

**AYUNTAMIENTO DE MADRID**  
**AREA DE GOBIERNO DE ECONOMIA Y PARTICIPACIÓN CIUDADANA**

**Identificación y justificación de las mejores orientaciones  
sectoriales para la creación de Espacios Científico-Tecnológicos en  
la Ciudad de Madrid**

**DICTAMEN DEL**  
**PARQUE CIENTÍFICO DE MADRID**

8 de Julio de 2004

## **OBJETIVOS**

El presente DICTAMEN responde a una solicitud de la Dirección General de Innovación y Tecnología del Ayuntamiento de Madrid para la realización de un análisis acerca de las posibles orientaciones sectoriales más adecuadas para configurar una red de espacios empresariales de carácter tecnológico e innovador que se beneficien de la actual oferta de servicios avanzados de investigación y de desarrollo empresarial del Parque Científico de Madrid (PCM).

El objetivo de este análisis es por tanto la identificación de las mejores opciones para ir configurando en la Ciudad posibles agrupamientos sectoriales o clusters de actividad, concentrados en torno a unos espacios económicos específicos o distribuidos por un corredor o área municipal más o menos extensa.

## **REFLEXIONES**

En nuestro tiempo, el bienestar de las sociedades y la capacidad competitiva de sus economías no dependen de los factores materiales, materias primas o situación geoestratégica, vitales en otras épocas. Hoy la mercancía más valiosa es el conocimiento en todas sus formas, desde la ciencia básica o aplicada hasta el que se manifiesta en las formas de organización política, jurídica o productiva de una sociedad. Y, en consecuencia, las actividades con más futuro son las relacionadas con la transmisión y creación de conocimiento, muy especialmente la educación, la ciencia y la investigación.

Por otra parte, resulta muy necesario insistir en la conveniencia de aproximar la actividad investigadora desarrollada en Universidades y Organismos Públicos de Investigación al mundo de las empresas, tanto para estimular la investigación aplicada en estas últimas como para desarrollar comercialmente productos y servicios a partir de ideas nacidas en los establecimientos académicos. Las ventajas para ambos son claras: la investigación pública contribuye a mejorar y a estimular la investigación en las empresas, así como a generar ideas y tecnologías, mientras que las empresas contribuyen, con medios y con el planteamiento de problemas prácticos, a la buena marcha de universidades y Organismos Públicos de Investigación.

A la hora de abordar este encargo que nos ha hecho el Ayuntamiento de Madrid, lo más fácil hubiera sido simplemente indicar, de forma más o menos argumentada, que

sectores de actividad económica podrían resultar más interesantes a la hora de configurar nuevos espacios en la Ciudad. Sin embargo, no podemos dejar pasar esta ocasión sin denunciar ni cuestionar el modelo de desarrollo que Madrid está siguiendo. En otras palabras creemos que en este dictamen debemos transmitir la necesidad urgente de cambiar el modelo de ciudad y para ello un buen primer paso puede ser la adecuada configuración de los espacios científico-técnicos objeto del presente análisis.

Sin entrar en demasiados detalles es evidente que Madrid, como ciudad, sigue un modelo cada vez más orientado hacia la provisión de servicios de todo tipo. Esto puede parecer natural en una ciudad repleta de organismos dependientes de la administración y de sedes de grandes empresas, donde además el auge del turismo y del ocio ha hecho crecer sobre todo los servicios de hostelería y restauración. En definitiva nos encontramos con una ciudad de oficinistas, funcionarios, banqueros y turistas que va camino de convertirse en un gran "parque temático".

Todo esto no parece preocupar a la inmensa mayoría de los madrileños que ve con simpatía y cierta complicidad como su ciudad va creciendo año tras año manteniendo ese modelo de "villa y corte". No obstante, tras esta despreocupación, se esconde un gran desconocimiento sobre la situación real de nuestra ciudad y sus debilidades por lo que parece difícil que sea posible obrar, en el momento actual, un cambio de paradigma que de un vuelco completo a la situación, aunque ese cambio sea absolutamente necesario para que nuestra ciudad no se quede fuera de la carrera del S. XXI y pierda rápidamente su posición. Esperamos que este dictamen, sirva al menos para remover algunas conciencias y provocar un debate serio sobre el futuro de nuestra Ciudad.

Muy posiblemente las grandes batallas económicas que se están librando actualmente no sean entre estados o regiones, sino entre ciudades que compiten por conservar y atraer el principal factor de éxito económico del S. XXI: el CONOCIMIENTO NUEVO y la capacidad de transformarlo en INNOVACIÓN. Las ciudades que están ganando esta batalla saben que el primero reside principalmente en los INVESTIGADORES y el segundo sobre todo en las EMPRESAS, por ello el futuro de cualquier ciudad depende de su capacidad para atraer e integrar a ambos y el de Madrid, desde luego también.

Esta batalla económica no conoce fronteras y es global. Madrid por lo tanto no compite sólo con Barcelona, compite también con París, Munich, Yakarta, Kyoto, Melbourne, Vancouver y otras muchas ciudades que de forma consciente y activa buscan el liderazgo socioeconómico.

El ser una gran ciudad europea, dinámica y muy vital, da a Madrid y al resto de ciudades de Europa una clara ventaja sobre otras, pues si hay algo que define y diferencia a Europa del resto del Mundo esto son nuestras ciudades. En ninguna otra parte existen espacios cívicos tan compactos, integrados y completos como los nuestros. Es más, muchos de los grandes Parques Científico-Tecnológicos que se están construyendo en Estados Unidos o Canadá son realmente ciudades a la europea que intentan evitar la habitual dispersión geográfica y la falta de integración y concentración que sufren los tradicionales campus americanos, tan alejados de las ciudades.

En cualquier caso, esto no es suficiente y si Madrid quiere estar en esta carrera y alcanzar un puesto de cabeza, es necesario que se reinvente a si misma y para ello es necesario que se conozca también a sí misma. Para ello no creemos que sea necesario que en este Dictamen, que estamos redactando para el Ayuntamiento de la Ciudad, detallemos todos los activos e infraestructuras que son de sobra conocidos, pero si que hagamos una mención muy especial a algo que lleva demasiado tiempo olvidado por la Ciudad: sus investigadores.

Parece mentira que tengamos que incidir en esto, pero la ciudad de Madrid cuenta con tres grandes universidades dentro de su término municipal: La Universidad Complutense, la Universidad Autónoma y la Universidad Politécnica y además con un increíble entramado de Institutos de Investigación del CSIC, muchos de ellos de carácter mixto e integrado en los campus universitarios. Realmente muy pocas ciudades del Mundo cuentan con semejante potencia investigadora, desde luego en España ninguna, ni siquiera Barcelona y en Europa apenas algunas. Pero lo cierto es que la Ciudad de Madrid vive de espaldas a sus investigadores y la mayoría de sus ciudadanos, incluidos los políticos, desconoce el enorme potencial que esconden nuestros laboratorios e institutos de investigación. Pero Madrid no cuenta solamente con excelentes infraestructuras cívicas (sanidad, transporte, servicios públicos) sino también con una extensa red de grupos de investigación en sus universidades e institutos que bien aprovechados y con el suficiente apoyo podrían convertirse en los surtidores de los que emanarían las nuevas ideas y los nuevos descubrimientos sobre los que crear nuevas empresas.

