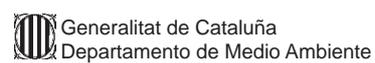
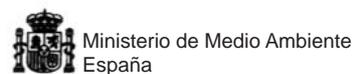


Aplicaciones de la **Biología** en la industria

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)
Plan de Acción para el Mediterráneo



Nota: Esta publicación puede ser reproducida total o parcialmente, con fines educativos y no lucrativos sin permiso específico del Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), siempre y cuando se mencione el origen de la información. El CAR/PL agradecería recibir una copia de cualquier publicación donde este material sea usado como fuente. No está permitido el uso de esta información con fines comerciales o de venta sin permiso escrito del CAR/PL.

Las denominaciones utilizadas en esta publicación y la presentación de material en la misma no implican la expresión de ninguna opinión por parte del CAR/PL en relación con el estatus legal de ningún país, territorio o área, o de sus autoridades, ni respecto a sus fronteras y límites.

Si considera que algún punto del estudio puede mejorarse o existe alguna imprecisión, le agradeceríamos nos lo comunicase.

Estudio terminado en diciembre de 2002

Estudio publicado en octubre de 2003

Si desea solicitar copias adicionales o para cualquier información complementaria, póngase en contacto con:

Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL)

C/ París, 184 – 3ª planta

E-08036 Barcelona (España)

Tel. +34 93 415 11 12 - Fax +34 93 237 02 86

E-mail: cleanpro@cema-sa.org

Internet: <http://www.cema-sa.org>

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	9
1. BIOTECNOLOGÍA	11
1.1. ¿Qué es la biotecnología?	11
1.2. Antecedentes	16
1.2.1. <i>Los inicios de la biotecnología</i>	16
1.2.2. <i>La biotecnología moderna</i>	17
1.2.3. <i>La última generación de la biotecnología</i>	18
1.3. Principales áreas biotecnológicas	19
1.3.1. <i>ADN recombinante e ingeniería genética</i>	19
1.3.2. <i>Plantas y cultivo de tejidos vegetales</i>	20
1.3.3. <i>Cultivo de células de mamífero</i>	20
1.3.4. <i>Biocatalizadores</i>	20
1.3.5. <i>Biorremediación</i>	21
1.3.6. <i>Fermentación</i>	21
1.3.7. <i>Combustibles y productos orgánicos como alternativa al petróleo</i>	21
1.3.8. <i>Ingeniería de procesos biotecnológicos</i>	22
1.4. <i>Ámbito industrial y geográfico del estudio</i>	22
2. APLICACIONES EN EL SECTOR INDUSTRIAL	25
2.1. <i>Biocatálisis: Aplicación de las enzimas en el sector industrial</i>	26
2.2. <i>El mercado de las enzimas</i>	27
2.3. <i>Enzimas para un desarrollo sostenible</i>	27
2.3.1. <i>Procesos del almidón</i>	27
2.3.2. <i>Detergentes</i>	28
2.3.3. <i>Detergentes para lavaplatos</i>	28
2.3.4. <i>Tensioactivos</i>	29
2.3.5. <i>Desencolado textil</i>	29
2.3.6. <i>Cuero</i>	29
2.3.7. <i>Industria papelera</i>	30
2.3.8. <i>Productos horneados</i>	30
2.3.9. <i>Biocatálisis</i>	31
2.4. <i>La biorremediación</i>	31
2.5. <i>Producción de biogás y alcohol</i>	31
3. CASOS PRÁCTICOS	33
3.1. <i>Caso práctico 1: Biorremediación</i>	33
3.2. <i>Caso práctico 2: Limpieza</i>	34
3.3. <i>Caso práctico 3: Reducción de COV</i>	35
3.4. <i>Caso práctico 4: Limpieza</i>	36
3.5. <i>Caso práctico 5: Aguas residuales</i>	37
3.6. <i>Caso práctico 6: Biopulpeado</i>	38
3.7. <i>Caso práctico 7: Vegetales transgénicos</i>	39

3.8. Caso práctico 8: Cultivo de tejidos para la producción de metabolitos secundarios .	41
3.9. Caso práctico 9: Diseño de un cultivo iniciador para fermentación de vinos específicos de la región	43
3.10. Caso práctico 10: Desarrollo y aplicación de métodos innovadores para el control de la contaminación en productos alimentarios y agrícolas	45
3.11. Caso práctico 11: Calidad de la harina	47
3.12. Caso práctico 12: Compuestos bioactivos a partir de residuos de frutas, verduras y productos agrarios: Producción <i>in vitro</i> de flavonoides y antocianinas	48
3.13. Caso práctico 13: Valorización del suero de leche	49
4. RECURSOS EXISTENTES EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA	51
4.1. Introducción	51
4.2. Biotecnología en España.....	51
4.2.1. <i>Distribución del mercado biotecnológico español</i>	52
4.2.2. <i>Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)</i>	53
4.2.3. <i>Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT)</i>	60
4.2.4. <i>Centro Nacional de Biotecnología (CNB)</i>	60
4.2.5. <i>Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)</i>	61
4.2.6. <i>Desarrollo de la biotecnología desde el Gobierno español</i>	62
4.2.7. <i>Interacción entre el Gobierno central y los autonómicos para impulsar la biotecnología</i>	67
4.2.8. <i>Mejora del marco normativo para la promoción de la innovación en España</i>	67
4.3. Biotecnología en Francia	68
4.3.1. <i>Estado de la empresa biotecnológica francesa</i>	69
4.3.2. <i>Sectores de la industria biotecnológica francesa</i>	70
4.3.3. <i>Razones del desarrollo biotecnológico en Francia</i>	72
4.3.4. <i>Legislación que favorece la innovación</i>	74
4.3.5. <i>La financiación de las biotecnologías</i>	75
4.3.6. <i>Direcciones de contacto</i>	78
4.4. Biotecnología en Italia	79
4.4.1. <i>Análisis del mercado biotecnológico</i>	79
4.4.2. <i>Empresas e investigación</i>	80
4.4.3. <i>Las empresas biotecnológicas en Italia</i>	80
4.4.4. <i>El Instituto Italiano de Comercio Extranjero (ICE)</i>	82
4.4.5. <i>Algunos centros en el campo de la biotecnología</i>	83
4.5. Biotecnología en Turquía	85
4.5.1. <i>TÜBITAK</i>	85
4.5.2. <i>Universidad de Bogazici (Estambul)</i>	88
4.5.3. <i>Bioglobal Agricultural Production and Consultancy</i>	92
4.5.4. <i>Universidad Técnica de Estambul (ITU)</i>	93
4.5.5. <i>Universidad del Egeo (Izmir)</i>	95
4.5.6. <i>Universidad Técnica de Oriente Medio (Ankara)</i>	98
4.6. Biotecnología en Israel	99
4.6.1. <i>Desarrollo de investigación estratégica</i>	100
4.6.2. <i>Comité Nacional de Israel para la Dirección Biotecnológica</i>	103
4.6.3. <i>Centros Nacionales para la Biotecnología</i>	103
4.6.4. <i>Empresas biotecnológicas</i>	104
4.6.5. <i>Centros académicos de I+D y de investigación</i>	105
4.7. Biotecnología en Grecia	105

4.7.1. <i>Fundación Nacional Helénica de Investigación (NHRF)</i>	105
4.7.2. <i>Instituto de Investigación Biológica y Biotecnología (IBRB)</i>	106
4.7.3. <i>Instituto de Biología Molecular y Biotecnología (IMBB)</i>	110
4.7.4. <i>MINOTECH biotechnology</i>	112
4.7.5. <i>Instituto de Agronomía Mediterránea de Chania (MAICh)</i>	113
4.8. <i>Biotecnología en Egipto</i>	115
4.8.1. <i>Mercado: Desafíos y oportunidades</i>	115
4.8.2. <i>Objetivos estratégicos del sector agrícola</i>	116
4.8.3. <i>Oportunidades para desplegar enfoques biotecnológicos modernos</i>	116
4.8.4. <i>Pioneer Hi Bred/AGERI: Una colaboración entre los sectores público y privado</i>	117
4.8.5. <i>BIOGRO/AGERI: Una asociación comercial</i>	118
4.8.6. <i>Papel de los centros CGIAR</i>	118
4.8.7. <i>Otros centros</i>	119
4.9. <i>Biotecnología en Croacia</i>	119
4.9.1. <i>Programa Croata para la Innovación y la Tecnología</i>	119
4.9.2. <i>Centro de Innovación y Negocios de Croacia (BICRO)</i>	120
4.9.3. <i>Instrumentos políticos para la innovación y la tecnología</i>	121
4.9.4. <i>Fundación Biotécnica (Facultad de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Zagreb)</i>	122
5. LA INNOVACIÓN DE FUTURO: LOS CENTROS DE RECURSOS BIOLÓGICOS	125
5.1. <i>Importancia de los recursos biológicos</i>	125
5.2. <i>Centros de Recursos Biológicos</i>	126
5.3. <i>El Comité Consultivo</i>	126
5.4. <i>Contexto internacional</i>	127
BIBLIOGRAFÍA	129

INTRODUCCIÓN

El Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) del Plan de Acción para el Mediterráneo (PAM) ha llevado a cabo el presente estudio sobre las aplicaciones de la biotecnología en la industria de los países del PAM con el fin de definir los conceptos básicos en biotecnología, mostrar la situación y el grado de avance de estas técnicas en diferentes países de la región mediterránea, así como presentar algunos ejemplos de aplicación a escala industrial.

Este estudio se ha basado, principalmente, en la búsqueda bibliográfica a través de bases de datos obtenidas por Internet y en bibliotecas universitarias y en la información de las bases de datos obtenidas a través de las sociedades de biotecnología europeas. Asimismo, también se ha utilizado la experiencia que el grupo de trabajo de la Universidad Politécnica de Cataluña tiene gracias a sus investigaciones sobre producción más limpia aplicada a la industria, farmacología y biología molecular.

La información que se presenta de los diferentes países ha sido elaborada por el equipo de expertos de la Universidad Politécnica de Cataluña que ha llevado a cabo el estudio y, además, ha sido contrastada y complementada con la información facilitada por los puntos focales nacionales de los respectivos países¹.

La biotecnología es una ciencia multidisciplinar que abarca diferentes técnicas y procesos, y quizá en la actualidad es, juntamente con las ciencias de la información, la tecnología emergente más puntera y con más futuro. Además, esta situación se ha acelerado por los grandes avances que en los últimos años ha tenido la biología molecular, que ha abierto la puerta a la obtención de nuevos organismos y a proteínas de diseño.

Ante la creciente contaminación del planeta, la biotecnología se considera una solución en muchos ámbitos de la prevención de contaminación, el tratamiento de residuos y las nuevas tecnologías menos contaminantes.

En cuanto al contenido del estudio, éste se estructura alrededor de cinco capítulos principales:

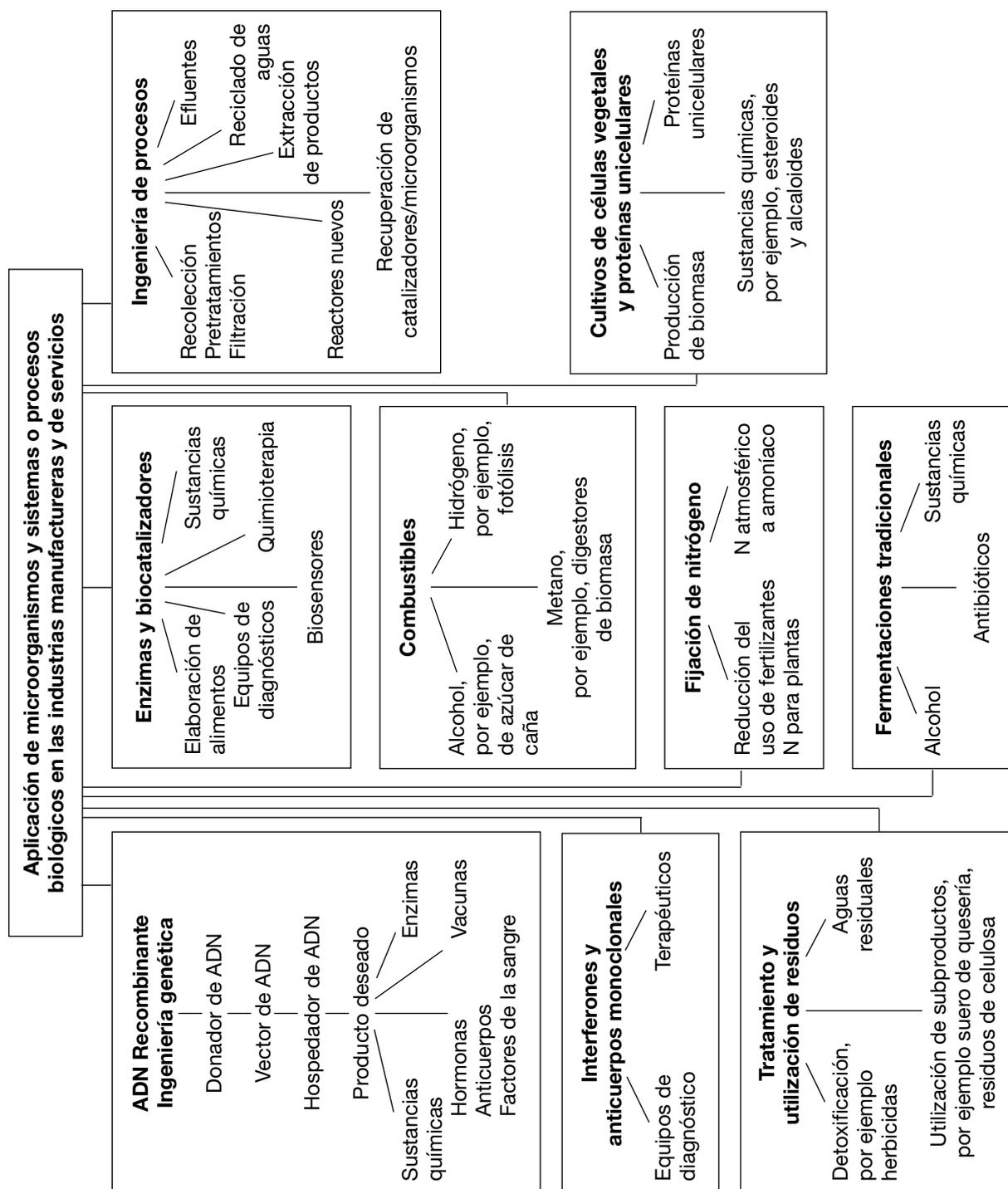
1. El primer capítulo presenta el concepto de biotecnología: cuál ha sido su evolución y desarrollo, las principales áreas tecnológicas así como el ámbito industrial y geográfico de la aplicación de estas técnicas.
2. El segundo capítulo muestra algunas de las principales aplicaciones en el sector industrial.
3. El tercer capítulo presenta diferentes casos prácticos ya utilizados a escala industrial en sectores y procesos como la elaboración del vino, el tratamiento de aguas residuales, la industria alimentaria, etc.
4. El capítulo cuarto describe la situación y aplicación de la biotecnología en diferentes países de la cuenca mediterránea, centrándose especialmente en las instituciones que están investigando y aplicando estas técnicas y en cómo se fomentan.
5. Por último, el capítulo quinto plantea cuál es la tendencia y el posible desarrollo futuro de la biotecnología.

