, muy frecuentemente en forma pasiva. Se ha estudiado algo el impacto emocional de estas situaciones, pero lo que queda por observar es el impacto sobre la memoria y sobre el resto de las funciones y procesos de la inteligencia, además de sobre la capacidad de esfuerzo personal y que han de tener en cuenta en el diseño de un sistema educativo eficaz y capaz de anticiparse a los retos del futuro.
- El diseño de nuevas estructuras, curriculares y organizativas, destinadas a introducir los cambios necesarios en las estrategias actuales de formación de científicos, ingenieros y técnicos.
- El diseño de incentivos, individuales y colectivos, que permitan sostener el proceso continuado de aprendizaje y la determinación de los mecanismos de intervención y actuación más adecuados.

2. Sistemas de información y gestión de conocimientos en las instituciones

Del mismo modo que en la línea de actuación anterior el énfasis correspondía a la mejora y cambios que es necesario introducir en el sistema educativo para garantizar una producción de conocimientos eficiente y adaptada a las necesidades del entorno socioeconómico, esta segunda línea de actuación tiene como objetivos fomentar la investigación y el desarrollo de medidas instrumentales que permitan perfeccionar los sistemas de información, gestión y difusión de conocimientos en las instituciones. Esto es tanto más importante si se consideran los siguientes aspectos:

- (a) El factor determinante de posicionamiento competitivo de las empresas en la actualidad es su capacidad para innovar y adaptarse a los cambios del

entorno, por lo que el desarrollo de medidas aplicables en este sentido favorecerán el desarrollo de sistemas económicos eficaces.

- (b) La mejora de los servicios sociales y públicos va a estar marcada, en los próximos años, por la capacidad de las instituciones, introducir innovaciones organizativas, procesar información y coordinar flujos de conocimiento.

Uno de los aspectos más importantes en esta línea de actuación concierne al desarrollo de la inteligencia organizativa, con aplicaciones centradas tanto en el mundo empresarial como en las administraciones públicas y otras organizaciones sociales y económicas relevantes. Así, especial atención merece el perfeccionamiento y mejora de los sistemas de información que afectan al funcionamiento de los mercados, los cuales actúan frecuentemente como barreras a la difusión de información, conocimientos e innovaciones, al mismo tiempo que contribuyen a incrementar los costes de transacción.

Los objetivos de esta línea de actuación dentro de la acción estratégica de la Sociedad del Conocimiento tienen un carácter fundamentalmente instrumental y son los siguientes:

- El desarrollo de modelos tendentes a optimizar los flujos de conocimiento con el fin de garantizar la utilización y reutilización del conocimiento existente, su eficacia y puesta en valor social.
- El desarrollo de modelos y políticas que permitan optimizar los conocimientos existentes y futuros y relacionar la acumulación de conocimientos científico-tecnológicos con las demandas sociales y del sistema productivo, evitando duplicidades de esfuerzos y desequilibrios en la oferta y demanda de la base científico-tecnológica del país.
- Análisis de las condiciones y formas en las que las instituciones aprenden con el objetivo de obtener la máxima eficiencia de las oportunidades de aprendizaje.
- Favorecer las acciones horizontales y de cooperación tecnológica y procesos de acumulación en el marco de la Unión Europea y de los propios centros de investigación nacionales.
- Favorecer la utilización de procesos de gestión del conocimiento que, generados en el marco interno de las empresas e instituciones, permitan su patrimonialización e incorporación al activo social.

Las líneas de trabajo identificadas son:

- Determinación de los conocimientos existentes en los distintos colectivos y la determinación de la capacidad competitiva de los mismos en función de su capacidad para crear riqueza y bienestar social. Igualmente ha de incluirse la valoración e identificación de las principales lagunas de conocimientos en función de los objetivos que se persiguen.

- Explotación del conocimiento existente a través de la creación de mecanismos de difusión y acceso al conocimiento existente y que faciliten su incorporación a las tareas operativas.
- Creación de sistemas de búsqueda en las organizaciones que permitan identificar nuevas oportunidades comerciales a partir de la explotación de los conocimientos ya acumulados.
- La incorporación de tecnologías y procesos de innovación organizativa en las Administraciones Públicas que sufren los efectos negativos de la limitada información y falta de coordinación de los conocimientos de los que disponen y que han de servir para optimizar el proceso de toma de decisiones y la prestación eficiente de servicios públicos.
- El desarrollo de nuevos sistemas de información que permitan divulgar información necesaria para mejorar el funcionamiento de los mercados, particularmente financieros, y que ha de contemplar el desarrollo de sistemas de contabilidad, auditoría, mejora de la infraestructura de divulgación de la información y de la infraestructura jurídica.
- El estudio de nuevas formas de organización del trabajo en las organizaciones orientadas a mejorar la eficiencia y eficacia de las mismas.
- Estudio y desarrollo de sistemas de acreditación de conocimientos, formación y educación.
- Análisis de las redes sociales de difusión, conexión e interacción entre los agentes sociales y económicos en materia de investigación e innovación. Nuevos modelos y estrategias en la producción de conocimiento: integración, valorización y regímenes de apropiación.

3. Los efectos de la Sociedad del Conocimiento

Una sociedad del conocimiento no puede basarse exclusivamente en el desarrollo de los aspectos materiales y económicos, sino que, además, ha de tener en consideración los valores y aspectos sociales y culturales que promueven y facilitan el desarrollo individual y colectivo. Por otra parte, la producción y difusión de conocimientos no sólo se traducen en la transformación de la estructura económica de nuestra sociedad, sino que alteran sustancialmente las interacciones entre sus miembros y entre éstos y las instituciones.

La aceptación de que el desarrollo y promoción de las capacidades tecnológicas implica un proceso complejo de cambio y adaptación endógeno supone reconocer que es necesario establecer las condiciones que incentiven y promuevan la transformación y cambio de las instituciones y de la sociedad en su conjunto. Resulta por tanto importante destacar que las políticas y recomendaciones no deberían limitarse a enfocar los aspectos de la integración

económica del cambio técnico, sino todos los aspectos relativos a la integración social de aquél.

Las líneas de actuación incluyen:

- El estudio y desarrollo de programas de inclusión e integración social de los distintos colectivos y comunidades afectadas por el desarrollo de los conocimientos.

- El fomento y mantenimiento del pluralismo y la diversidad cultural de nuestras regiones y de las distintas comunidades establecidas, evitando la consolidación de sistemas de conocimiento y educación duales.