En resumen, sería un grave error estratégico pensar que Madrid, dadas sus singularidades socioeconómicas, no puede convertirse en un generador neto de innovación tecnológica y sólo puede alojar actividades empresariales relacionadas con la prestación de servicios, sobre todo si tenemos en cuenta que hoy en día, en la cadena de

valor de cualquier producto innovador, la mayor rentabilidad se encuentra en las primeras fases: investigación, descubrimiento y desarrollo.

Nosotros, desde la perspectiva que nos da el Parque Científico de Madrid, pensamos que nos encontramos en un momento crítico y que nuestra Ciudad tiene que decidir lo que quiere ser en el futuro más inmediato y hay básicamente dos opciones: La primera: quedarnos en ser una ciudad más, como tantas otras en nuestro entorno, orientada a los servicios y al ocio; la segunda: sin renunciar a lo que hemos conseguido, apostar decididamente por ser también un ciudad capaz de competir por el CONOCIMIENTO Y LA INNOVACION y producir por lo tanto TECNOLOGÍA.

Si optamos por la segunda opción, entonces será necesario que decidamos en que tecnologías queremos enfocar nuestro esfuerzo y es por ello por lo que, como ya hemos dicho, un buen primer paso puede ser la adecuada configuración de los espacios científico-técnicos objeto del presente análisis y en definitiva en seleccionar adecuadamente las áreas de conocimiento en las que como ciudad tenemos mas posibilidades de alcanzar una posición de liderazgo mundial.

Dado el carácter del dictamen que se nos ha solicitado hemos creído necesario primero analizar en profundidad todos los datos objetivos disponibles tanto cuantitativos como cualitativos sobre la actividad investigadora para hacer así recomendaciones bien documentadas y no inspiradas por argumentos más o menos retóricos. Para ello hemos utilizado las siguientes fuentes:

- INE - Instituto Nacional de Estadística
- Eurostat
- Informes de la Fundación COTEC
- IAIF - Instituto de Análisis Industrial y Financiero (UCM)
- Web of Knowledge - Thomson Scientific (Science Citation Index Expanded)
- ANEP (Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva)
- FECYT

Después del estudio de estas fuentes hemos realizado un análisis en profundidad que partiendo de los propios conocimientos, experiencias y valoraciones del equipo de trabajo del Parque Científico de Madrid ha concluido en las siguientes recomendaciones y propuestas.

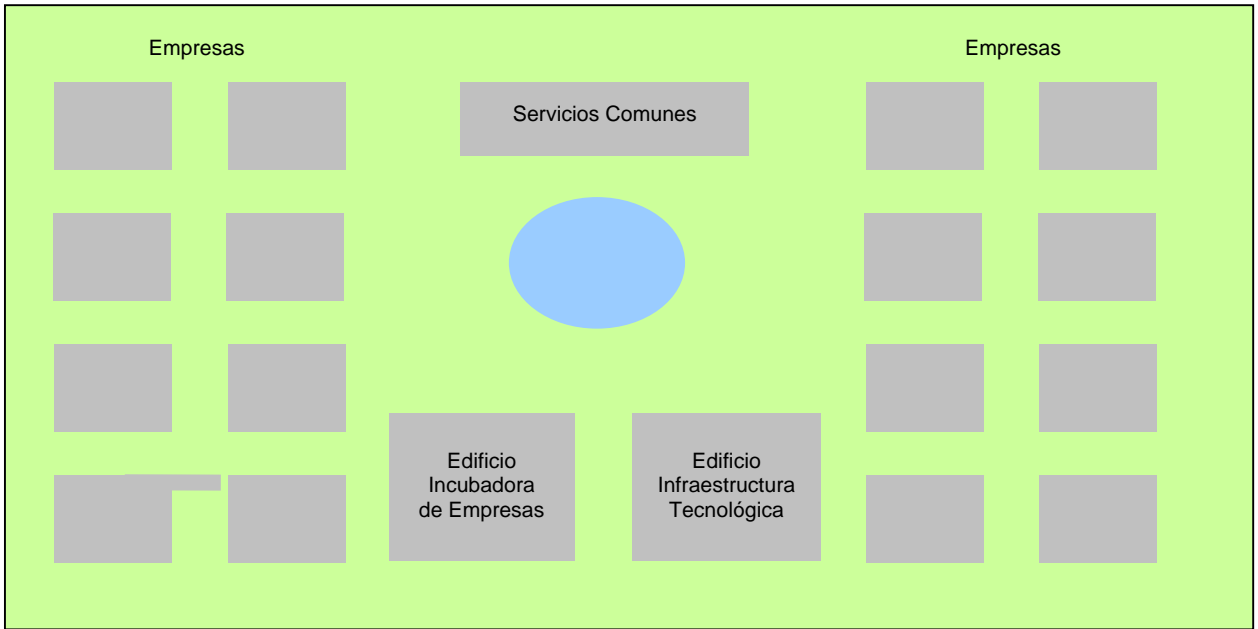
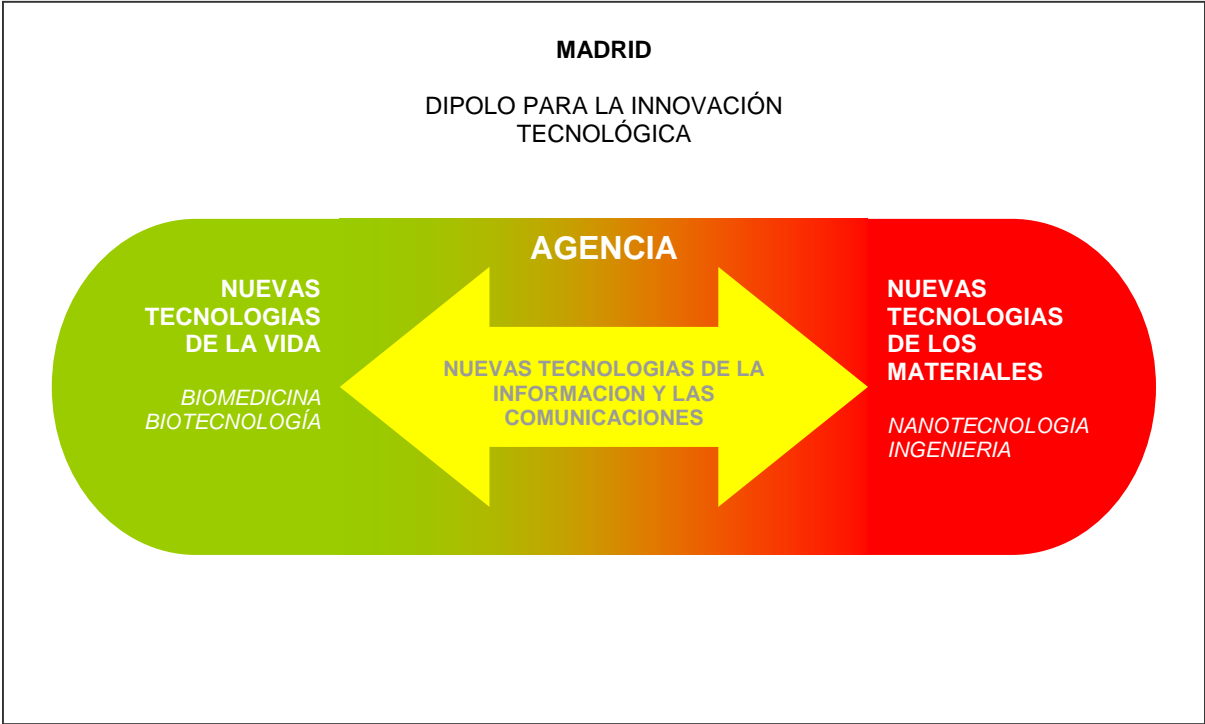
## RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