¹ A excepción de la información presentada de Francia y Grecia.

El trabajo se ha elaborado teniendo en cuenta dos visiones: la definición de biotecnología y de sus áreas tecnológicas (visión vertical) y la descripción de los sectores industriales que aplican ya, o pueden aplicar en el futuro, una o varias áreas de la biotecnología (visión horizontal).

En este documento se presentan los datos económicos en euros. Las conversiones utilizadas donde haya sido pertinente son las siguientes: 1 euro = 0,9921 dólares americanos = 0,6395 libras esterlinas = 166,386 pesetas = 6,5596 francos franceses = 4,6056 nuevos sheqalim.

Figura 1
ÁREAS DE INTERÉS EN BIOTECNOLOGÍA



1. BIOTECNOLOGÍA

En este capítulo se revisa el concepto de *biotecnología* y se hacen algunas consideraciones generales.

1.1. ¿QUÉ ES LA BIOTECNOLOGÍA?

Establecer una definición inequívoca de biotecnología es una tarea difícil porque engloba diferentes actividades científicas y productivas. Además, la biotecnología abarca un amplio espectro de conceptos, desde los tecnológicos hasta los científicos. Sin embargo, la falta de una definición consensuada no ha frenado el avance del desarrollo biotecnológico.

Algunas definiciones de biotecnología recogidas en la bibliografía son:

“La biotecnología es un conjunto de poderosas herramientas que utiliza organismos vivos (o parte de estos organismos) para obtener o modificar productos, mejorar especies de plantas y animales o desarrollar microorganismos para determinados usos”².

“La biotecnología es la técnica de manipulación de formas vivas (organismos) para obtener productos útiles a la humanidad”³.

“La biotecnología es la aplicación de los principios de la ciencia y de la ingeniería al procesamiento de materiales mediante agentes biológicos, con el fin de obtener productos y servicios”⁴.

“La biotecnología es la integración de las ciencias naturales y la ingeniería para conseguir aplicar organismos y células —o partes de los mismos— así como análogos moleculares en la producción de bienes y servicios”⁵.

“La biotecnología es el uso industrial de organismos vivos o técnicas biológicas desarrolladas en la investigación básica. Los productos biotecnológicos incluyen: antibióticos, insulina, interferón, ADN recombinante y anticuerpos monoclonales. Las técnicas biotecnológicas incluyen: ingeniería genética, cultivos celulares, cultivos de tejidos, bioprocesados, ingeniería de proteínas, biocatálisis, biosensores y bioingeniería”⁶.

“La biotecnología no es una sola tecnología, agrupa varias técnicas que tienen en común la manipulación de células vivas y sus moléculas, y la aplicación práctica de estos procesos para la mejora de la vida”⁷.

² Washington Biotechnology and Medical Technology Online (http://www.wabio.org/definition_biotech.htm).

³ Internet: <http://www.miracosta.cc.ca.us/mcbc/pw/b2bglossary.htm>

⁴ Matthew Herwig (<http://www.engr.umbc.edu/~mherwi1/proj1.html>).

⁵ Asamblea general EFB, 1989 (<http://www.eurodoctor.it/biotech.html>).

⁶ *The Biotech Life Sciences Dictionary* (<http://www.eurodoctor.it/biotech.html>).

⁷ North Carolina Biotechnology Center (<http://www.ncbiotech.org/>).

“En términos generales la biotecnología es el uso de procesos biológicos para la obtención de productos útiles, que incluyen organismos modificados, sustancias y aparatos”⁸.

“Se llama biotecnología a los procesos biológicos que producen sustancias beneficiosas para la agricultura, la industria, la medicina y el medio ambiente”⁹.

De acuerdo con la Oficina de Asesoría en Tecnología del Gabinete de Prensa del Gobierno de Estados Unidos, hay dos definiciones de biotecnología. Una, amplia, engloba la antigua biotecnología y la nueva¹⁰:

“Biotecnología es toda técnica que usa organismos vivos (o parte de ellos) para crear o desarrollar microorganismos para usos específicos.”

La otra, más restringida, se aplica especialmente a la biotecnología moderna:

“La biotecnología es la industria que utiliza ADN recombinante, fusión celular y nuevas técnicas de bioprocesos”.

“La biotecnología es la aplicación de la ciencia y la ingeniería al uso directo o indirecto de organismos vivos, partes de organismos o productos de organismos vivos, en su forma natural o modificada”¹¹.

La OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) describe la biotecnología como:

“Aplicación de la ciencia y la tecnología tanto a organismos vivos como a sus partes, productos y moléculas para modificar materiales vivos o no para producir conocimiento, bienes y servicios.”

Existen también otras definiciones en este sentido:

“La biotecnología consiste simplemente en la utilización de microorganismos, así como de células vegetales y animales para producir materiales, como alimentos, medicamentos y productos químicos, útiles a la humanidad”¹².

“La biotecnología es el uso de organismos vivos o compuestos obtenidos de organismos vivos para obtener productos de valor para el hombre”¹³.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) da dos definiciones complementarias de biotecnología¹⁴:

⁸ Bioindustry Association (<http://www.bioindustry.org>).

⁹ Canadian Food Inspection Agency (www.cfia-acia.agr.ca).

¹⁰ Office of Technology Assessment Publications (OTA Publications). Biotechnology in Global Economy. Congress of the United States, 1991.

¹¹ The Biotechnology Gateway. Canada Industry (<http://strategis.ic.gc.ca/SSG/bo01074e.html>).

¹² El Centro Bioinfo (<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/doc/biotecnologia/biotec.asp>).

¹³ Infoagro (http://www.infoagro.com/semillas_viveros/semillas/biotecnologia.asp).

¹⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (<http://www.fao.org/DOCREP/003/X3910E/X3910E00.htm>).

“El uso de procesos biológicos u organismos vivos, para la producción de materiales y servicios en beneficio de la humanidad. La biotecnología incluye el uso de técnicas que incrementan el valor económico de plantas y animales y desarrollan microorganismos para actuar en el medio ambiente”.

“La biotecnología implica la manipulación, con bases científicas, de organismos vivos, especialmente a escala genética, para producir nuevos productos como hormonas, vacunas, anticuerpos monoclonales, etc.”.

Algunos biotecnólogos definen la biotecnología como “una tecnología que aplica las potencialidades de los seres vivos y su posibilidad de modificación selectiva y programada a la obtención de productos, bienes y servicios”. Por tanto, la biotecnología agrupa los fundamentos de un gran número de disciplinas, desde la biología clásica (taxonomía), hasta la bioingeniería, pasando por la ingeniería genética, la microbiología, la bioquímica, la biología celular y molecular, la inmunología, etc. (Muñoz, 1994).

Según J. D. Bu'lock (1991), la biotecnología “es la aplicación controlada y deliberada de agentes biológicos simples —células vivas o muertas, componentes celulares— en operaciones técnicas para la fabricación de productos o para la obtención de servicios”.

Por tanto, la palabra biotecnología se utiliza a veces en un sentido demasiado restringido, como la manipulación genética y la biología molecular aplicada a la obtención de bienes y servicios útiles. Y, en sentido amplio, la biotecnología engloba todas las operaciones de la biología aplicada, desde la agricultura hasta las ciencias culinarias.

Los inicios remotos de la biotecnología se encuentran ya en las sociedades primitivas con la elaboración de pan, queso, vino, cerveza, etc. O también se pueden considerar precedentes de la biotecnología la apicultura y la ganadería. Sin embargo, el uso de la palabra biotecnología en Estados Unidos —uno de los países más avanzados en este campo— ha venido a significar todo un sector industrial dedicado a crear, desarrollar y comercializar una gama de productos obtenidos mediante manipulación genética, biología molecular o por la aplicación controlada y dirigida de microorganismos o partes de ellos.

Si nos fijamos en una aplicación más industrial, podemos definir los campos de la biotecnología en relación con los productos obtenidos.

- Producción de biomasa microbiana para alimentación animal.
- Producción microbiana de sustancias químicas, como ácido cítrico, ácido glutámico, aminoácidos, etc.
- Producción enzimática de sustancias químicas especiales, como determinados isómeros ópticos, etc.
- Producción microbiana o enzimática de antibióticos y vitaminas.
- Producción a gran escala de sustancias químicas anteriormente producidas a partir del petróleo, como etanol, butanol, acetona, ácido acético, etc.
- Producción, a partir de células animales o vegetales o de microorganismos genéticamente modificados, de antígenos, anticuerpos, agentes terapéuticos y de diagnóstico que anteriormente se fabricaban a partir de organismos superiores.

- Productos para la agricultura y la ganadería. Este método supone la mejora de las especies de plantas y animales por ingeniería genética y resulta mucho más rápido y efectivo que los métodos utilizados hasta ahora (esquejes o selección y cruzamiento de especies).
- Productos para la industria alimentaria, por ejemplo: enzimas, coadyuvantes alimentarios y, sobre todo, un mayor conocimiento de los procesos de fermentación utilizados desde siempre con la posibilidad de seleccionar mejor los microorganismos e incluso de mejorarlos genéticamente.
- Tecnologías más limpias o menos contaminantes. La obtención de una tecnología sin riesgos ambientales —o con los mínimos—, como resultado de la aplicación de las diferentes áreas de la biotecnología, puede considerarse también un producto obtenido a partir de la biotecnología y ser aplicable a diferentes sectores industriales.

Si nos fijamos en el tipo de proceso, obtenemos otra distribución de los campos o áreas de la biotecnología:

- ADN recombinante (ingeniería genética). Esta técnica es la base de los procesos de obtención de enzimas, hormonas, anticuerpos, vacunas, etc.
- Cultivo de células vegetales y proteínas unicelulares. Esta técnica se utiliza en la producción de sustancias químicas como esteroides, alcaloides, proteínas unicelulares para la producción de biomasa, etc.
- Fermentaciones industriales. Esta técnica es muy antigua, pero hoy en día estamos en condiciones de controlarla e incluso dirigirla hacia donde más interese. Mediante la fermentación se obtienen alimentos, antibióticos y productos químicos.
- Biocatálisis. Esta técnica está en alza y tiene un amplio espectro de aplicaciones; por ejemplo, con biocatalizadores se obtienen alimentos y sustancias químicas. Los biosensores y algunos equipos de diagnóstico utilizan también biocatalizadores. Además, actualmente se aplican biocatalizadores para conseguir tecnologías más limpias en sectores como las industrias textil, papelera, de curtidos, etc.
- Biorremediación. En el tratamiento y reutilización de residuos se aplica cada vez más la biotecnología. De hecho, es el campo que presenta una gama más amplia de aplicaciones. Así, se utilizan métodos biotecnológicos en la detoxificación de tierras contaminadas por herbicidas, en el tratamiento de aguas residuales, en la recuperación de residuos industriales —por ejemplo, el suero de quesería o los residuos de celulosa—, etc.
- Ingeniería de procesos. Alrededor de las aplicaciones biotecnológicas se ha desarrollado una industria que aplica los métodos de la ingeniería química a los procesos biotecnológicos. Por ejemplo, encontramos la ingeniería de procesos en la filtración y pretratamiento de efluentes, reciclado de aguas, extracción de productos, recuperación de catalizadores y microorganismos, etc.

En definitiva, una definición práctica de biotecnología es muy amplia y, además, cambia con el tiempo debido al rápido desarrollo de nuevas técnicas en este campo y a nuevos descubrimientos en biología molecular, que abren constantemente nuevas perspectivas.

Las aplicaciones de la biotecnología son muy diversas y sus ventajas, tan obvias que de una forma u otra las industrias ya la están aplicando en sus procesos productivos. Algunos de los sectores industriales que han implementado procesos biotecnológicos en su producción son los siguientes:

- agricultura,
- ganadería,

- acuicultura,
- silvicultura,
- farmacia,
- diagnóstico,
- química fina,
- química forense,
- alimentación,
- jabones y detergentes,
- textil,
- papel,
- biorremediación.

La biotecnología ha permitido a estos sectores hacer productos nuevos o mejores, muchas veces ahorrando tiempo y energía, y más respetuosos con el entorno.

Por medio de la biotecnología ya se han conseguido importantes avances en las ciencias de la salud —por ejemplo, nuevos medicamentos—, nuevos métodos para producir medicamentos a gran escala o diagnósticos más precisos para enfermedades como el sida. En otras áreas la biotecnología se centra en el desarrollo de procesos menos contaminantes, con un menor consumo de energía y la posibilidad de reciclar los recursos naturales, los cuales proporcionan una base sostenible al desarrollo tecnológico.

De todas las definiciones reflejadas anteriormente, se deduce que hay un doble ámbito de la biotecnología, uno a escala molecular y otro más aplicado. Sin embargo no son dos ámbitos independientes ni yuxtapuestos, sino más bien dos ámbitos consecutivos y altamente relacionados.

Se podría concluir que la biotecnología moderna implica, primero, unos conocimientos científicos sobre biología molecular, ADN, técnicas de manipulación a escala molecular, así como sobre mecanismos metabólicos y de replicación del ADN y de la transcripción de proteínas. Esto abre las puertas a la manipulación de organismos vivos para obtener beneficios concretos aplicables a la producción o a la remediación.

Por otra parte, también se deduce del conjunto de definiciones anteriores que la biotecnología es un campo multidisciplinar en el que conviven ciencia y tecnología. Entre las ciencias que abarca la biotecnología podemos enumerar la biología, la botánica, la biología molecular, la genética, la inmunología, la bioquímica, la enzimología, etc. Entre las tecnologías cabe señalar la ingeniería genética, las fermentaciones, las biocatálisis, la ingeniería de procesos, etc.