El Ayuntamiento de Madrid debería crear dentro de su término municipal dos espacios específicos, que llamaremos polos, para el desarrollo de nuevas empresas de base tecnológica: uno dedicado a Nuevas Tecnologías de los **Materiales** (NTM) y otro a Nuevas Tecnologías de la **Vida** (NTV). Cada uno de estos dos polos debería contar con equipamientos e infraestructuras específicas aunque ambos deberían estar fuertemente unidos y entrelazados, incluso algunas infraestructuras serían compartidas, para configurar un potente DIPOLO que actué como motor de innovación.

Para hacer realidad esta idea proponemos al Ayuntamiento de Madrid la creación de una Agencia que coordine el proyecto desde su inicio. En un primer momento esta Agencia se encargaría de la definición detallada del proyecto en todos sus aspectos: urbanísticos, arquitectónicos, estructurales, administrativos y tecnológicos. Una vez ejecutado el proyecto, en una segunda fase la Agencia comercializaría los espacios poniendo especial cuidado en la selección de las empresas que entrarían en cada Polo para asegurar los objetivos globales del proyecto. En una tercera y definitiva fase gestionaría y facilitaría el desarrollo de las empresas, sus interrelaciones, su integración con la Ciudad y sobre todo su éxito.

Esta Agencia podría actuar además como enlace inteligente con los grupos de investigación de las universidades y los institutos de investigación para seguir nutriendo de nuevas empresas y nuevo conocimiento cada cluster. Es decir, sería conveniente que las empresas que se alojen en estos espacios puedan utilizar las plataformas y los servicios de apoyo a la investigación que tienen las universidades de Madrid, los institutos públicos de investigación y el propio Parque Científico de Madrid.

Por otra parte, sería importante dotar a este DIPOLO de las más avanzadas tecnologías informáticas y de telecomunicaciones. Para ello se recomienda que los dos Polos sean zonas con acceso a Internet y redes de intercomunicación inalámbricas de banda ancha. Así mismo sería necesario interconectar los dos Polos para que informáticamente sean uno mismo, esto podría hacerse vía satélite. Además se debería utilizar esta infraestructura para crear una Comunidad Virtual de Conocimiento que aglutine a todas las entidades y empresas que configuren el DIPOLO.



## CONFIGURACION DE LOS CLUSTERS

La configuración que proponemos para los tres clusters es el resultado del estudio de iniciativas similares en otras ciudades, pero es sobre todo el resultado de nuestra propia experiencia como Parque Científico en la creación y desarrollo de nuevas empresas Spin-off. Esta configuración es la siguiente:

- **Zona Empresarial:** Es el área en la que están situadas las empresas ya consolidadas y en pleno desarrollo que configuran el núcleo y razón de ser del cluster tecnológico. Está compuesta de edificios que pueden albergar varias empresas y de edificios singulares que alojan una única empresa.
- **Edificio Incubadora de Empresa:** Es el edificio construido especialmente para albergar en nidos de incubación a las empresas nacientes durante un periodo de tiempo predeterminado. Los nidos de incubación están completamente equipados y adaptados a las necesidades de cada cluster.
- **Edificio Infraestructuras Tecnológicas:** Es el edificio en el que se instalarían las infraestructuras tecnológicas comunes específicas para cada uno de los clusters.
- **Edificio de Servicios Comunes:** En este edificio estarían los servicios comunes de reprografía, imprenta, agencia de viajes, restauración, guardería, gimnasio, etc. En nuestra experiencia estos últimos servicios son muy importantes para las personas que trabajen en cada uno de los clusters y son esenciales para asegurar el éxito de los proyectos.



## **CLUSTER NTM: Nuevas Tecnologías de los Materiales (Nanotecnología e Ingeniería de Materiales)**

Este primer cluster estará dedicado a las Nuevas Tecnologías de los Materiales, es decir aquellas que utilizan la materia inerte: los metales, los semiconductores, las cerámicas, los cristales etc. Son muchas las tecnologías desarrolladas a partir de los materiales, pero realmente muy pocas son nuevas. Durante el último tercio del S. XX se han desarrollado especialmente: la microelectrónica. Sin embargo en los albores de este S. XXI estamos asistiendo a dos verdaderas revoluciones:

En primer lugar la Nanotecnología, que esta ya afectando a todas y cada una de las tecnologías de los materiales. Podemos decir que básicamente hoy en día, la gran mayoría de los investigadores que trabajan con materiales inertes han cruzado la barrera de lo micro y están ya inmersos en lo nano, es decir trabajan con átomos y moléculas. Bien sean expertos en procesos catalíticos o en cerámica y vidrio la mayoría hoy en día estudian las aplicaciones tecnológicas que ofrece el extraño mundo de los átomos.

En segundo lugar y muy ligada a la Primera revolución, podemos hablar de otra avalancha de innovación: la Ingeniería de Materiales, que aunque en España no existe como carrera universitaria, como si lo es en otros países (*Materials Engineering*), es una área de gran expansión y en la que Madrid destaca especialmente por sus aplicaciones en la Ingeniería Mecánica, Industrial, Aeroespacial, etc. De hecho dentro del término municipal de Madrid se encuentran importantes centros de investigación en este campo: El CSIC cuenta con los institutos de Materiales, Cerámica y Vidrio, Catálisis y Petroquímica; La UAM con el Instituto de Física de Materiales Nicolás Cabrera y con el CMAM Centro de Microanálisis de Materiales (Acelerador). Además contamos con el CIEMAT y con toda una constelación de equipos y centros de investigación en materiales en la UPM.

### **Nanotecnología**

Si la Nanociencia es la comprensión fundamental de los fenómenos a la nanoescala, la Nanotecnología es la aplicación práctica que se deriva de esta comprensión. La nanoescala no es solo un paso más hacia la miniaturización, sino un terreno cualitativamente nuevo donde no funcionan las leyes físicas con las que estamos familiarizados sino que está *completamente dominado por la mecánica cuántica*. En efecto, la materia, modificada a la nanoescala, puede tener propiedades

fundamentalmente diferentes de las habituales. Conocemos bien los principios científicos que determinan el comportamiento de átomos y moléculas sencillas, por un lado, así como el modo de describir el comportamiento de la materia a la escala microscópica, por otro. La frontera, aún por explorar es la nanoescala, donde *lo pequeño puede ser esencialmente diferente*, cuando el tamaño del material, al menos en una dimensión, se aproxime a la longitud de onda característica del fenómeno que se trate.

Por otra parte muchas de las tecnologías de los materiales desarrolladas a escala microscópica (ej. emisión de luz por partículas metálicas, ferromagnetismo) tienen longitudes críticas (longitud de onda del plasmón, tamaño de las paredes de dominios magnéticos) en la escala de los nanómetros y serán muy probablemente inadecuadas para describir los fenómenos a la nanoescala.

Los más que probables avances científicos fundamentales en la Nanociencia conducirán a cambios dramáticos en el modo en que se entienden y fabrican materiales, dispositivos y sistemas. Dada la importancia de controlar la materia a la nanoescala en problemas relacionados con el medio ambiente, la salud y casi cualquier industria, hay pocas dudas de que las implicaciones sociales de la Nanotecnología pueden ser muy profundas. De hecho, a menudo se dice que la Nanotecnología está abriendo el camino a la próxima revolución industrial. Hoy la Nanotecnología está todavía en su infancia, pero en un futuro muy cercano se perfilarán incrementos de ordenes de magnitud en la eficiencia de los ordenadores, la posibilidad de restauración de órganos humanos mediante tejidos prediseñados, o de nuevos materiales creados por autoorganización de átomos y moléculas, así como la emergencia de fenómenos físicos y químicos completamente nuevos.

La Nanotecnología se puede definir como el conjunto de tecnologías y saberes dirigidos a diseñar, fabricar, estudiar y caracterizar estructuras funcionales con dimensiones inferiores a unas pocas decenas de nanómetros. Para trabajar en Nanotecnologías es necesario disponer de equipos que permitan el análisis de propiedades químicas, estructurales, mecánicas, eléctricas, ópticas o magnéticas, el estudio de interacción con otras nanoestructuras, su interacción con ondas electromagnéticas, su interacción con medios biológicos, etc. Por ello es necesario que este Cluster disponga de un completo equipamiento para poder trabajar en la nanoescala.

Entre los avances tecnológicos potenciales y las innovaciones que podrían aplicar las nuevas empresas asociadas a este Cluster de Nuevas Tecnologías de los Materiales podemos mencionar:

- El aumento en varios órdenes de magnitud de las capacidades actuales de almacenamiento de datos. A modo de ejemplo, un dispositivo de unos pocos centímetros cuadrados contendría la misma información que la almacenada en cientos de miles de libros.
- Desarrollar ordenadores más rápidos y de una mayor integración, que superarán en miles de veces las prestaciones de los ordenadores actuales. Esto permitirá que la revolución tecnológica basada en las comunicaciones siga profundizando en la sociedad.
- Fabricar materiales y productos de 'abajo a arriba' (*bottom-up*). Esto permitirá desarrollar procedimientos de manufactura que implicarán menos cantidad de materiales de partida, optimizando el consumo, y teniendo menos impacto medioambiental.
- Desarrollar materiales mucho más resistentes y más ligeros que el acero. Esto permitirá desarrollar mejores medios de transporte, más seguros, de menor consumo, lo que también determina un descenso en el consumo de combustibles fósiles. Estos desarrollos permitirían un avance sustancial en la fabricación de futuros vehículos, aeronaves y estaciones espaciales.
- Fabricar sistemas que liberen productos farmacéuticos diseñados mediante técnicas genéticas para detectar y atacar localmente tumores u otras enfermedades en el cuerpo humano. Fabricar sistemas de diagnóstico basados en moléculas complejas diseñadas para fines específicos.
- Crear minúsculos sensores de muy bajo precio, capaces de controlar multitud de parámetros de forma que muchos procesos industriales o de la vida cotidiana se hagan más precisos y seguros (conducción vial, detección de contaminantes, electrodomésticos inteligentes, etc).
- Crear sistemas de extracción de contaminantes tanto del agua como del aire de forma que el medio ambiente sea más limpio y permita un crecimiento sostenido en las

grandes concentraciones urbanas que ya existen o surgirán a lo largo de las próximas décadas.

El potencial de aplicación de las Nuevas Tecnologías de los Materiales a dispositivos y bienes de consumo es inmenso. Ante tal perspectiva se han tomado iniciativas de financiación, educación y organización de la investigación en Nanotecnología extraordinariamente importantes en EE. UU. Japón y Europa. Por ejemplo, la National Science Foundation ha lanzado el plan NNI (National Nanotechnology Initiative) por el cual se destinan casi 1000 millones de dólares para fomentar, en los próximos cuatro años, la investigación multidisciplinar con objetivos a largo plazo. En los estados de California y Texas se destinarán centenares de millones de dólares a la creación de centros tecnológicos y empresariales dedicados a Nanotecnología. Japón cuenta también con un poderoso plan soportado desde los sectores industriales y el gobierno. En países como Corea la iniciativa fundamentalmente tiene base industrial (por ejemplo la empresa Samsung dedica más de 500 personas a desarrollos basados en Nanotecnología en un centro de investigación creado recientemente).

En Europa, de forma más modesta, se han ido estableciendo planes nacionales o europeos donde la Nanotecnología se presenta como un punto clave. En Alemania el Ministerio de Investigación y Tecnología (MBFT) estableció ya en 1998 seis centros nacionales de competencia en Nanotecnología. Centros de Nanotecnología han sido creados en Francia o en el Reino Unido. Algunas ciudades Europeas de hecho han apostado fuertemente por la Nanotecnología como motor de desarrollo económico. La Unión Europea ha lanzado la iniciativa NID (Nanotechnology Information Devices), dentro del plan IST (Information Society Technologies) y con más orientación hacia el desarrollo de la Nanoelectrónica. Es importante destacar que la Comisión Europea ha aprobado recientemente una Red de Excelencia en Nanotecnología (PHANTOMS) que está siendo coordinada desde España por una Fundación alojada en el Parque Científico de Madrid. En el área de materiales de la Unión Europea (GROWTH) ha habido una dedicación similar hacia el impulso de la Nanotecnología aplicada al desarrollo de nuevos procesos industriales.