El común denominador de todas las definiciones de biotecnología es que la diferencia entre la biotecnología y otras tecnologías aplicadas a la industria es la utilización de seres vivos o parte de ellos para obtener productos en beneficio del hombre. Por tanto, la obtención de leche a partir de vacas en una explotación ganadera es biotecnología. Sin embargo, en la actualidad se entiende por biotecnología, la aplicación de técnicas de manipulación genética para modificar organismos que puedan utilizarse para obtener productos o servicios concretos. O sea, la obtención, si se puede decir así, de un organismo de diseño con prestaciones predeterminadas.

En este punto, estamos en condiciones de entender por qué la biotecnología ha experimentado, en los últimos años, un desarrollo tan importante. Principalmente, se ha debido a los avances en

biología molecular y también a los últimos descubrimientos en genética. Esto ha abierto el campo a múltiples aplicaciones industriales que antes eran impensables.

La industria biotecnológica puede dividirse en dos grandes campos: la industria que produce organismos manipulados, o parte de ellos, y la industria que utiliza estos organismos, o parte de ellos, para obtener productos o servicios. En este trabajo nos centraremos en el segundo, la industria que aplica los microorganismos o parte de ellos —principalmente enzimas— en la obtención de bienes y servicios; y dentro de ésta, en aquellas industrias que utilizan esta tecnología para mejorar el rendimiento de sus instalaciones con el fin de aprovechar mejor la energía y las materias primas o para tratar los residuos producidos de una forma más ecológica.

1.2. ANTECEDENTES

El antecedente de la biotecnología es la biología moderna. Ésta ha realizado un gran avance en las técnicas de manipulación de organismos complejos y ha mejorado el conocimiento de muchos procesos tradicionales en los que los agentes biológicos se utilizaban de una forma poco controlada y deliberada. No obstante, no puede decirse que la industria moderna de la biotecnología fermentativa sea la versión actualizada de los antiguos procesos fermentativos de la obtención de vino o queso, ni tan siquiera se puede decir que esté relacionada con los descubrimientos de la microbiología del siglo XIX. Se trata más bien del resultado de la aplicación de microorganismos seleccionados y manipulados para fines específicos.

A título de ejemplo, destacaremos dos aspectos industriales de la biotecnología moderna de la fermentación: en primer lugar, la obtención de biomasa a partir de fangos activados y, en segundo lugar, la selección y propagación a gran escala de cepas específicas de *Clostridium* para la producción de acetona y butanol. Estos dos procesos se iniciaron en Manchester hace ahora casi un siglo, y ambos son paradigma del proceso biotecnológico en sentido amplio y ejemplos de ambos campos de la industria biotecnológica.

1.2.1. Los inicios de la biotecnología

En muchos sentidos la biotecnología es una ciencia antigua. Así, sin saber ni entender los principios de la fermentación o de la genética, la humanidad ha estado utilizando algunos procesos biotecnológicos desde tiempos antiguos, por ejemplo en la producción de queso, pan, vino, cría selectiva de animales y plantas, etc.

En cuanto al término biotecnología, fue acuñado por Karl Ereky en 1919 para describir la interacción entre biología y tecnología; no obstante, la biotecnología no es solamente biología y tecnología, sino también un esfuerzo multidisciplinar de la humanidad desde hace al menos 5.000 años. Cuando se empezaron a cultivar plantas o criar animales, a elaborar cerveza o vino o a producir queso, se estaban aplicando los principios de la biotecnología en sentido amplio. Es decir, el primer estadio del desarrollo biotecnológico es el uso de las técnicas de fermentación. Sólo posteriormente, en los años setenta, empezó a aplicarse a los espectaculares resultados de las emergentes técnicas de la biología molecular. Finalmente, en tiempos recientes, este término se ha introducido en el lenguaje popular.

A continuación se citan los hitos más relevantes de los procesos biotecnológicos de la antigüedad:

- bebidas alcohólicas (prehistoria),
- elaboración de cerveza (3000 a. C.),
- elaboración de pan (3000 a. C.),
- elaboración de vinagre (s. XIV),
- descripción de las células de levaduras por Leeuwenhoek (1689),
- descubrimiento de las propiedades fermentativas de las levaduras por parte de Erxleben (1818).

Las aplicaciones tradicionales de la biotecnología son también numerosas. Un ejemplo sencillo es el compostaje, que aumenta la fertilidad de la tierra permitiendo que los microorganismos del suelo descompongan la materia orgánica. Otras aplicaciones frecuentes son la producción y uso de vacunas. También en la industria alimentaria hay multitud de ejemplos de procesos biotecnológicos: la producción de vinos, cerveza, queso, yogur, pan, etc.

1.2.2. La biotecnología moderna

El interés actual de la biotecnología reside en el potencial que supone la unión de procesos y métodos biológicos —antiguos y nuevos— con las técnicas de la ingeniería química y la electrónica. De una forma gráfica, podríamos representar la biotecnología moderna como un árbol que tiene por raíces las ciencias biológicas (microbiología, genética, biología molecular, bioquímica) y cuyas ramas son la ingeniería química de procesos en su acepción más amplia.

El nacimiento de la biotecnología moderna se asocia con el desarrollo, a escala industrial, de los procesos de fabricación de penicilina. Durante la Segunda Guerra Mundial los antibióticos tenían una gran demanda y estimularon el esfuerzo colectivo de ingenieros químicos y microbiólogos para obtener una gran producción de penicilina por métodos fermentativos.

Más tarde, la moderna industria biotecnológica se planteó como objetivo el uso de enzimas. Las enzimas son los principios activos de los microorganismos y en realidad los responsables de las bioreacciones. A diferencia de los microorganismos, las enzimas tienen la ventaja de que pueden manipularse casi como una molécula química, no tienen tantas reacciones secundarias y no se multiplican, por lo que no surgen problemas de biomasa. Sin embargo, esto último, puede llegar a ser un inconveniente, ya que las enzimas muchas veces necesitan coenzimas o mediadores para actuar y, una vez desactivadas, se hacen inútiles para las bioreacciones.

Las primeras aplicaciones de las enzimas en la industria biotecnológica fueron la fabricación de edulcorantes (por ejemplo, obtención de jarabe de fructosa a partir del trigo) y el empleo de lipasas y proteasas en los detergentes para eliminar las manchas difíciles en los tejidos.

Con la utilización de enzimas específicas, muchas obtenidas de microorganismos manipulados genéticamente, empieza la segunda generación de la biotecnología industrial (o biotecnología moderna), que integra ya de forma clara la microbiología, la bioquímica y la ingeniería de procesos.

1.2.3. La última generación de la biotecnología

La biotecnología empieza a considerarse una ciencia moderna en los años setenta por los avances en biología molecular y genética. Estos avances desembocaron en las técnicas de clonación y ADN recombinante que permitieron a los científicos un mejor conocimiento de las funciones celulares y sus componentes en los seres vivos e hicieron posible el desarrollo de nuevos métodos para aislar células madre y genes de los organismos vivos para producir *in vitro* productos de su metabolismo que antes sólo podían obtenerse a partir del organismo vivo.

La biotecnología moderna no ha renegado de su pasado, más bien al contrario lo ha integrado a los nuevos métodos y técnicas. Así pues, la biotecnología moderna abarca un amplio campo de productos y servicios apoyados en los espectaculares avances actuales de las técnicas de la ingeniería genética.

La habilidad de manipular la información genética en su nivel más básico, el ADN, ha provocado un incremento exponencial del número de empresas de biotecnología dedicadas a las técnicas del ADN recombinante. Muchos productos farmacéuticos se obtienen ya con enzimas y microorganismos de diseño, concretamente productos que incluyen sustancias como la insulina, el interferón o los plasmidios activadores y que antes eran muy complicados o caros de fabricar.

Sin embargo, una concepción errónea, por demasiado restringida, es la que circunscribe la biotecnología sólo a las técnicas del ADN recombinante. Recordemos una vez más que la biotecnología moderna es mucho más que esto; es la aplicación, en multitud de campos, de organismos manipulados o seleccionados con estas técnicas para obtener productos con alto valor añadido.

Por tanto, las tecnologías que pueden incluirse en el concepto moderno de biotecnología son:

- ADN recombinante (ingeniería genética),
- cultivo de tejidos vegetales,
- cultivo de células de mamífero,
- biocatalizadores,
- tratamiento y reutilización de productos residuales por métodos biotecnológicos (biorremediación),
- fermentaciones,
- obtención biotecnológica de combustibles y materia prima orgánica como alternativa al petróleo,
- ingeniería de procesos biotecnológicos.

Además del campo de la salud, nos parece importante destacar otras dos aplicaciones actuales de la biotecnología que incluyen el uso de la ingeniería genética: la biorremediación y las tecnologías más limpias.

Tradicionalmente, los métodos para el tratamiento de los residuos tóxicos y orgánicos son a menudo caros y pueden crear nuevas dificultades ambientales. La manipulación genética ha permitido obtener microorganismos de baja peligrosidad y enzimas específicas para degradar y metabolizar productos residuales tóxicos. Este uso de microorganismos manipulados o seleccionados, o de las enzimas que producen, en el campo del tratamiento de residuos se denomina biorremediación. Son ejemplos de técnicas de biorremediación la obtención de metano y gases a partir de residuos sólidos urbanos (RSU), la digestión de residuos vegetales por bacterias, las biodepuradoras, la obtención de biomasa a partir de subproductos orgánicos, la digestión de manchas de petróleo por microorganismos, etc.

Por otra parte, actualmente, en diferentes sectores industriales se están aplicando técnicas biotecnológicas para sustituir técnicas industriales ambientalmente peligrosas o contaminantes. Estas nuevas técnicas utilizan microorganismos o enzimas para conseguir una técnica más limpia o menos contaminante y residuos más biodegradables. De esa forma, se reducen *in situ* los efectos nocivos de los residuos e, incluso, su cantidad, pero también muchas veces también el gasto de agua y energía.

1.3. PRINCIPALES ÁREAS BIOTECNOLÓGICAS

Se pueden hacer dos clasificaciones de la biotecnología, una horizontal que distingue entre las técnicas utilizadas (áreas de la biotecnología) y otra clasificación vertical que se centra en los sectores de aplicación industrial.

Las áreas de la biotecnología, ya citadas anteriormente y que ahora describiremos más detalladamente, son:

- ADN recombinante (ingeniería genética),
- cultivo de tejidos vegetales,
- cultivo de células de mamífero,
- biocatalizadores,
- tratamiento y reutilización de productos residuales por métodos biotecnológicos (biorremediación),
- fermentaciones,
- obtención biotecnológica de combustibles y materia prima orgánica como alternativa al petróleo,
- ingeniería de procesos biotecnológicos.

1.3.1. ADN recombinante e ingeniería genética

La biología molecular ha hecho posible el hallazgo más importante de la biotecnología: hoy se puede separar el gen responsable de codificar la producción de ciertas sustancias y transferirlo a otro organismo hospedador y conseguir así producir más eficientemente ciertas proteínas útiles. Gracias a este avance, en la actualidad se producen biotecnológicamente y a gran escala hormonas, vacunas, factores de coagulación de la sangre y enzimas. Por otra parte, con la producción biotecnológica de proteínas, se evitan los inconvenientes de su obtención a partir de organismos superiores:

- No resulta práctico cultivar células de organismos superiores a gran escala porque crecen con lentitud y se contaminan fácilmente. Es más práctico el cultivo de microorganismos.
- El coste de un cultivo de células es mucho más alto que el de los cultivos microbianos.
- La fuente de células de organismos superiores es mucho más limitada que la fuente de organismos unicelulares, los cuales, además, se reproducen con facilidad y rapidez.

Esta área de la biotecnología ofrece asimismo la posibilidad de obtener nuevas proteínas. Por ejemplo, la producción de enzimas como biocatalizadores. En el caso de los biocatalizadores, su capacidad específica está gobernada por la estructura molecular y por medio de la técnica del ADN recombinante se pueden modificar selectivamente los genes que codifican la síntesis celular de enzimas. Luego, al transferir el nuevo ADN a un microorganismo hospedador, puede obtenerse una nueva cepa productora de la enzima deseada.

1.3.2. Plantas y cultivo de tejidos vegetales

Aparte de su papel clave en la producción de alimentos, las plantas son una fuente importante de materias primas y de medicamentos. En este sentido, cabe recordar que el 25% de los fármacos actuales son de origen vegetal.

Por otra parte, el cultivo de organismos vegetales unicelulares para producir biomasa o para extraer productos de alto valor añadido es una práctica que se está intensificando de día en día, a medida que la biología molecular va prosperando.

Finalmente, la reproducción de plantas modificadas, mediante las técnicas del replicado, ya ha sido experimentada con éxito. En la actualidad, esta tecnología ha permitido remediar carencias, mejorar especies y proporcionar resistencia a plagas y enfermedades a un buen número de especies vegetales.

1.3.3. Cultivo de células de mamífero

El primer estudio sobre la fusión espontánea de dos células somáticas diferentes para formar un heterocariota —dos o más núcleos con un solo citoplasma— fue publicado en 1960 por Barsky y sus colaboradores en Francia. Sin embargo, anteriormente ya se había observado la aparición de células polinucleadas en cultivos de tejidos de mamíferos infectados con ciertos virus inactivados (Bull [et al.], 1984).

Gracias a los heterocariotas es posible obtener la expresión de los genes de ambas células parentales. En 1975, Kohler y Milstein aplicaron esta propiedad en su famosa síntesis de anticuerpos monoclonales, obtenidos por fusión de linfocitos productores de anticuerpos con células malignas de mieloma, las cuales tienen la propiedad de reproducirse rápidamente. Estas células híbridas de mieloma conservan la propiedad de reproducirse rápidamente y, al mismo tiempo, expresan anticuerpos específicos.

Puesto que algunas proteínas sólo se producen a partir de cultivos de células de mamífero, este cultivo de células a gran escala es uno de los objetivos de los biólogos moleculares. Los anticuerpos monoclonales y el interferón son dos ejemplos de este tipo de proteínas, las cuales son de gran importancia para la preparación de productos terapéuticos y de aplicación analítica.

1.3.4. Biocatalizadores

Las enzimas son los catalizadores de la naturaleza y exhiben, como todos los procesos naturales, una gran especificidad y eficiencia termodinámica. Hace siglos que éstas se utilizan, en particular para la producción de alimentos, y representan una de las formas más antiguas de la biotecnología.

La utilización de enzimas —aisladas o en células muertas o mortecinas— tiene una gran importancia no sólo en la industria alimentaria, sino también en la producción de sustancias químicas, en sistemas analíticos y de diagnóstico, en el tratamiento de enfermedades y, por último, en la emergente industria de las tecnologías más limpias.