Estos tímidos pasos van a consolidarse en un serio impulso de la Nanotecnología en el VI Programa Marco de la U.E. que se está fraguando en la actualidad. De hecho unas de las 8 áreas que va a ser impulsada tiene como nombre "*Nanotecnologías, materiales inteligentes y nuevos procesos de producción*" y estará dotada con 1.300 millones de Euros en el periodo 2002-2006 [18]. El auge en Europa de las iniciativas dedicadas a desarrollar y divulgar la Nanociencia han sido muchas, hasta el punto de que

hoy en día existen más de 50 redes nacionales o regionales dedicadas a aunar esfuerzos en este decisivo tema. Además de las iniciativas institucionales, la Nanotecnología está siendo objeto de creciente interés en el mundo no académico, dadas las consecuencias importantes que tendrá sobre la sociedad [19].

La situación de la Nanotecnología en España es contradictoria. Por un lado existen numerosos grupos de investigación cuyo personal está formado en diversas técnicas y metodologías directamente relacionadas con la Nanociencia. Ese grupo de jóvenes investigadores ha “crecido científicamente” en el contexto en el que la misma Nanociencia ha ido surgiendo.

Desde una perspectiva industrial, en amplios sectores empresariales existe un casi completo desconocimiento de las implicaciones que a medio plazo van a tener los desarrollos tecnológicos, desconocimiento que puede ser altamente peligroso para muchas empresas de Madrid que en menos de una década pueden verse literalmente barridas del mapa por su ceguera y por su incapacidad para subirse al tren de esta revolución industrial. En realidad menos de una decena de empresas madrileñas están al tanto de las implicaciones de la Nanotecnología a corto o medio plazo. Sin embargo parece evidente que el tránsito del saber básico a la aplicación industrial es a medio plazo y que hay que ir sentando las bases de ese tránsito desde ahora, empezando por concentrar a las empresas que ya están trabajando en el área y en las nuevas spin-off.

Por otra parte existe un creciente interés por invertir en Nanotecnología entre los empresarios de los sectores afectados por esta revolución que ve como los dispositivos que utilizan o incluso fabrican rozan ya órdenes de magnitud nano. No en vano en los informes publicados por el European Nanotechnology Economic Forum se sitúa a Madrid, como uno de los “centros de oportunidad” para localizar empresas de Nanotecnología.

No obstante, en general las iniciativas existentes en Madrid o en el resto de España para el impulso de la Nanotecnología son escasas y surgen de los propios científicos o son forzadas desde la Unión Europea. Entre los ejemplos de iniciativas a favor de la Nanotecnología citaremos la existencia de la Red Nanociencia, financiada modestamente por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Esta red reúne a jóvenes investigadores y tiene un enfoque de ciencia básica. Existe otra iniciativa, de mayor calado, NanoSpain, que pretende aglutinar esfuerzos de empresas y Organismos Públicos de Investigación para que se formalice un Programa Nacional de Nanotecnología.

Las razones por las cuales uno de los espacios tecnológicos ha de estar dedicado a la Nanotecnología y Diseño Molecular son múltiples:

En Madrid existen ya grupos de calidad internacionalmente reconocida en las Universidades y en los Institutos de Investigación. De hecho, el entorno de la Ciudad de Madrid concentra un porcentaje substancial de los investigadores españoles relacionados con el campo. Por otra parte la investigación en este terreno ha de ser necesariamente multidisciplinar, lo que exige un cambio en la mentalidad de los investigadores de diversos campos y, en particular, un entorno que favorezca su colaboración real con las empresas.

La UE ha situado la Nanotecnología entre las siete áreas prioritarias del próximo (VI) Programa Marco (2002-2006), con lo que esto implica en términos de financiación, formación de redes de excelencia y proyectos integrados. Además La necesidad de competir en el marco europeo exige la agrupación de fuerzas entre nuestras empresas y nuestros grupos de investigación, por lo que se hace necesaria la existencia de un cluster donde localizar las costosas infraestructuras y la formación de equipos multidisciplinares.

Por otra parte los grupos de investigación mas importantes ya se han unido y han propuesto la creación de un Instituto de Nanotecnología en el marco del PCM con el estatus de centro ínter universitario (UAM-UCM), eventualmente mixto (con el CSIC) al que se incorporarían científicos de las distintas instituciones.

### **Ingeniería de Materiales**

Tras realizar un estudio del impacto ponderado relativo de las publicaciones científicas hemos encontrado que Madrid es especialmente innovadora en el campo de la Ingeniería. Es más analizando el impacto internacional de las diferentes áreas de conocimiento la máxima puntuación la alcanza Ingeniería de Materiales con un índice de 1,79.

Al ser esta una actividad horizontal, estas puntuaciones se alcanzan al agregar los resultados que obtienen los equipos de investigación que trabajan desde diferentes disciplinas: Por un lado estarían las Ingenierías principalmente Industriales, Aeronáutica y Química. Por otro las Ciencias Físicas y Químicas. Como hemos dicho anteriormente en Madrid confluyen los más importantes Institutos de Materiales del CSIC, así como las escuelas de ingeniería de la Universidad Politécnica de Madrid, el Departamento de Ingeniería Química de la UAM y la facultad de Químicas de la UCM. Efectivamente Madrid

destaca sobre todo en este área de conocimiento, ahora bien cuando profundizamos en esta categoría encontramos que los grupos de investigación que destacan no son los relacionados con las Nuevas Tecnologías de la Información como podría parecer a priori, sino los relacionados con el diseño, caracterización, estudio y cálculo de Materiales; así por ejemplo Madrid es puntera en Ingeniería de los Materiales de Construcción: aceros, hormigones, vidrios, cerámicas, etc. Aunque también lo es en los materiales utilizados en Ingeniería Mecánica o Aeronáutica.

No obstante, en el caso de la Ingeniería los resultados son aun más reveladores si lo que analizamos son las publicaciones y su equivalente en patentes. En este caso en las bases de datos del ISI encontramos que el número de documentos con impacto relativo mayor a 1.0 en Ciencia de Materiales es de 1624, lo que supone el 79,8 de todo lo publicado en Ingeniería. Pero lo más relevante son las patentes pues las categorías con mayor número de patentes, no solo presentadas pero explotadas en el último periodo con datos (1996-2000) corresponde a Procesamiento de materiales y tecnología de superficies y revestimientos con 102 patentes registradas y Materiales y metalurgia con 78 patentes registradas.

## **CLUSTER NTV: Nuevas Tecnologías de la Vida.**

A todos los efectos se ha considerado que la definición de Biotecnología de la OCDE es la más adecuada para la selección de actividades, inversiones y proyectos que configuran han de configurar este espacio en nuestra Ciudad. Según esta definición la Biotecnología es "La aplicación de la ciencia y la tecnología a organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos con el fin de alterar materiales vivos o inertes para proveer conocimientos, bienes y servicios." La OCDE distingue cinco categorías:

- ADN (la codificación): genómica, farmacogenética, investigación de genes, secuenciación/síntesis/amplificación del ADN e ingeniería genética.
- Proteínas y moléculas (los bloques funcionales): secuenciación/síntesis de proteínas/péptidos, ingeniería de proteínas/lípidos, proteómica, hormonas, y factores de crecimiento, receptores de células/señalización/feromonas.
- Ingeniería y cultivo de células y tejidos: cultivo de células/tejidos, ingeniería de tejidos, hibridación, fusión celular, estimulantes vacunales/inmunes, manipulación de embriones.
- Biotecnología de procesos: biorreactores, fermentación, bioprocesamiento, biooxidación, pulpaje biológico, blanqueo biológico, biodesulfurización, biorremediación y biofiltración.
- Organismos subcelulares: terapia de genes, vectores virales.

El objetivo general de este espacio empresarial debería ser el de acoger y desarrollar nuevas empresas en los campos de la **Biomedicina** y la **Biotecnología Agroalimentaria** para que Madrid-Ciudad de esta forma pueda aprovechar el nivel de vanguardia internacional en este ámbito de la investigación y en campos de creciente impacto social por sus repercusiones en la salud y la calidad de vida de los ciudadanos y por su progresiva influencia en la actividad económica de los países.

### **Biomedicina**

En nuestra opinión Madrid es especialmente potente en Biología Molecular aplicada a la Salud Humana (Biomedicina) y por ello creemos que lo más interesante sería que las empresas que se sitúen en este espacio desarrollen su actividad principalmente en los siguientes campos:



- **Genómica funcional y biología del desarrollo:** La reciente secuenciación de diversos genomas, incluyendo el humano, abre nuevas perspectivas en el estudio de los mecanismos moleculares que controlan el crecimiento, la diferenciación y el desarrollo de organismos, especialmente en los campos de la señalización celular, el control de la expresión génica, la morfogénesis y reparación de tejidos. Madrid cuenta ya con grupos de primera línea internacional en la biología del desarrollo, que constituirían la base para algunas de estas empresas y se podrían reclutar o atraer otras ya existentes en nuestro entorno o incluso alguna multinacional.
- **Neurobiología molecular y enfermedades neurodegenerativas:** Las enfermedades del sistema nervioso constituyen uno de los retos más importantes en la medicina del siglo XXI, implicando el estudio del sistema nervioso desde una óptica molecular con el objetivo último de conocer las bases moleculares que subyacen a estas enfermedades, particularmente las neurodegenerativas (Alzheimer, Parkinson, etc.) de creciente incidencia como consecuencia de la mayor esperanza de vida. Sería muy importante atraer a empresas con actividad en este campo del conocimiento e incluso crear algunas nuevas.
- **Medicina molecular y nuevas dianas terapéuticas:** Los patrones de expresión génica en diversas circunstancias fisiológicas están regulados por complejas redes de activación celular que implican genes cuyas alteraciones son claves en diversas patologías, tales como el cáncer, la inflamación y las enfermedades cardiovasculares. Creemos que es muy importante alojar empresas en este campo que tiene como objetivo el estudio de los mecanismos de activación celular (receptores de membrana, redes de señalización, programas de diferenciación, proliferación y muerte celular, respuesta inmune, etc.) y sus repercusiones fisiopatológicas. Este tipo de empresas tienen un notable potencial actual y futuro de relación con las grandes empresa farmacéutica por su capacidad para identificar nuevas dianas terapéuticas que permitan nuevos y más efectivos tratamientos para estas enfermedades.
- **Virología y Microbiología molecular:** Las infecciones por virus y bacterias para las que todavía no existen tratamientos eficaces tienen una enorme repercusión en las áreas de la salud y la biotecnología. El estudio de las estrategias de replicación y de expresión génica de virus y la búsqueda de nuevos agentes antivirales frente a virus humanos (herpesvirus, influenza, SIDA), así como diversos aspectos de la biología molecular de microorganismos es el campo de actividad de diferentes grupos de investigación de calidad en Madrid que podrían ser la base para la creación de nuevas empresas Spin-off en esta área.

Según los informes que hemos analizado los indicadores de calidad en la investigación nos muestran que Madrid es especialmente competitiva en este campo del conocimiento, no solamente en su aplicación a la Salud Humana sino también y muy especialmente en su aplicación Agroalimentaria. Es precisamente en este campo donde Madrid obtiene el mayor impacto internacional.

En cualquier caso la información disponible sobre las empresas de Biotecnología en Madrid es escasa y se encuentra muy diseminada, quizás la fuente más destacada sea el informe de la patronal ASEBIO, pero realmente no existe una visión precisa de cuáles son las condiciones en las que se encuentra dicho sector en lo que es Madrid-Ciudad, que sin duda jugará un papel clave en la prosperidad futura de las sociedades avanzadas, pero en lo que tanto empresarios como investigadores coinciden es en la necesidad de crear espacios para el desarrollo de nuevas empresas, similares a los que existen en otras Ciudades, es decir con servicios y laboratorios comunes para de esta forma aprovechar el inmenso potencial generador de riqueza que esta incesante generación de nuevo conocimiento puede suponer para Madrid

Hasta la fecha, las iniciativas innovadoras en Biotecnología han tenido que salir adelante de forma solitaria y sin apoyo de las administraciones locales de Madrid, por eso mismo, aunque la mayoría de las empresas no necesitan grandes espacios, ni son contaminantes casi todas se han situado en los polígonos de las ciudades periféricas: Tres Cantos, Colmenar Viejo, Alcobendas, etc. En este sentido sería conveniente aprovechar las infraestructuras del PCM en esta área y que son muy importantes:

La red SCAI en principio es interesante tanto para grandes empresas como para PYMES de base tecnológica, siendo de especial importancia para estas últimas, ya que normalmente no pueden acceder por sí solas a las altas inversiones que supone la adquisición de tales equipamientos y al conocimiento preciso para su puesta en marcha.

Los servicios avanzados que el PCM presta en Biotecnología y Medicina actualmente son:

- Servicio de Genómica: Secuenciadores multicapilares para la secuenciación de DNA y PCR cuantitativa en tiempo real para la genotipificación de SNP y cuantificación de DNA. Microarrays y escáneres para la fabricación y análisis de microarrays de DNA.