La utilización de las enzimas en todos estos campos ha sido posible gracias al mejor conocimiento de la función de las enzimas en los sistemas metabólicos de los seres vivos, así como al mejor conocimiento de su estructura y, sobre todo, a la posibilidad de obtener enzimas de diseño a través de la manipulación genética de los microorganismos. Esto ha dado lugar a que muchas empresas se dediquen a la producción de enzimas, de origen microbiano, a gran escala.

1.3.5. Biorremediación

Recordemos que la biorremediación es la aplicación de la biotecnología en el tratamiento y la reutilización de productos residuales. Veamos algunas aplicaciones en este campo.

Las depuradoras biológicas constituyen un buen ejemplo de biotecnología aplicada simple. En este caso, se trata de un lecho fijo de microorganismos que degrada los productos orgánicos residuales hasta niveles aceptables en aguas que han de ir directamente a cauce. Los fangos de estas depuradoras se utilizan como biomasa para alimentación animal. También hay procesos biotecnológicos para tratar residuos sólidos urbanos (RSU) con fermentaciones aeróbicas o anaeróbicas para obtener biogás.

Otro ejemplo de esta técnica son las pruebas para tratar problemas puntuales con biotecnología, por ejemplo, la digestión, con microorganismos, de las manchas de petróleo en el mar, después de un accidente de vertidos de petroleros.

También en este ámbito, se realizan estudios de degradación microbiana de los residuos de celulosa para obtener biomasa (proteínas unicelulares). Se ha estimado que la cantidad de proteínas que se podía obtener de esta forma, a partir de residuos agrícolas, podía ser suficiente para alimentar a la población mundial.

Por último, existen otros estudios en marcha: la aplicación de la biotecnología para la detoxificación de suelos contaminados. Esta técnica utiliza cultivos de plantas superiores, fijadoras de metales pesados y eliminadoras de contaminantes orgánicos.

1.3.6. Fermentación

Los procesos fermentativos comparten con la biocatálisis el ser las formas más antiguas de la biotecnología. La fermentación es la aplicación del metabolismo microbiano para transformar una materia en productos de valor añadido. Este proceso puede producir una increíble variedad de sustancias útiles, por ejemplo: ácido cítrico, antibióticos, biopolímeros, proteínas unicelulares, etc. El potencial es inmenso y muy variado. Solamente es necesario conocer el microorganismo adecuado, controlar su metabolismo y crecimiento y poderlo utilizar a gran escala.

1.3.7. Combustibles y productos orgánicos como alternativa al petróleo

El petróleo es una materia prima no renovable, lo cual significa que su uso incontrolado o creciente es limitado. En cambio, la biotecnología utiliza materias renovables, motivo por el que su uso controlado puede ser infinito. Por tanto, ante el posible agotamiento del petróleo, la biotecnología pue-

de aportar dos soluciones: por una parte, nuevos combustibles y, por la otra, una fuente alternativa de productos orgánicos. Por ejemplo, un proceso energéticamente económico es la utilización de los residuos de la fabricación del azúcar de caña para obtener alcohol.

Otro combustible potencial obtenido biotecnológicamente es el metano, que proviene de la fermentación de residuos agrícolas (biogás). Es una biotecnología fácilmente adaptable a sociedades agrícolas sin grandes recursos.

El combustible biotecnológico más sofisticado y quizá más deseado es el hidrógeno derivado de la biofotólisis del agua. Esta tecnología se basa en la combinación de la capacidad fotosintética de la clorofila de las células vegetales y la actividad de hidrogenasa de un enzima de origen bacteriano. La gran ventaja de este combustible derivado del agua es que no produce contaminación cuando se quema y que su reactivo original se regenera. Desgraciadamente esta técnica todavía está en proceso de estudio.

1.3.8. Ingeniería de procesos biotecnológicos

De la aplicación de las técnicas de la ingeniería química a los procesos biotecnológicos ha surgido la ciencia de los bioreactores, un área técnica vinculada tanto a la ingeniería química como a la biología, la microbiología y a la bioquímica que engloba el estudio y diseño de reactores de lecho fijo, sondas de control de pH y temperatura, bombas dosificadoras de reactivos y de aireación; el diseño de agitadores; el estudio de los diferentes métodos de inmovilización de enzimas y microorganismos, y el diseño de diferentes filtros. El conjunto de todas estas técnicas ha venido a denominarse ingeniería de procesos. Todo este conocimiento biotecnológico es necesario que se transfiera a una escala de producción que lo haga rentable, y esta transferencia muchas veces requiere procesos de escalado y tecnologías del área de la ingeniería, que deben adaptarse a las propiedades específicas de los organismos vivos con los que trabaja la biotecnología. Algunos ejemplos de estos procesos son: la recolección, el pretratamiento y filtrado de las materias primas; el diseño del reactor; la recuperación y reutilización de los biocatalizadores; la extracción y el análisis de los productos; el tratamiento de los efluentes, y el reciclado de las aguas.

1.4. ÁMBITO INDUSTRIAL Y GEOGRÁFICO DEL ESTUDIO

La biotecnología moderna está muy introducida en sectores industriales, tales como la industria farmacéutica, la química fina y el sector de la alimentación, en países desarrollados del primer mundo, principalmente en Estados Unidos y Japón. En estos países, los sectores citados pueden soportar el alto coste que supone, hasta ahora, la investigación en biotecnología. Este coste se debe, en el caso del sector farmacéutico y de la química fina, al alto valor añadido; y, en el sector agrícola y alimentario, al gran volumen de productos fabricados.

En la actualidad, la producción a gran escala de enzimas de diseño, facilitada por las nuevas tecnologías de la ingeniería genética, y el hecho de que la proliferación de empresas productoras de enzimas microbianas las haga más asequibles han abaratado los costes de la biotecnología aplicada, y sobre todo de la biocatálisis. Y, con ello, también se ha facilitado la utilización de microorganismos seleccionados y probados en las industrias dedicadas a la fermentación. De esta forma, se ha abierto el campo de la industria de la biorremediación y se han podido aplicar las téc-

nicas biotecnológicas a sectores industriales antes impensables por el poco volumen de sus productos o por su bajo coste. Además, la concienciación ambiental creciente y las legislaciones cada vez más restrictivas en este campo en Europa y en el Primer Mundo ha estimulado a algunos sectores —como el textil, el papelero, de curtidos, etc.— a aplicar la biotecnología en alguno de sus procesos para mejorar el rendimiento e ir hacia una tecnología más limpia y ambientalmente más sostenible.

El área geográfica del Mediterráneo incluye, sobre todo en el Sur, gran cantidad de pequeñas industrias del sector alimentario, textil y de curtidos. Estas industrias, junto con toda la problemática de la gestión de los RSU, presentan un vasto campo de aplicación para la biotecnología. En este sentido, en los países más desarrollados del área mediterránea, la biotecnología ya se aplica, actualmente, en sectores como el alimentario, el farmacéutico, el de química fina, el textil y el papelero, pero también en la biorremediación y el tratamiento de residuos. No obstante, en los países del Sur y Este del Mediterráneo, excepto en Israel, esta tecnología está menos extendida, aunque va introduciéndose, sobre todo en el sector de la biorremediación y tratamiento de residuos.

2. APLICACIONES EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Las empresas utilizan la biotecnología industrial para:

- reducir costes,
- incrementar ganancias,
- aumentar la calidad de los productos,
- optimizar el proceso y su seguimiento,
- mejorar la seguridad e higiene de la tecnología,
- cumplir la legislación ambiental.

Por otra parte, la adopción de estrategias de prevención de la contaminación en origen permite alcanzar estos objetivos. Es decir, con la implantación de alternativas de minimización de la contaminación se conseguirá, entre otros beneficios, una reducción de costes —asociados tanto a la gestión de recursos como a la gestión de las corrientes residuales—, un aumento de la calidad de los productos, una disminución de producto no conforme y una optimización del consumo de recursos —mediante la revisión de los parámetros de control de los procesos industriales—. Y, por supuesto, ello redundará en una mejora de las condiciones de seguridad e higiene y en el cumplimiento de la legislación ambiental.

Así pues, la biotecnología se considera una de las opciones que puede incluirse tanto en alternativas de implantación de nuevas tecnologías como en la sustitución de materias primas potencialmente contaminantes o en la aplicación de buenas prácticas ambientales, integradas dentro del rediseño de producto, que favorecen la reducción en origen de las corrientes residuales asociadas al proceso productivo.

Las leyes y regulaciones de los Estados modernos ponen continuamente controles al uso industrial de los productos químicos. Por su parte, la industria, está mostrando un interés creciente hacia un desarrollo sostenible, lo cual resulta positivo. Nuestra salud económica futura depende de la reducción de la polución industrial y del ahorro de los recursos naturales, motivo por el que tanto los entes públicos como privados están fomentando la tendencia hacia alternativas verdes en la industria de productos y servicios.

Es preciso partir de dos presupuestos clave para conseguir una producción más limpia y una reducción de residuos, tanto en la industria como en la sociedad: una legislación clara y realista que defina los niveles máximos permitidos de contaminantes, así como una política clara de ayudas a la industria y a los centros de investigación para aplicar y desarrollar proyectos en el área ambiental.

A continuación, pasemos a estudiar más detenidamente algunas aplicaciones de las áreas biotecnológicas más aplicadas en la biorremediación y las tecnologías más limpias: la biocatálisis enzimática y las fermentaciones microbianas.

2.1. BIOCATÁLISIS: APLICACIÓN DE LAS ENZIMAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

Las enzimas tienen una importancia creciente en el desarrollo industrial sostenible. Ya se han utilizado enzimas en el desarrollo de procesos industriales para obtener productos sin residuos o con un mínimo de residuos biodegradables. Puesto que en un futuro muy cercano las empresas manufactureras tendrán que poner mucha atención en hacer compatibles todos los residuos y también en el reciclaje del agua utilizada, las enzimas pueden resolver muchos de estos problemas. En efecto, las enzimas pueden sustituir, en algunos procesos, a productos químicos tóxicos o corrosivos. Además, éstas tienen la ventaja que se utilizan, se desactivan y se descomponen en productos más simples totalmente biodegradables.

Muchos procesos industriales operan a alta temperatura o presión, o en condiciones altamente ácidas o básicas. Las enzimas pueden evitar estas condiciones extremas y los reactivos corrosivos. Las enzimas trabajan a temperaturas moderadas, a presión atmosférica y en disoluciones cercanas al pH neutro. Son catalizadores altamente específicos que dan productos más puros y con menos reacciones secundarias. Por tanto, todo proceso que sustituya sustancias químicas por enzimas es un proceso menos contaminante, más respetuoso con el medio ambiente y más barato.

A continuación se ofrece una visión rápida de los procesos enzimáticos que actualmente ya se utilizan en muchos sectores para reducir la carga química eliminando, de la producción industrial, sustancias agresivas y tóxicas o simplemente contaminantes (Sayler, 1997).

- **Industria de detergentes:**

- degradación enzimática de proteínas, almidón y manchas de grasa en el lavado de ropa;
- utilización de enzimas lipolíticas en las sustancias lavaplatos;
- utilización de enzimas como tensioactivos.

- **Industria textil:**

- lavado a la piedra de tejidos tipo vaquero,
- desengomado enzimático de tejido a la plana de algodón,
- blanqueado ecológico,
- descrudado enzimático de tejidos de algodón,
- desengomado enzimático de la seda.

- **Industria del almidón:** producción enzimática de dextrosa, fructosa y jarabes especiales para pastelería, confitería e industrias de refrescos.

- **Industria cervecera:** degradación enzimática del almidón, proteínas y glucanos procedentes de la mezcla de cereales utilizados en la elaboración de cerveza.

- **Industria de productos para pastelería y horneado:** modificación enzimática de hidratos de carbono y proteínas de los cereales para mejorar las propiedades del pan.

- **Industria de vinos y zumos:** degradación enzimática de la pectina de la fruta, en la elaboración de zumos y vinos.

- **Industria del alcohol:** degradación del almidón en azúcares para, posteriormente, someterlos a fermentación y obtener alcohol.

- **Industria alimentaria y de aditivos:**

- mejora de las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas animales y vegetales,
- conversión de la lactosa de la leche y del suero de leche en azúcares más dulces y de mejor digestión,
- producción de aromas de queso.

- **Industria de alimentación animal:** hidrólisis enzimática de la materia proteica procedente de mataderos para obtener harinas con alto valor nutritivo destinadas a alimentación animal.
- **Industria cosmética:** producción biotecnológica de colágeno y otros productos de aplicación en cremas de belleza.
- **Industria papelera:**
 - disolución enzimática de los *pitchs*,
 - blanqueo ecológico de la pasta de papel,
 - control enzimático de la viscosidad de los estucados con almidón.
- **Industria del curtido:** preparación de la piel y eliminación del pelo y la grasa.
- **Industria de aceites y grasas:** hidrólisis enzimática de las grasas y la lecitina y síntesis de esteres.
- **Industria de química fina:** síntesis de sustancias orgánicas.

2.2. EL MERCADO DE LAS ENZIMAS

Hoy se estima que el mercado mundial de las enzimas es de aproximadamente 1.108 millones de euros. Este mercado se divide, según la aplicación industrial de las enzimas, de la siguiente forma:

Detergentes	45%
Textil	14%
Almidón y féculas	13%
Pastelería, vinos y zumos, alcohol y alimentación	18%
Alimentación animal, papel, cuero, química fina y grasas y aceites	10%

Las enzimas más utilizadas son las proteasas, amilasas y celulasas. A pesar de que las enzimas se utilicen ampliamente en la industria sólo representan una pequeña cantidad del total del mercado de productos químicos. Ello es debido a las siguientes razones:

- La falta del suficiente conocimiento enzimológico en muchos sectores industriales.
- La resistencia a incorporar enzimas en los procesos de fabricación antiguos por lo que supone de inversión en nuevos equipos y materiales.
- El obstáculo que representa el cambio de actitudes en algunos sectores.
- Puesto que encontrar las enzimas adecuadas para cada proceso es muy importante, es preciso un *screening* enzimático previo.

2.3. ENZIMAS PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE

A continuación pasamos a comentar algunos procesos enzimáticos que se utilizan en la industria para dar soluciones técnicas más respetuosas con el medio ambiente.

2.3.1. Procesos del almidón

En cuanto a los procesos relacionados con el almidón, desde hace 50 años se utilizan amilasas para sustituir los ácidos en la hidrólisis del almidón para obtener su licuefacción. En los años setenta se sustituyeron los álcalis por isomerasas, en la obtención de fructosa a partir de glucosa.