- Servicio de Proteómica: Identificación y análisis de proteínas mediante huella peptídica y fragmentación de péptidos. Para ello, cuenta con avanzados espectrómetros de masas (MALDI-TOF, MALDI-TOF/TOF; entre otros), disponiéndose además de otros equipos para la secuenciación de péptidos basados en HPLC-Q-TOF y HPLC-Trampa Iónica.
- Servicio de Bioinformática: Red de sistemas de almacenamiento de datos alta capacidad y HPSC para análisis de resultados de pruebas de Genómica y Proteómica.

### **Bioteología Agroalimentaria**

La Industria agroalimentaria de la comunidad de Madrid cuenta con unas 1700 empresas que emplea a una 24.000 personas, y genera unas ventas netas de unos 3.700 millones de euros. Esto representa aproximadamente el 12 % de la producción industrial de la región y en torno al 6% de la economía global de la Comunidad. Aproximadamente un 40% de las industrias agroalimentarias de la Comunidad de Madrid se encuentran en el Área Metropolitana. La industria agroalimentaria madrileña se encuentra en la actualidad en un proceso de maduración e innovación cuyo propósito es lograr una adaptación a las nuevas demandas de los consumidores.

Por otra parte, el municipio de Madrid supone un centro neurálgico en la distribución de productos alimentarios. No podemos olvidar que Mercamadrid es el segundo mercado de pescado del mundo después de Tokio y el primer mercado europeo de fruta y verdura en fresco. Alrededor de este gran centro de distribución han surgido importantes empresas no sólo dedicadas a la distribución sino también al procesado y conservación de los productos alimentarios. Este hecho hace de Madrid un claro foco de demanda de tecnología aplicada a la agroalimentación, como demuestra el hecho de que determinados centros tecnológicos agroalimentarios de otras regiones como AINIA abran delegaciones en nuestra comunidad.

El sector agroalimentario es un sector maduro que, sin embargo, encuentra en las nuevas tecnologías, y más concretamente en la bioteología, un campo de desarrollo e innovación que le permite evolucionar hacia la obtención de nuevos productos más seguros, de mayor calidad, y que satisfacen los nuevos hábitos de consumo de la sociedad. En definitiva, productos más competitivos, y por consiguiente de alto valor añadido.

En este sentido, la biotecnología está realizando aportaciones a toda la cadena de valor de la industria agroalimentaria: materias primas, elaboración, distribución, comercialización y consumidor. Concretamente los aspectos más destacables de estas aportaciones son:

- **Seguridad y calidad alimentaria:** Las recientes crisis alimentarias (vacas locas, dioxinas, etc) han provocado una creciente preocupación por la seguridad alimentaria y han puesto de manifiesto la necesidad de disponer de sistemas rápidos y fiables de detección de agentes que amenazan la inocuidad de los alimentos. Además de ello han provocado una sensibilización del consumidor desplazando el centro de gravedad de la cadena “de la granja a la mesa” hacia la mesa, de forma que el consumidor demanda cada vez más productos seguros y de calidad. El desarrollo de nuevas técnicas analíticas biotecnológicas está permitiendo dar respuesta a estas demandas con sistemas de detección de enorme sensibilidad y cortos tiempos (biosensores, kits de detección inmunológicos, técnicas moleculares, etc). Estas tecnologías se van implantando además en el control de los procesos productivos, dado que en muchos casos permiten los análisis en tiempo real.
- **Nuevos alimentos:** Los nuevos hábitos de consumo así como la creciente preocupación por una alimentación sana, junto con la necesidad de diversificar el mercado hacia nuevos productos con alto valor añadido, han desembocado en vías de innovación encaminadas a la obtención de nuevos aditivos naturales, alimentos funcionales que ayuden a prevenir enfermedades, prebióticos, probióticos y simbióticos, nutraceuticos que ayuden a tratar la sintomatología de determinadas enfermedades y nuevos alimentos diseñados a la carta. El diseño y la obtención de todos estos nuevos ingredientes y alimentos mediante la biotecnología abre unas posibilidades difícilmente imaginables hace una decena de años.
- **Nuevas enzimas y cultivos iniciadores de fermentaciones:** La biotecnología está permitiendo el desarrollo de nuevas enzimas y “starters” implicados en procesos fermentativos de lácteos y derivados, productos cárnicos y bebidas de fermentación. Estos nuevos desarrollos están permitiendo un mejor control de los procesos fermentativos con un aumento de la calidad del producto final y una mayor duración de la vida útil de los mismos.

- **Nuevas tecnologías de conservación:** El desarrollo de nuevas sustancias naturales que ayudan a aumentar la vida útil de los alimentos (bacteriocinas, y bioconservantes en general) está experimentando un notable empuje como alternativa a las tecnologías térmicas de conservación y a la utilización de agentes químicos, debido a su inocuidad. Por otro lado, se están obteniendo mediante procedimientos biotecnológicos nuevos materiales bioplásticos producidos a partir de microorganismos y plantas genéticamente modificados, con unos rendimientos espectaculares. Estos bioplásticos, no sólo suponen un método de envasado respetuoso con el medio ambiente, sino que además presentan unas características de barrera activa, que permiten una mejor conservación del producto y un aumento de su seguridad. Por último, las nuevas biotecnologías encaminadas al retraso de la maduración de frutas y verduras, a través de la tecnología antisentido está resultando en una revolución considerable dentro de las tecnologías post-cosecha. El resultado es un producto mucho más resistente a la podredumbre por la acción de los microorganismos, y que presenta unos niveles de higiene considerablemente superiores a frutos no transformados.
- **Genómica y Proteómica:** Las herramientas de genómica y proteómica actúan de forma transversal en los cuatro apartados anteriores, permitiendo una mejor comprensión de los mecanismos moleculares implicados en cada uno de los procesos. Por otra parte estas herramientas de genómica y proteómica permiten el desarrollo de nuevas estrategias, basadas en el conocimiento a nivel molecular de los procesos biológicos implicados.

Según el avance del Estudio Estratégico de la Biotecnología en España, elaborado por la Fundación Genoma, el 38,4% de las empresas dedicadas a la Biotecnología en España se encuentran en la región de Madrid, con una inversión privada que supone el 83% del total del país y se cifra en unos 129 M €. De ellas aproximadamente el 37% se dedican a la biotecnología Agroalimentaria. Es indudable que existe un enorme potencial en estas empresas no sólo para satisfacer las necesidades de la propia región, sino como exportadores de tecnología a otras regiones y países de la UE.

Es de prever que la desaparición de la moratoria impuesta por los países de la UE respecto de los OGMs en agroalimentación, así como las nuevas reglamentaciones sobre etiquetado y trazabilidad de transgénicos y de nuevos alimentos, sirvan como impulsores de este sector e incentiven el interés de la inversión privada. Por otra parte, las cada vez mayores exigencias impuestas por la UE en cuanto al aumento de los controles de seguridad alimentaria y la mejora de las técnicas analíticas encaminadas a la

trazabilidad, están generando un creciente interés de las empresas de biotecnología de diagnóstico por el sector agroalimentario, de suerte que se van abriendo nuevas divisiones de agroalimentación. En este sentido, tanto los centros públicos de investigación como las empresas de biotecnología de la región dedican parte de su actividad al sector agrícola y ganadero, de escaso interés en nuestra comunidad, pero con una fuerte demanda en otras regiones. Este es el caso del desarrollo de nuevas variedades, la detección y control de plagas y enfermedades, la utilización de plantas como biofactorías o el diseño de vacunas para ganadería y acuicultura.

La región de Madrid, y más concretamente el municipio de Madrid, cuenta, por razones históricas, con un enorme potencial científico e investigador en biotecnología agroalimentaria, como demuestra el hecho de que Madrid es la comunidad que, con diferencia, recibe más fondos para I+D en biotecnología del país (36%), de los cuales aproximadamente el 25% corresponde a Agroalimentación. Son diversos los centros públicos de investigación que centran su actividad en este ámbito, algunos de ellos considerados como centros de excelencia y/o de referencia. A continuación se enumera alguno de los más relevantes, detallando sus campos de investigación en biotecnología agroalimentaria:

- El Instituto de catálisis y petroquímica del CSIC centra su actividad en el desarrollo de nanopartículas magnéticas para biosensores, la preparación de aditivos alimentarios y la síntesis de oligosacáridos prebióticos
- El instituto de fermentaciones industriales del CSIC se encuentra trabajando en el aislamiento de péptidos antihipertensivos, antioxidantes y antimicrobianos en productos lácteos, en el desarrollo de cultivos iniciadores para la industria alimentaria, y en estudios de bacterias y levaduras para aumentar la vida útil de bebidas fermentadas.
- El centro nacional de Biotecnología del CSIC mantiene líneas de investigación en diagnóstico y detección de agentes que amenazan la seguridad y calidad alimentaria, en cultivos iniciadores de fermentaciones, en bioconservantes y envases activos; y en aditivos, ingredientes funcionales y nuevos alimentos. Para aplicaciones al sector primario se centra en biocidas y control de plagas, nuevas variedades, diagnóstico y detección de plagas.
- El INIA trabaja en desarrollo de bacteriocinas, métodos moleculares de detección de patógenos, técnicas analíticas biotecnológicas, bacterias lácticas probióticas,

nuevos iniciadores de fermentaciones, genómica y proteómica agroalimentarias y plantas como biofactorías.

- El Instituto del Frío del CSIC trabaja en cultivos iniciadores y probióticos, fabricación de biofilms, alimentos funcionales, biosensores para calidad de pescado, bacteriocinas.
- EL Parque científico de Madrid cuenta con plataformas ágiles de Genómica y Proteómica agroalimentaria así como con el Círculo de Innovación en Agroalimentación que presta servicios de vigilancia tecnológica y asesoría.

Además de estos centros, diversos departamentos de las Universidades Complutense, Autónoma y Politécnica mantienen grupos de investigación enormemente competitivos en todos los campos de la biotecnología agroalimentaria.

Una de las debilidades del sector de la biotecnología agroalimentaria es su excesiva atomización y fragmentación, así como la falta de canales ágiles de transferencia de tecnología y servicios entre las propias empresas del sector agroalimentario, y entre éstas y los organismos públicos de investigación. La creación de un cluster en biotecnología agroalimentaria en Madrid no sólo vendría a paliar esta situación, sino que además permitiría optimizar el aprovechamiento de los recursos científicos y tecnológicos para satisfacer las propias demandas de la Comunidad y exportar tecnología a otras regiones y países (especialmente los países de la ampliación europea).

A parte de estos servicios el Parque Científico de Madrid cuenta ya con un importante Centro de Sanidad Animal en el Campus de Moncloa

Este Centro se ha creado utilizando recursos ya existentes en la Facultad de Veterinaria de la UCM y ampliándolos con nuevas infraestructuras . En la actualidad esta ya en parte funcionando y presta servicios a investigadores y empresas del sector sobre todo en el campo de la Biotecnología.

Podría parecer, en un entorno predominantemente de servicios como es Madrid, que la investigación en Sanidad y Producción Animal y la Higiene Alimentaria debería ocupar un lugar secundario. No obstante, cuando se analiza el asunto desde una perspectiva más amplia se observa inmediatamente su relación con la Salud Pública. Así, las zoonosis (enfermedades que son comunes al hombre y a los animales) representan un importante problema sanitario cuyo control se encuentra todavía muy lejos de ser

alcanzado, a pesar de los enormes avances en todos los ámbitos científicos y tecnológicos relacionados con la salud, y más considerando que nos encontramos en un entorno donde priman las razones sociales y de seguridad sobre las meramente económicas. Es por ello por lo que en nuestro dictamen consideramos que en uno de los cluster tecnológicos del Ayuntamiento deberían unirse las empresas de Biotecnología y de Biomedicina independientemente de su aplicación final. A fin de cuentas y como ejemplo la Genomita de Plantas, la Genómica Animal o la Humana utilizan los mismos principios científicos y los mismos equipamientos e infraestructuras y desde luego comparten muchos problemas y no deparan muchas esperanzas.

Por otra parte, la Organización Mundial de la Salud, a través de su Comisión Especial de salud y Medio Ambiente, ha señalado que “la salud y el medio ambiente son temas relacionados que es necesario considerar en el contexto del desarrollo en general, con participación activa del personal de numerosos programas y de representantes de muchas disciplinas”. La influencia de los factores ambientales sobre la salud humana y animal es un hecho, como lo es que los modelos de crecimiento adoptados en nuestra sociedad inducen alteraciones serias y permanentes del medio, siendo sus consecuencias sobre la salud, en un sentido amplio, graves y, en ocasiones, irreversibles. Es preciso, por lo tanto, asumir que los cambios producidos en los ecosistemas facilitan la aparición de nuevas enfermedades o la reaparición de otras ya conocidas.

En el ámbito específico de Madrid-Ciudad, conviene recordar su importante papel histórico como centro de referencia para la innovación, la investigación y el desarrollo científico en la Biología y la Veterinaria, papel que sigue jugando y debe seguir haciéndolo en el futuro. Por todo lo expuesto, parece razonable afrontar, dentro de nuestra Ciudad, la coordinación y la potenciación de esfuerzos en investigación y desarrollo empresarial en el área de las Biociencias.

## **CONCLUSION**

De acuerdo con el presente DICTAMEN, que responde a una solicitud de la Dirección General de Innovación y Tecnología del Ayuntamiento de Madrid, lo más adecuado sería crear DOS espacios o POLOS. Uno orientado hacia la Ciencia y Tecnología de la Vida y otro orientado hacia la Ciencia y Tecnología de los Materiales. Ambos espacios deberían internamente y entre sí estar estrechamente comunicados aprovechando las Nuevas Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (TIC).