Tradicionalmente, el proceso para obtener dextrosa a partir del almidón se realizaba en medio ácido (pH=2) y a 140 °C. La obtención de alfa-amilasas bacterianas termoestables permitió obtener dextrosa sin hidrólisis ácida y a una temperatura inferior.

Actualmente, se utilizan diversas enzimas para obtener varios productos a partir del almidón: amilogucosidasas bacterianas y fúngicas, enzimas desramificadoras como la pululanasa, etc. El resultado final de este proceso resulta más eficiente, con menos gasto de energía y menos residuos tóxicos.

2.3.2. Detergentes

La industria de detergentes, como ya se ha visto en el cuadro anterior, es la que más volumen de enzimas utiliza, un 45% del total del mercado. Las enzimas utilizadas por este sector son proteasas, bacterianas y fúngicas, amilasas, celulasas y lipasas.

Las más comunes en el mercado son las proteasas bacterianas, de las que actualmente existe una gran variedad. Éstas poseen propiedades limpiadoras crecientes y una gran estabilidad a los oxidantes.

Las alfa-amilasas son muy eficientes en la degradación de las cadenas de almidón y por ello mejoran la eliminación de las partículas de polvo y tierra que quedan atrapadas en los tejidos por la trama de los polímeros del almidón.

Al utilizar las proteasas y amilasas conjuntamente se logra un mejor lavado de los tejidos, se disminuye la carga de productos químicos en el detergente y se reduce la temperatura de lavado.

En cuanto a las celulasas, se utilizan en lugar de los tensioactivos iónicos para mejorar la suavidad de los tejidos de algodón. Además, también son activas en la eliminación de las partículas de polvo y tierra, pues eliminan las microfibrillas de las fibras de algodón, lo que produce además un efecto abrillantador del color.

Por su parte, las lipasas catalizan la hidrólisis de los triglicéridos presentes en las manchas de grasa, haciéndolas hidrófilas y fácilmente eliminables durante el lavado.

Finalmente, es preciso señalar que las enzimas usadas en los detergentes tienen un impacto ambiental positivo. En efecto, éstas suponen un ahorro energético por la reducción de las temperaturas del lavado, permiten reducir el contenido en productos químicos de los detergentes, son biodegradables, no tienen impacto negativo en los procesos de depuración de aguas y no presentan riesgos para la vida acuática.

2.3.3. Detergentes para lavaplatos

Tradicionalmente, los detergentes para lavaplatos contienen altas concentraciones de fosfatos y silicatos, los cuales producen una fuerte alcalinidad en las aguas. Además, en su composición también se encuentran derivados clorados procedentes de las lejías.

La preocupación ambiental ha llevado a los fabricantes de estos productos a utilizar enzimas en los detergentes para lavaplatos. De esta forma, el uso de proteasas, lipasas y amilasas ha llevado consigo una disminución en el consumo de productos químicos, a la vez que se obtenían detergentes más eficaces y seguros.

2.3.4. Tensioactivos

Los tensioactivos son sustancias que contienen, en su estructura molecular, grupos hidrófilos y grupos hidrófobos. Con ellos se consiguen emulsiones estables, que se utilizan, por ejemplo, en detergentes en polvo, champús y cremas cosméticas. En la alimentación, estas sustancias se utilizan como emulgentes.

La estructura de los tensioactivos hace que puedan adherirse a las dos superficies en la interfase y disminuir, de esta forma, la tensión superficial al provocar microemulsiones estables. Este proceso permite que los productos sólidos se solubilizan o dispersen rápidamente. Los tensioactivos también alteran las propiedades espumantes de las disoluciones heterogéneas, produciendo espumas estables, y, por ello, se utiliza en la industria alimentaria, por ejemplo en el caso de las natas.

Hasta hace poco todos los tensioactivos eran sintéticos derivados del petróleo y requerían reactivos como la piridina, el dimetil sulfóxido, etc. Actualmente la enzimología ha permitido crear otro tipo de tensioactivos naturales, como los glicolípidos, usando lipasas comerciales para su obtención. Concretamente, los glicolípidos son ésteres de ácidos grasos y presentan mejor comportamiento que los tensioactivos sintéticos, como emulsionantes de grasas y aceites. Además, se degradan formando moléculas de azúcares naturales y ácidos grasos que no son tóxicos. Se ha demostrado que su obtención y uso es totalmente respetuoso con el medio ambiente, pues el proceso no incluye el uso de disolventes orgánicos ni sustancias químicas de síntesis.

2.3.5. Desencolado textil

El almidón es la sustancia natural con la que se recubre el hilo de algodón antes de tejerlo para aumentar su resistencia. Este almidón debe ser eliminado antes de proceder a los tratamientos finales del tejido: blanqueo, tintado, tratamientos especiales, etc. Tradicionalmente esta eliminación se hacía en medio ácido. Ahora, en el desencolado enzimático se usan amilasas, eliminando el ácido del proceso. La industria textil utiliza este proceso biotecnológico desde inicios del siglo xx. Las amilasas trabajan de forma muy eficiente en el desencolado, sin problemas de residuos peligrosos para el medio ambiente como son los ácidos minerales, las bases o los agentes oxidantes.

2.3.6. Cuero

El curtido de la piel es uno de los procesos industriales más antiguos con enzimas. Las etapas del proceso tradicional son: curado de la piel, remojo, eliminación del pelo y la lana, rebajado y curtido.

El proceso utiliza numerosos productos químicos para la eliminación de pelo, grasa y proteínas no deseadas (elastina, queratina, albúmina y globulina), dejando el colágeno intacto en la etapa previa al curtido de la piel. Los productos químicos para estos procesos dañan fuertemente el am-

biente. Por este motivo, hoy en día en el proceso de curtido de la piel se utilizan proteasas como la tripsina y lipasas que reducen el uso de sulfitos, disolventes orgánicos y tensioactivos sintéticos, consiguiendo un producto con mejores propiedades finales.

2.3.7. Industria papelera

En el caso de la industria papelera nos centraremos en dos procesos: el blanqueo y el destintado.

El blanqueo es la eliminación de lignina de las pulpas de papel químicas. Esta etapa de la fabricación de papel es necesaria por razones estéticas y para mejorar las cualidades del producto final. El proceso del blanqueo incluye diferentes pasos y varía según el tipo de sustancias que se utilizan.

En el blanqueo de la pasta kraft se vienen utilizando, tradicionalmente, compuestos clorados. Este método produce residuos tóxicos —mutagénicos, cancerígenos, bioacumulables— que causan numerosas alteraciones en los sistemas biológicos. Por este motivo, se está prohibiendo la utilización de estos blanqueantes en diferentes Estados desarrollados.

Una alternativa a los blanqueantes clorados es la utilización de enzimas. Así, la utilización de xilanasas en el proceso de blanqueo de la pasta kraft elimina la utilización de cloro y disminuye los residuos tóxicos. Además, elimina del proceso el cuello de botella (por la capacidad limitada de los tanques de dióxido de cloro), aumenta el grado de blanco de la pasta y disminuye los costes del proceso, principalmente en fábricas que usan grandes cantidades de dióxido de cloro. Por último, el pretratamiento con enzimas también aumenta el grado de blanco final de la pasta y reduce los agentes químicos de la etapa del blanqueo.

Es preciso llevar a cabo un proceso de destintado si desean utilizarse como materia prima fibras recuperadas en la fabricación de papel y cartón, ya que para su uso posterior es necesario eliminar las tintas y otros contaminantes de esta materia prima. Sin embargo, el destintado presenta inconvenientes a la hora de utilizar papel reciclado y, además, produce nuevos residuos sólidos y líquidos.

En los procesos de destintado se utilizan las siguientes enzimas: lipasas, esterasas, pectinasas, hemicelulasas, celulasas y enzimas lignilíticas. Las dos primeras, lipasas y esterasas, degradan las tintas cuya base son los aceites vegetales. Las otras —pectinasas, hemicelulasas, celulasas y enzimas lignilíticas— modifican la superficie de la fibra de celulosa o las uniones próximas a las partículas de tinta, de tal forma que se libera la tinta de la fibra y se puede separar de ella por flotación o lavado.

2.3.8. Productos horneados

La investigación de las causas por las que el pan se pasa o se endurece tiene una larga historia sin respuestas. Muchas panificadoras utilizan emulsionantes químicos, como monoglicéridos, para retardar el endurecimiento del pan. Sin embargo, desde hace unos años se están utilizando enzimas, que son sustancias más naturales, para retardar el proceso de endurecimiento del pan. Concretamente la amilasa incrementa la sensación de frescor del pan en comparación con los agentes químicos.

2.3.9. Biocatálisis

La importancia de las enzimas en la síntesis de productos químicos es cada vez más reconocida. Algunos ejemplos, ya actuales, de productos obtenidos por catálisis enzimática son los aminoácidos, las moléculas quirales puras y los antibióticos como la penicilina y la ampicilina.

La síntesis de productos con biocatalizadores supone, en general, un consumo bajo de productos químicos, la reducción de residuos no biodegradables, la especificidad de la reacción, la disminución de subproductos y la disminución del gasto energético. Asimismo, la biocatálisis ofrece ventajas significativas en comparación con los procesos químicos convencionales: permite usar pH, temperaturas y presiones moderadas, y además se reducen los subproductos de reacción (Sayler, 1997).

2.4. LA BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación puede ser utilizada por cualquier empresa, y normalmente se utiliza para transformar residuos y depurar aguas o suelos. En este proceso se utilizan principalmente microorganismos. Veamos cómo actúan estos microorganismos en algunas de las biorremediaciones más utilizadas en la actualidad:

- Depuradoras biológicas: una colonia de microorganismos descompone la materia orgánica de las aguas residuales.
- Biorremediaciones de suelos contaminados: la colonia de microorganismos se siembra en un terreno con una contaminación concreta y la colonia de microorganismos metaboliza los contaminantes.
- Digestión de manchas de petróleo: los microorganismos metabolizan los hidrocarburos derramados de petróleo.

2.5. PRODUCCIÓN DE BIOGÁS Y ALCOHOL

La producción de biogás y alcohol puede utilizarse para reducir o transformar residuos ricos en materia orgánica. Son muchos los residuos que pueden resultar útiles: los fangos de las depuradoras biológicas son un buen sustrato para obtener metano por fermentación anaerobia; los residuos de fábricas azucareras, ricos en hidratos de carbono se utilizan como sustratos de fermentación para obtener biogás (fermentación anaerobia) o para obtener alcohol (fermentación aeróbica), y los residuos sólidos urbanos se utilizan como sustrato de fermentaciones anaerobias para obtener biogás.

3. CASOS PRÁCTICOS

De los casos prácticos que se describen en este capítulo, los seis primeros no han sido recogidos en el área mediterránea, pero algunas de las técnicas empleadas también se utilizan en los países europeos de la misma.

3.1. CASO PRÁCTICO 1: BIORREMEDIACIÓN

Lattice Property (Basingstoke, Reino Unido)

La biorremediación ofrece una opción de descontaminación de suelos más barata y, a largo plazo, más sostenible, ya que utiliza la habilidad natural que tienen los microorganismos para metabolizar un amplio espectro de contaminantes orgánicos, desde hidrocarburos del petróleo hasta pesticidas policlorados tipo PCB, y metales pesados como el plomo.

El caso expuesto aquí es el de Lattice Property, empresa que posee varios centros de producción de gas, en algunos de los cuales se contaminó el suelo. Actualmente ha completado hasta 150 proyectos de investigación y remediación de entre todos los iniciados.

El proyecto que aquí se describe se aplicó en un centro de producción de gas abandonado de Sheffield. Después de hacer excavaciones se encontraron cuatro tanques con alquitrán y agua contaminada. Este material podría haber sido destruido o vertido en vertederos específicos, a un coste de 63 a 94 euros/m³. Sin embargo, la empresa optó por sembrar la tierra contaminada para acelerar la descomposición microbiana del alquitrán. Esta opción requiere sólo la adición de agua y nutrientes al alquitrán, sin otro aditivo orgánico adicional, y se controla gracias a un ciclo de cultivos cubiertos y monitorizados. El proceso elegido tiene un coste bajo, pero resulta largo. No obstante, puesto que la empresa no tenía prisa, el proceso era apropiado.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• Ahorro de cerca 47 euros/m³ en comparación con el coste de la gestión en vertedero.• Es adaptable a cualquier tamaño de suelo contaminado.• Baja inversión en infraestructuras.• Gestión ambiental efectiva para mejorar la sostenibilidad.• No es necesario transportar el suelo contaminado.	<ul style="list-style-type: none">• Proceso de larga duración.

3.2. CASO PRÁCTICO 2: LIMPIEZA

Expert Heat Treatments (Stillington, Reino Unido)

Expert Heat Treatments (EHT) es una empresa, ubicada en Stillington, de tratamiento de superficies. En 1999 tuvo que revisar su nueva línea de pretratamientos porque las piezas a tratar (válvulas de coche) iban recubiertas con una fina capa de aceite que era preciso eliminar antes del pretratamiento térmico para que éste fuera efectivo.

Tradicionalmente, EHT usaba un disolvente orgánico en un tanque de desengrase al vapor para esta limpieza. Sin embargo, por diversas causas (aumento del coste del disolvente, legislación más restrictiva referente al uso de disolventes orgánicos, mayor conciencia ambiental, etc.), la empresa consideró otros métodos de limpieza alternativos. Se hicieron pruebas con una enzima limpiadora formulada para degradar aceites minerales y grasas. Como que estas pruebas hechas en el laboratorio antes del proceso térmico dieron buen resultado, se escaló el proceso para comprobar su efectividad a escala industrial, y se concluyó que la efectividad desengrasante era comparable a la del sistema con disolvente. Finalmente, se decidió incorporar este método para desengrasar a la nueva línea de pretratamientos en enero del 2000.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• La empresa ha ahorrado 10.163 euros.• El coste de funcionamiento de la nueva línea resulta un 74% más barato.• La enzima es biodegradable y se puede verter con seguridad en la cloaca.• No hay emisiones tóxicas al aire y todo el proceso es más seguro, pues ningún producto es contaminante.	<ul style="list-style-type: none">• (Ninguno)

3.3. CASO PRÁCTICO 3: REDUCCIÓN DE COV

BIP (Warley, Reino Unido)

BIP Ltd. fabrica una amplia gama de productos para la industria textil y papelera. La empresa, al verse enfrentada a la creciente presión de la normativa para reducir las emisiones de COV (compuestos orgánicos volátiles), decidió trabajar en la reducción de volátiles.

En efecto, la producción de melamina en polvo libera gran cantidad de COV, que contienen formaldehído y metanol. Al estudiar el proceso, se concluyó que la etapa que producía más emisiones era el proceso de secado de la melamina. El objetivo era reducir las emisiones de COV de 200 mg/m³ de aire a 5 mg/m³ en el caso del formaldehído y a 80 mg/m³ de aire en el caso del metanol. Se optó por la solución biotecnológica por ser más barata que otras soluciones convencionales (*scrubber*, incineradora).

En este caso, la solución biotecnológica consiste en la instalación de un bioreactor en el cual una colonia de microorganismos degrada el formaldehído y el metanol a dióxido de carbono y agua. El aire, cargado con los COV contaminantes, pasa por un humidificador y un filtro de partículas. Luego, entra en el bioreactor que contiene los microorganismos. Este bioreactor produce una pequeña cantidad de agua que va a la planta de tratamiento, aunque también se podría descargar el agua en el alcantarillado.

Este sistema, que se puso en funcionamiento en 1997, usa microorganismos naturales seleccionados específicamente para metabolizar metanol y formaldehído e incorpora un sistema automático para regular la temperatura, el pH y el nivel de biomasa. En cuanto a su instalación, puesto que es relativamente pequeño se puede instalar en el tejado de la planta de procesos.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Ahorro de unas 156.349 euros al año, comparando esta tecnología con la incineración. • Proceso seguro que cumple con la legislación de emisiones de COV. • Mantenimiento mínimo. • Respetuoso con el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • La pequeña inversión del bioreactor.

3.4. CASO PRÁCTICO 4: LIMPIEZA

Dundee Electroplating (Dundee, Reino Unido)

Dundee Electroplating Ltd. es una empresa de galvanizados de cinc. Para proceder al galvanizado, no debe haber ni suciedad ni grasa en las partes metálicas. Tradicionalmente, las piezas se sumergían en un baño limpiador fuertemente alcalino y las partículas eran eliminadas electrolíticamente. A las 12 semanas la solución limpiadora estaba saturada y había que cambiarla. Para ello, el agua se descarga en la red de alcantarillado, después de neutralizarla y precipitar el cinc en el fluido de galvanización.

En 1999 se sugirió utilizar un sistema de limpieza biotecnológico en lugar de la solución alcalina. Este sistema contenía un tensioactivo para emulsionar las grasas y la suciedad y unos microorganismos que metabolizaban los aceites a dióxido de carbono y agua. Se hicieron algunos cambios en el tanque de lavado: se redujo la temperatura de 70 °C a 45 °C (temperatura óptima de los microorganismos), se instaló un sistema de aireación para proporcionar oxígeno a los microorganismos y obtener una agitación de las piezas sumergidas y se colocaron dos tanques de limpieza biológicos que funcionan continuamente, sin necesidad de cambiar la disolución cada doce semanas. A los pocos días se había obtenido una eficacia de limpieza igual o superior a la anterior con un tiempo aproximadamente igual. Sin embargo, este nuevo sistema necesitaba una mayor monitorización y mantenimiento que el anterior.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none">• Ahorro del coste de compra de productos químicos.• Ahorro de tiempo y trabajo en el cambio de las disoluciones limpiadoras.• Equipo compacto.• Sistema de bajo riesgo ambiental y libre de olores.• Reducción del consumo de energía en el tanque de electrolimpieza y conservación de la eficacia del electrodo.	<ul style="list-style-type: none">• La mayor monitorización de los tanques.• El mantenimiento del equipo.

3.5. CASO PRÁCTICO 5: AGUAS RESIDUALES

British Sugar (Peterborough, Reino Unido)

British Sugar Plc. trabaja en siete plantas en el Reino Unido y fabrica 1,3 millones de toneladas al año de azúcar blanco a partir de remolacha.

El proceso de fabricación empieza con el transporte de la remolacha a la fábrica, donde se lava y separa de tierra, piedras y hierba. El agua fluye hacia un clarificador, en cuyo fondo quedan los fangos. Estos fangos van a parar al tanque de sedimentación. El agua clarificada vuelve al circuito para ser reutilizada. Estas aguas y los fangos deben ser tratados antes de ser vertidos para reducir la DQO.

El tratamiento tradicional de aguas residuales consistía en un sistema de aireación y vertido al alcantarillado, pero este sistema no tenía capacidad para tratar toda el agua. Se estudió un sistema alternativo biológico para tratar todo el residuo y poderlo verter directamente al río, pero también había problemas de olor y acidez de los fangos. Entonces, se decidió montar un digestor anaerobio. El sistema consiste en pasar las aguas residuales por un lecho de granulado con biomasa. Un separador de tres fases en la parte superior del digestor separa la biomasa, del gas y de las aguas tratadas. El biogás sirve como combustible, la biomasa vuelve al digestor y parte del agua tratada recircula por el digestor para mantener un flujo constante de agua de tratamiento. Este digestor empezó a ser operativo a finales de 1996 y elimina 12 toneladas de DQO al día con una eficacia del 80%.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Los efluentes pueden ser vertidos directamente al río. • Ahorro de 1.250.840 euros/año en el tratamiento de efluentes. • Ahorro de 114.143 euros/año en combustible (por el aprovechamiento del biogás). • Mantenimiento bajo y equipo compacto. • Sistema sin olores. 	<ul style="list-style-type: none"> • (Ninguno)

3.6. CASO PRÁCTICO 6: BIOPULPEADO

Las operaciones de pulpeado, en la industria papelera, se dividen en dos clases: los procesos mecánicos y los procesos químicos, los cuales conducen a características diferentes de las fibras. Muy a menudo, sin embargo, se utiliza una combinación de ambos procesos para obtener un papel de características determinadas.

El pulpeado mecánico de la madera representa el 25% de los procesos de pulpeado en el mundo, pero se espera que esta cifra aumente en el futuro. Sin embargo, este sistema utiliza mucha energía eléctrica, y esto limita el uso de la pulpa mecánica en muchos tipos de papel. El biopulpeado es una tecnología que reduce el gasto de energía eléctrica y el impacto ambiental del pulpeado, aumentando así la competitividad económica del sistema.

El biopulpeado es un proceso que ahorra energía y mejora la resistencia del papel. No obstante, hay dificultades en el escalado del proceso. Durante doce años, en Estados Unidos un consorcio formado por el USDA, Forest Service, el Forest Products Laboratory de Madison y las Universidades de Wisconsin y Minnesota han hecho un especial esfuerzo de investigación en este campo. El proyecto fue subvencionado por 23 empresas relacionadas con la industria papelera y el Energy Center of Wisconsin y la Universidad Estatal de Nueva York. El proyecto se inició en abril de 1987.

El biopulpeado consiste en utilizar hongos que degradan la lignina. Se han optimizado muchas variables biológicas como las especies de hongos, la forma del inóculo, el tamaño del inóculo, el tipo de madera, el pretratamiento de las astillas, el tiempo de incubación, la aireación, los nutrientes, etc. Cada variable fue examinada independientemente una de la otra, después de la recopilación de los datos se estableció que las variables primordiales eran tres:

- Selección adecuada de la cepa de hongos: se escogió el hongo *Ceriporiopsis subvermispora*, que degrada la lignina, tanto en frondosas como en coníferas.
- Descontaminación de las astillas con vapor precalentado.
- Cantidad del inóculo: se redujo de 3 kg/t de madera a 5 g/t de madera añadiendo una fuente de nutrientes a la suspensión del inóculo, la cual da el punto de partida del crecimiento del hongo y reduce la cantidad de inóculo necesaria.

Beneficios	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • La pulpa biomécanica abarata en un 30% el gasto de energía eléctrica. • Mejora de algunas propiedades de resistencia del papel. • Reducción del impacto ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación del inóculo.

3.7. CASO PRÁCTICO 7: VEGETALES TRANSGÉNICOS

EGIPTO

Proceso

En 1992 el AGERI (Instituto de Investigación de Ingeniería Genética Agrícola) de Egipto y el MSU (Universidad Estatal de Michigan) firmaron un acuerdo de investigación cooperativa para llevar a cabo el proyecto ABSP (Biotecnología Agrícola para una Productividad Sostenible). El objetivo final de este proyecto era la producción de una variedad de cultivos egipcios de elite: patatas, maíz, calabazas y tomates resistentes a las plagas más comunes de Egipto. De esta forma, se buscaba un mayor rendimiento económico de los cultivos agrarios egipcios, así como un mayor ahorro de contaminación ambiental.

En el seminario inaugural que se celebró en El Cairo, los dos socios desarrollaron planes de trabajo para concretar los objetivos del primer año de colaboración. Los equipos de científicos de Egipto y de Estados Unidos establecieron los límites del proyecto y, aún más importante, las políticas a seguir para el control de la seguridad biológica de los productos y de la propiedad intelectual de los logros, así como la gestión de las redes de trabajo dentro del proyecto.

El equipo investigador del cultivo de la patata estaba compuesto por científicos procedentes de ambos grupos. Cabe señalar que el Estado de Michigan tiene un programa de estudio sobre la genética y el cultivo de la patata y posee gran experiencia en el campo de los ensayos de plantas transgénicas.

El equipo se centró en un objetivo concreto: el uso de plantas transgénicas de patatera que hubieran expresado el gen de la toxina del *Bacillus thuringiensis* (Bt) como material parental para el programa de cultivo de patateras resistentes a la polilla. Posteriormente, las reproducciones de plantas obtenidas podrían ser usadas para seleccionar otras líneas de investigación. Además, se mejoraba un importante cultivo egipcio y las diferentes pruebas de esta planta transgénica (a nivel laboratorio, invernadero y campo) conducirían a determinar su resistencia a la polilla y a otros insectos lepidópteros.

El equipo investigador identificó un gen de la empresa Garst Seed (perteneciente al Grupo ICI, productor de semillas), un plasmidio modificado del gen CryV-Bt, como posible diana para usar en la transcripción. En consecuencia, se firmó un acuerdo con Garst Seed y la Universidad de Michigan para el uso del gen con fines científicos dentro del proyecto ABSP, el cual contaba con la participación de colaboradores egipcios y de Indonesia.

Resultados

En 1996 el equipo empezó a obtener resultados del vector introducido y observó que el nuevo gen funcionaba bien: empezaba la transformación de la variedad Spunta de patatas egipcias. En 1997 el laboratorio de la Universidad de Michigan pudo enviar su primera y segunda generación de material transgénico a Egipto para una pequeña prueba de campo. Esta prueba se realizó con éxito y se envió material adicional a Egipto para continuar el camino abierto en el AGERI y en la oficina regional del Centro Internacional de la Patata (CIP) de Egipto.

Los científicos egipcios trabajaron en la transformación genética usando su propio gen Bt y al mismo tiempo continuaron las investigaciones con la Universidad de Michigan. Actualmente, los proyectos del AGERI están en el proceso de evaluación de los organismos genéticamente modificados que han sido aprobados por el Comité Nacional de Bioseguridad de Egipto (NBC) para realizar varias pruebas de campo a pequeña escala, incluyendo las pruebas de las plantas transgénicas transformadas con CryIA[©] y la variedad *Kurstaki* delta-endotoxina de CryV para conferir resistencia a los tubérculos contra la polilla.

3.8. CASO PRÁCTICO 8: CULTIVO DE TEJIDOS PARA LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS

ESLOVENIA

El problema

Las plantas sintetizan muchas sustancias conocidas como metabolitos secundarios. Muchas de estas sustancias se utilizan en la industria farmacéutica, agrícola, alimentaria y cosmética. El crecimiento de las plantas depende de factores como el clima, la economía e, incluso, la estabilidad política de los países productores.

Posibles soluciones (producto final, proceso o servicio)

El crecimiento de plantas *in vitro* en condiciones controladas, sin pesticidas ni ningún otro impacto ambiental ni en la biodiversidad, es el camino alternativo de una producción económica de importantes sustancias secundarias. El objetivo de esta investigación es la producción *in vitro* de dos importantes sustancias farmacéuticas, Taxol y saponina, y del insecticida natural piretrina.

Taxol

El Taxol, o paclitaxel, es una amida diterpenica compleja, originalmente aislada de la corteza del tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*), que actúa como inhibidor de la división celular. Los experimentos clínicos han demostrado su efectividad en el tratamiento del cáncer de ovarios y en la metástasis del cáncer de pecho. Asimismo, se ha observado que tiene actividad antitumoral en pacientes con tumores en pulmón, cabeza y cuello, así como con leucemia mielógena. La aprobación para usos clínicos del Taxol en tratamientos del cáncer de mama y de ovarios fue otorgada en 1992 por la agencia americana Food and Drug Administration.

Antes del 1994 sólo se permitía utilizar Taxol procedente de la corteza del *Taxus brevifolia*. Para producir un kilo de Taxol se necesitaban 5 o 6 toneladas de corteza de este árbol que crece en algunas localidades del norte de América. Sin embargo, debido a su lento crecimiento, esta especie empezó a escasear. El Taxol fue sintetizado químicamente en 1994, después de un proceso de síntesis de 28 etapas. Esto hacía inviable su explotación comercial. En cambio, la producción de Taxol usando el cultivo de tejidos vegetales o semisíntesis a partir de precursores parecía más prometedora.

Saponina

Las raíces de *Primula veris* contienen saponinas triterpenoides con un porcentaje del 5% al 10% en peso seco. La principal saponina en la *Primula veris* es el ácido A *Primula*, también llamada ácido *Primula* o *Saponin Primula* I. Las saponinas son eficientes contra la tos crónica y la bronquitis.

Para poder recolectar las raíces de estas plantas, éstas han de tener dos años. Por tanto los cultivos de tejidos *in vitro* pueden ser una buena alternativa para la producción de saponina.

Piretrina

El *Tanacetum cinerariifolium* acumula gran cantidad de piretrina en sus flores. Esta sustancia es el insecticida más económico e importante de origen vegetal. Está compuesto por una mezcla de seis esteres de los ácidos crisantémico y pirétrico. La piretrina es muy efectiva contra una gran variedad de insectos con escaso desarrollo de defensas y mata instantáneamente los insectos. Una de sus mayores ventajas es su baja toxicidad para mamíferos y otros animales de sangre caliente, motivo por el cual se usa en agricultura, horticultura y veterinaria.

Habitualmente este insecticida se ha extraído de las flores del *Tanacetum cinerariifolium*. Sin embargo, la demanda mundial excede a la oferta, motivo por el que la producción por cultivo de tejidos vegetales puede ser una fuente adicional de este insecticida.

La innovación

La innovación de este proyecto es producir varios tipos de cultivos de tejidos (callos, células, raíces aéreas) de plantas productoras de sustancias comercialmente interesantes, como el Taxol y las saponinas, o sustancias más respetuosas ambientalmente, como la piretrina. Con el fin de estimular la producción de estas sustancias en el cultivo se usarán diferentes inductores.

Personas de contacto

Prof. Dr Jana Žel, Senior Researcher
National Institute of Biology
Department of Plant Physiology and Biotechnology
Večna pot 111
SLO-1000 Ljubljana
Eslovenia
Tel.: +386 1 4233388
Fax: +386 1 2573 847
E-mail: jana.zel@uni-lj.si
Internet: <http://www.nib.si/>

3.9. CASO PRÁCTICO 9: DISEÑO DE UN CULTIVO INICIADOR PARA FERMENTACIÓN DE VINOS ESPECÍFICOS DE LA REGIÓN

ESLOVENIA

El problema

La conversión del mosto en vino es un complejo proceso bioquímico en el que están involucradas actividades endocelulares y extracelulares de varias cepas de levaduras. La fermentación espontánea del mosto en vino puede verse como un proceso microbiano heterogéneo que incluye un desarrollo secuencial de varias levaduras y microorganismos según las condiciones del tanque de fermentación. El inicio espontáneo de la fermentación no sólo depende de la cantidad y diversidad de las levaduras presentes en el mosto, sino también del tipo de uva y de su composición química. Así pues, la combinación de factores hace que el proceso sea difícil de predecir. Esta falta de predicción es lo más evidente cuando comparamos la fermentación espontánea con la fermentación por inóculo. Por otra parte, existe la creencia, basada en la experiencia, que la combinación de levaduras indígenas con determinados tipos de vid contribuyen al estilo y calidad propios de cada vino.

El principal papel de las levaduras es catalizar la conversión rápida, completa y eficaz del azúcar de la uva en etanol, dióxido de carbono y otros metabolitos minoritarios pero importantes, como el acetaldehído, el etilacetato y los alcoholes de alto peso molecular. Algunas levaduras peculiares, tales como las *Kloeckera* y *Hanseniaspora*, y otros géneros, como las *Candida* y *Pichia*, producen componentes minoritarios en gran cantidad y son benéficas, en una cantidad apropiada, para conseguir el aroma adecuado en cada vino.

El proceso de fermentación se inicia con las especies de levaduras *no-Saccharomyces*, que llevan a cabo el primer período de la fermentación espontánea. Una vez iniciada la fermentación, las especies *no-Saccharomyces* son sustituidas y las *Saccharomyces cerevisiae* dominan por completo la fermentación. A pesar de la sucesión de especies de levaduras en la fermentación espontánea, sólo unas pocas especies de *Saccharomyces cerevisiae* controlan la fermentación. Esto se debe a una selección natural durante la fermentación espontánea, en la que las *Saccharomyces cerevisiae* van sustituyendo a las otras levaduras porque se adaptan mejor a las condiciones ambientales.

La innovación

La contribución de varias especies de levaduras en el proceso de fermentación del vino hace que resulte más compleja la obtención de vino por fermentación espontánea que por fermentación por un solo inóculo. Por este motivo, el diseño de inóculos regionales específicos con mezclas de poblaciones de levaduras de *no-Saccharomyces* y de *Saccharomyces* parecía beneficioso. Y, de hecho, la fermentación del mosto por mezclas de poblaciones de levaduras produjo vinos con diferentes cualidades sensoriales, cuerpos y texturas.

Personas de contacto

Katja Povhe Jemec
University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Food Science and Technology Department
Jamnikarjeva 101
SLO-1000 Ljubljana
Eslovenia
Tel.: +386 1 4231161
Fax: +386 1 257 4092
E-mail: Katja.povhe@bf.uni-lj.si
Internet: <http://www.bf.uni-lj.si/cgi-bin/slo/zt/bioteh/katedra/index.html>

Prof. Dr Peter Raspor
Head of Chair for Biotechnology, Contact Point for Food, Nutrition and Health
University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
Department of Food Science and Technology
Jamnikarjeva 101
SLO-1000 Ljubljana
Eslovenia
Tel.: +386 1 4231161
Fax: +386 1 2574092
E-mail: Peter.raspor@bf.uni-lj.si
Internet: <http://www.bf.uni-lj.si/cgi-bin/slo/zt/bioteh/katedra/index.html>

3.10. CASO PRÁCTICO 10: DESARROLLO Y APLICACIÓN DE MÉTODOS INNOVADORES PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN EN PRODUCTOS ALIMENTARIOS Y AGRÍCOLAS

ITALIA

El problema

Uno de los problemas más urgentes a abordar a escala mundial es el de la contaminación, debida a las actividades domésticas e industriales, del suelo y las aguas por un amplio conjunto de productos tóxicos, tales como los disolventes clorados, PCB, metales pesados y otros productos químicos estables. Estos productos afectan la calidad ambiental y pueden entrar en la cadena alimentaria por diversas vías y convertirse en un serio riesgo para la salud. Por otra parte, el uso profuso, y a veces incontrolado, de pesticidas y herbicidas en la agricultura puede provocar enfermedades por ingestión de alimentos y contaminar productos agrícolas. Aunque el incremento en la contaminación de los productos agrícolas que se evidencia en algunos informes es debido a la mejor detección y recuento de los mismos, no hay duda de que éste es un problema real.

Además, el mercado de los alimentos y los productos agrícolas tiene una perspectiva global y, por este motivo, unas normas estrictas para asegurar la calidad de los alimentos requiere disponer de medios para conocer y controlar de forma detallada y puntual la calidad de estos productos. Además, el control de la calidad de los alimentos contribuirá a conseguir una significativa mejora en el cuidado de la salud y, por tanto, representará un beneficio socioeconómico tanto para los ciudadanos a título individual como para los grupos de población.

Justamente en el ámbito del control de la calidad de los productos alimentarios, en los últimos años se han venido desarrollando muchas técnicas y métodos con este fin y muchos de ellos han demostrado ser muy prometedores para garantizar la calidad y la seguridad de los productos. Sin embargo, hay todavía lagunas, por todos conocidas, en métodos y técnicas de monitorización en sistemas de monitorización rápida de validación. Además, se plantea la necesidad de una red de laboratorios a nivel regional para el intercambio de información y datos. La introducción y aplicación de un nuevo sistema de control rápido de alimentos y productos agrarios, junto con una planificación y gestión de la producción de alimentos, almacenamiento y distribución, conllevaría una sustancial disminución de los riesgos relacionados con la contaminación de los alimentos.

Posible solución (producto final, proceso o creación de un servicio)

Existen varias propuestas para solucionar la contaminación de productos alimentarios y agrícolas, por ejemplo:

- establecimiento de una red regional de laboratorios para el intercambio de información, datos, metodologías, etc. sobre el control de contaminantes en alimentos y productos agrarios;
- desarrollo de un nuevo sistema de monitorización de detección rápida;
- validación de metodologías y sistemas en la red;
- creación de una base de datos común a nivel regional sobre calidad de productos alimentarios y agrícolas.

La innovación

En este caso, el objetivo es garantizar la seguridad e integridad de los alimentos suministrados anticipando el riesgo. Esto se realizaría trazando la cadena de fuentes contaminantes y optimizando métodos que detecten componentes indeseables.

Por otra parte, el establecimiento de una red regional de laboratorios para el desarrollo y uso de un sistema, nuevo y rápido, de detección, basado en las tecnologías sensoriales emergentes (a su vez fundamentadas en principios químicos y bioquímicos), conducirá al conocimiento y validación de sistemas a nivel regional y creará las bases de unas prácticas comunes de detección y monitorización.

Un área clave del Centro Internacional para la Ciencia (ICS) es la formulación y promoción de proyectos. Por ello, después del análisis de viabilidad económica, ambiental y tecnológica, el proyecto se presenta a los posibles financiadores, como la Comunidad Europea.

En el ámbito de la formación en materia de gestión tecnológica, el ICS tiene una amplia experiencia. En este sentido, cada año se han organizado varios cursos en esta área, pero también en lo referido a la previsión tecnológica y a las alianzas en negocios.

Persona de contacto

Mrs Andrea Lodolo

ICS-UNIDO Scientific Expert -Subprogramme on Remediation Technologies

ICS-UNIDO (International Centre for Science and High Technology of the United Nations Industrial Development Organization)

Pure and Applied Chemistry, Area Science Park, Building L2

Padriciano 99

I-34012 Trieste

Italia

Tel.: +39 040 9228112

Fax: +39 040 9228115

E-mail: andrea.lodolo@ics.trieste.it

Internet: <http://www.ics.trieste.it>

3.11. CASO PRÁCTICO 11: CALIDAD DE LA HARINA

ITALIA

El problema

La calidad de la harina es un factor competitivo dentro de la cadena de producción de todos los productos derivados, tales como pan, pastelería y pasta. Por ello, resulta necesario desarrollar técnicas y metodologías para estimular el control de calidad entre los cultivadores de trigo.

Posible solución (producto final, proceso o creación de un servicio)

Recientemente se ha obtenido el mapa molecular de muchas especies de plantas y se ha utilizado en el análisis de los rasgos cuantitativos, de la tarjeta genética y de la organización del genoma, así como en los estudios de evolución.

La innovación

La innovación de este caso es el desarrollo de nuevas pruebas moleculares basadas en el ADN.

Persona de contacto

Dr Gaetano Grasso, Technology Expert
Tecnopolis CSATA Novus Ortus
Department Innovation and Local Development / IRC IRIDE
Str. Prov. Per Casamassima km 3
I-70010 Valenzano (Ba)
Italia
Tel.: +39 0804670238
Fax: +39 0804670361
E-mail: g.grasso@tno.it
Internet: <http://www.tno.it>

3.12. CASO PRÁCTICO 12: COMPUESTOS BIOACTIVOS A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTAS, VERDURAS Y PRODUCTOS AGRARIOS: PRODUCCIÓN *IN VITRO* DE FLAVONOIDES Y ANTOCIANINAS

ITALIA

El problema

Muchas verduras producen moléculas bioactivas, como flavonoides y antocianinas, con propiedades antioxidantes. Debido a los ciclos estacionales de la producción de verduras no es posible extraer estas moléculas de las verduras a escala industrial. Por ello, el desarrollo de una metodología *in vitro* puede resultar interesante para la industria farmacéutica.

Posible solución (producto final, proceso o creación de un servicio)

Ante este problema, la biotecnología ofrece la posibilidad de desarrollar producciones *in vitro* de moléculas bioactivas a partir de células de verduras.

La innovación

La producción *in vitro* de moléculas antioxidantes naturales permitiría, en el ámbito de la investigación en materia de salud, desarrollar nuevos fármacos con pocos efectos secundarios.

Persona de contacto

Dr Gaetano Grasso, Technology Expert
Tecnopolis CSATA Novus Ortus
Department Innovation and Local Development / IRC IRIDE
Str. Prov. Per Casamassima km 3
I-70010 Valenzano (Ba)
Italia
Tel.: +39 0804670238
Fax: +39 0804670361
E-mail: g.grasso@tno.it
Internet: <http://www.tno.it>

3.13. CASO PRÁCTICO 13: VALORIZACIÓN DEL SUERO DE LECHE

ITALIA

El problema

En la actualidad, el suero de leche representa un problema para la industria lechera. Es necesario encontrar soluciones innovadoras para transformar este producto gravoso, económicamente hablando, para las empresas en una fuente de beneficios.

Posible solución (producto final, proceso o creación de un servicio)

El suero de leche contiene una alta concentración de proteínas y lípidos, por lo que podría ser conveniente extraerlos y purificarlos con el fin de usarlos en alimentos especiales, como dietas y terapias.

La innovación

La innovación de este método radica en el desarrollo de nuevas técnicas de purificación a través de la impresión molecular.

Persona de contacto

Dr Gaetano Grasso, Technology Expert
Tecnopolis CSATA Novus Ortus
Department Innovation and Local Development / IRC IRIDE
Str. Prov. Per Casamassima km 3
I-70010 Valenzano (Ba)
Italia
Tel.: +39 0804670238
Fax: +39 0804670361
E-mail: g.grasso@tno.it
Internet: <http://www.tno.it>

4. RECURSOS EXISTENTES EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA

4.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo queremos describir el estado actual¹⁵ del desarrollo biotecnológico de los países firmantes del Plan de Acción para el Mediterráneo (PAM).

En primer lugar, cabe señalar la existencia de diferencias significativas entre los niveles de entendimiento, conocimiento y conciencia de la biotecnología en los distintos países mediterráneos. También el papel de los medios de comunicación y las organizaciones de consumidores varían de un país a otro, así como el tipo y el grado de profundidad del debate público sobre los riesgos y las cuestiones éticas asociados a la biotecnología que conciernen a las principales partes interesadas, como Gobiernos, centros de I+D, asociaciones industriales, ONG y otras.

En segundo lugar, es preciso indicar que la mayor parte de la información ha sido obtenida de fuentes públicas, de los respectivos órganos de gobierno de los países. Aquí se intenta presentar la información más cierta posible sobre los centros científicos y técnicos donde se realiza investigación aplicada. En muchos casos, cuando los datos explícitos sobre biotecnología son escasos o inexistentes, hemos tenido que interpretar e identificar el desarrollo biotecnológico como parte de los programas I+D, que por su naturaleza pretenden potenciar el desarrollo competitivo de los países utilizando ciencia y tecnología.

Por otra parte, la globalización del mundo causa cambios en las áreas política, económica y tecnológica, todas ellas en estrecha interrelación. La industria en algunos países del mediterráneo (en especial aquellos que serán en un futuro miembros de la Unión Europea, tales como Turquía) necesita emerger en un mercado extraño, y por ello es preciso mejorar tanto sus productos como su tecnología de producción. En este sentido, necesitarán integrar nuevas regulaciones y normativas basadas en las determinadas por la Unión Europea.

4.2. BIOTECNOLOGÍA EN ESPAÑA¹⁶

España cuenta con un extraordinario potencial para el desarrollo de la biotecnología basado en un sistema nacional de innovación estructurado mediante bioregiones y “bioclusters” con gran capacidad de generación de conocimiento y transferencia de tecnología hacia las empresas y la

¹⁵ El estado actual del desarrollo biotecnológico de los países del PAM y de las empresas biotecnológicas y el clima industrial de cada país en la región puede cambiar rápidamente. Por este motivo, la información relacionada con las empresas e instituciones mencionadas en este documento pueden ser incorrectas u obsoletas. Ninguna empresa o institución es responsable de la información referida en este documento. Los autores recomiendan dirigirse a las direcciones anotadas para conseguir una información más adecuada a sus respectivos intereses.

¹⁶ Según observaciones del punto focal español, este apartado hace pocas referencias a los organismos genéticamente modificados (OGM), que forman parte de la biotecnología más moderna.

sociedad. El volumen de negocios del sector se está consolidando en los últimos años alrededor de los 2.700 millones de euros.

La información biotecnológica en España no es escasa, pero tampoco muy extensa. Sin embargo, la entrada de España a la UE ha contribuido en gran medida a la actualización de la información en el sector biotecnológico y además el fomento de creación de empresas con actividad en este ámbito ha permitido la creación de la Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO). Por otro lado, desde un ámbito más académico se ha creado la Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT). El Ministerio de Ciencia y Tecnología es la entidad gubernamental que apoya el desarrollo biotecnológico en España, junto a instituciones como el Centro Nacional de Biotecnología (CNB), universidades, hospitales, etc. Los resultados conseguidos durante el año 2000 en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) han sido recogidos en indicadores básicos por el Instituto Nacional de Estadística (INE). Sin embargo, estos indicadores no establecen el desarrollo biotecnológico como una especialidad distinta de I+D.

El informe ASEBIO realizado en 2000 fue el primer informe que se publicó en España referido al sector biotecnológico. Según este informe, el sector biotecnológico español reúne más de doscientas empresas, aunque en un 64% de los casos esta actividad no aparece como la principal. Estas empresas responden al siguiente perfil: empresas jóvenes y muy innovadoras y con una marcada vocación exportadora. Concretamente, se trata de empresas pequeñas o medianas (menos de 500 trabajadores) con experiencia reciente en este campo (un 81% inició su actividad en biotecnología hace menos de 25 años), de propiedad mayoritariamente nacional y que en más del 50% de los casos venden en mercados europeos.

En cuanto al empleo creado en este sector, según este mismo informe, las empresas de biotecnología dan empleo en España a 25.000 personas. En los últimos años se ha producido una tendencia al alza en cuanto al número de empleados y personal investigador. También son empresas intensivas en conocimiento (el 52% de los recursos humanos son titulados superiores y el 9% de la plantilla se dedica a investigación y desarrollo) y altamente innovadoras (un 40% de empresas han desarrollado nuevos productos en los últimos dos años). Por otra parte, el crecimiento en empleados e investigadores también se ha trasladado a la facturación agregada, que se elevó a casi 4.450 millones de euros en 1999, un 13% más que en el ejercicio anterior.

En cuanto al peso de cada subsector, se subraya su heterogeneidad, pero destaca la agroalimentación (45%), seguida por la salud humana (17%) y el medio ambiente (12%).

4.2.1. Distribución del mercado biotecnológico español

Actualmente, más de 50 universidades, centros tecnológicos y de investigación trabajan en el ámbito de la biotecnología en España y disponen de estudios de excelencia publicados en las más prestigiosas revistas internacionales. La bioindustria española, compuesta por más de 200 empresas, está presente y es especialmente competitiva en sectores como la sanidad humana y animal, seguidos por el sector agroalimentario y el ambiental. Debido a su alto potencial de innovación el grado de internacionalización y el volumen de exportaciones de las bioempresas españolas es cada vez mayor. El sistema de financiación es cada vez más consciente de las posibilidades de este sector industrial en rápida expansión y existen mecanismos activos para la creación de start-up y financiación de proyectos innovadores.

En cuanto a la información sobre biotecnología disponible, la sociedad española cuenta con un nivel de información adecuado gracias a una prensa especializada y a asociaciones de consumidores con capacidad de análisis y un alto grado de responsabilidad.

4.2.2. Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)

La Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)¹⁷ reúne más de 60 empresas, asociaciones, fundaciones, universidades, centros tecnológicos y de investigación que desarrollan sus actividades de manera directa o indirecta en relación con la biotecnología en España. En el ámbito internacional, la ASEBIO forma parte de la EUROPABIO, la Asociación Europea de Bioempresas, integrada por más de 12 asociaciones nacionales que representan a 800 empresas de biotecnología europeas.

La amplia base de asociados hace de la ASEBIO la plataforma de encuentro más adecuada para poder cumplir el reto de desarrollar el sector biotecnológico y aprovechar las oportunidades de innovación que presenta la biotecnología como vector de crecimiento económico y social en España.

La ASEBIO está comprometida con la sociedad española en el desarrollo del escenario biotecnológico nacional. Con este fin, colabora estrechamente con las administraciones nacionales y europeas, así como con todas aquellas organizaciones sociales interesadas en el uso de la biotecnología para la mejora de la calidad de vida, el medio ambiente y la generación de empleo calificado. Sus principales objetivos son:

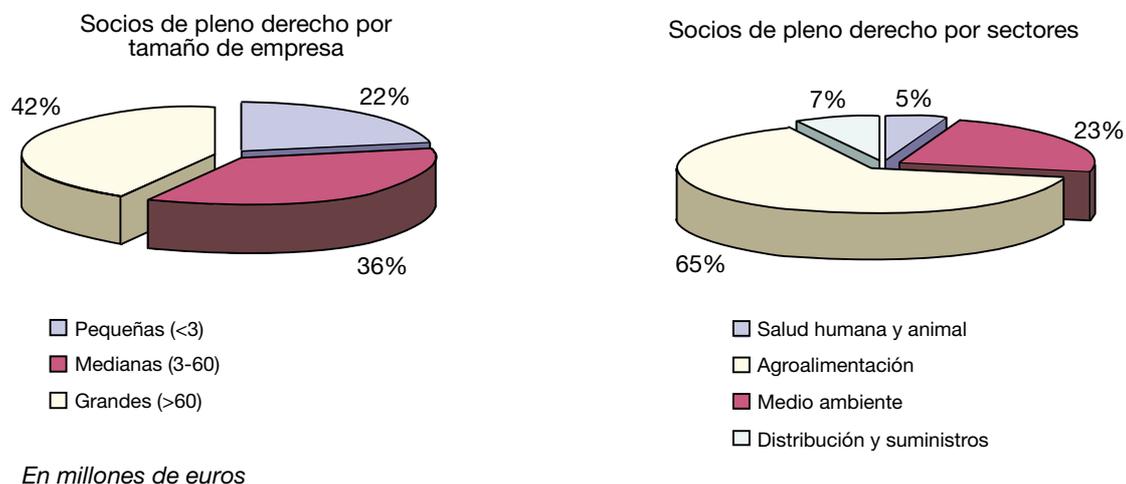
- defender los intereses de sus asociados,
- desarrollar el mercado biotecnológico en España,
- colaborar con las administraciones nacionales y europeas en el desarrollo de un marco legal e institucional de fomento a la innovación en el sector,
- potenciar el marketing internacional de la industria biotecnológica española,
- fomentar las actividades de investigación científica e innovación tecnológica,
- apoyar a los bioemprendedores y la creación de pequeñas y medianas empresas biotecnológicas,
- promover el análisis y la prospección permanente del sector y sus tendencias en el nivel español e internacional,
- fomentar la divulgación de los avances científico tecnológicos de la biotecnología y los beneficios que aporta a la sociedad.

Empresas reunidas en la ASEBIO

La biotecnología tiene un carácter horizontal por la amplitud de conocimientos científicos y tecnológicos que la integran y por la diversidad de aplicaciones que tiene en diferentes sectores. Por ello, en la ASEBIO se agrupan empresas de todos los sectores: salud humana y animal, agricultura, alimentación, medio ambiente, distribución, suministros y bioprocesos (figura 2).

¹⁷ Internet: <http://www.asebio.com>

Figura 2
DISTRIBUCIÓN POR SECTORES Y POR TAMAÑO DE EMPRESA
DE LOS SOCIOS QUE COMPONEN LA ASEBIO



Además, la ASEBIO cuenta, entre sus miembros fundadores, con las más prestigiosas universidades, centros de I+D y centros tecnológicos de España, así como con diversas fundaciones y asociaciones empresariales. Esta Asociación se transforma así en el escenario idóneo para la interacción entre la ciencia, la tecnología, el mercado y los ciudadanos.

Tipos de socios de la ASEBIO

La ASEBIO se compone de diferentes empresas e instituciones, que con fines organizativos se agrupan en dos categorías:

- **Socios de pleno derecho.** Empresas dedicadas, relacionadas o que utilizan la biotecnología en las áreas de investigación, desarrollo, innovación, producción, distribución o comercialización de productos y/o servicios. Estas empresas constituyen el 23% de los socios inscritos.
- **Socios adheridos.** Organizaciones cuyas actividades sean afines de las realizadas por los miembros de pleno derecho. A esta categoría le corresponde el 77% de socios.

Informe ASEBIO 2000

El informe ASEBIO 2000, primero en España referido al sector biotecnológico, aporta una visión global del panorama biotecnológico español. Recoge las opiniones de más de 100 de empresas, 50 instituciones y 60 instituciones de capital riesgo nacionales. En su elaboración han participado expertos en temas legales, sociales, científico-tecnológicos y financieros. Todos han diseñado el Índice ASEBIO que analiza la "temperatura del sector", identificando la situación actual y sus principales tendencias. Asimismo, en el mismo también se incluye un directorio Quién es quién en biotecnología, 100 normativas sobre biotecnología y 300 páginas web de referencia.

A continuación presentamos un resumen de los temas abordados en dicho informe.

Situación actual y antecedentes

Según los datos expuestos en el Informe ASEBIO 2000, la biotecnología factura en España cerca de 4.448 millones de euros.

En diciembre de 2000, el sector de la biotecnología en España comprendía más de 200 empresas, que en conjunto facturaban anualmente cerca de 4.448 millones de euros y daban empleo a 25.000 personas.

Salvando las limitaciones de toda generalización, la empresa tipo de este sector en nuestro país no supera los 500 empleados de plantilla, ha iniciado sus actividades recientemente (el 81% no tiene más de 25 años de vida), está localizada preferentemente en Madrid y Cataluña (ambas regiones agrupan a la mitad de las empresas), tiene un perfil exportador y es intensiva en capital humano (el 52% de la plantilla son titulados superiores), muy innovadora y muy dinámica.

Las áreas de actividad de estas empresas son la salud humana y animal, la agroalimentación, la distribución y el medio ambiente, y desarrollan su actividad en varios subsectores de aplicación de la biotecnología. Por otra parte, se trata de empresas que exportan la mitad de su producción y que son muy innovadoras (el 40% ha desarrollado nuevos productos en el último bienio y gastan un 4% de sus ventas en I+D).

Normalmente las bioempresas son propiedad de empresarios españoles y, en los últimos dos años, una de cada cuatro empresas ha concluido alianzas, fusionado o adquirido otras para formar grupos que ganen en dimensión y competitividad en el mercado nacional e internacional.

La biotecnología despierta un interés creciente entre los inversores, como lo demuestra el hecho de que entre el 25-30% de las empresas de capital riesgo han invertido en empresas de este sector en los últimos 3 años.

España tiene una fuerte tradición en biología, que se remonta a principios de siglo con los trabajos de D. Santiago Ramón y Cajal. La biotecnología surge en los años ochenta con la voluntad de integrar al mundo científico y empresarial a través de políticas proactivas de la administración. Al siglo XXI, España entra con un sistema de innovación en biotecnología con importantes fortalezas científico-tecnológicas y empresariales basadas en la cooperación entre el mundo público y privado.

Entorno empresarial

El mercado biotecnológico debido a su carácter horizontal y multidisciplinar posee una estructura y claves competitivas diferentes según el subsector de que se trate. La apuesta empresarial por el uso de las biotecnologías está provocando, debido a la necesidad de crear sinergias, procesos de fusión o adquisición que hacen converger cadenas de valor muy diferenciadas hasta ahora, como salud humana y agroalimentación.

El alto número de fusiones y adquisiciones que se articulan entorno a plataformas tecnológicas están conformando un modelo de negocio "virtual" en el que se destapan muchas oportunidades para empresas de tamaño mediano que puedan competir globalmente. En el caso español se puede apreciar el inicio de procesos similares (alianzas, fusiones y adquisiciones) que pueden estar adelantando el desarrollo de un modelo de negocio en el que la cooperación interempre-

serial y su gestión sinérgica sea un factor clave de éxito. La evolución reciente del mercado español permite indicar una clara tendencia alcista del crecimiento en cuanto a su volumen de negocio, número de empresas y número de empleados.

Desde el punto de vista económico-financiero, el sector biotecnológico español presenta unos parámetros positivos en cuanto a: crecimiento del beneficio, índice de apalancamiento razonable y buena rentabilidad de activos netos y de recursos propios.

Entorno institucional

La biotecnología ha sido, a lo largo de las dos últimas décadas, una prioridad en las políticas de I+D, tanto en el plano nacional como en el europeo. Las políticas han perseguido el fomento de la investigación de base en biotecnología y la colaboración entre sector público y sector privado. Las iniciativas a escala regional son todavía bastante inespecíficas en lo que se refiere a la biotecnología, aunque la tendencia parece cambiar con la aparición de políticas proactivas en diferentes regiones de España.

Entorno legal

La biotecnología es uno de los sectores más regulados que existen, en contra de la percepción opuesta que tiene la sociedad en general. La regulación se concentra en los subsectores como la salud humana, salud animal, agricultura, alimentación y medio ambiente, que tienen mayor trascendencia política y socio-económica. Los subsectores de suministros y equipos y distribución comparten la regulación con los primeros cinco subsectores con los que se relacionan. El ámbito europeo es el que ofrece mayor número de regulaciones y normativas sobre la biotecnología y sus aplicaciones, seguido por los ámbitos nacional y regional.

Entorno social

Los avances que se producen en la investigación en ciencias de la vida se enfrentan a una reacción social de gran complejidad. La percepción social ante estos avances refleja una mezcla de preocupación y falta de información que se combinan con la presencia de elementos culturales y ciertos valores éticos y sociales. A pesar de ello, en la mayoría de las encuestas del Eurobarómetro, la población española se muestra entre las más optimistas respecto a la biotecnología y sus aplicaciones, aunque, al mismo tiempo, se observa un escaso debate social sobre estos temas.

Entorno de I+D

España dispone de una oferta científico-tecnológica de un nivel comparable a la media europea, aunque todavía no alcanza la masa crítica suficiente. A pesar de ello, muestra un alto nivel de competitividad en los programas europeos y nacionales. La mayor concentración de recursos humanos y técnicos se da en las universidades y en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), institución que destaca por la gran concentración de recursos humanos y actividades.

Entorno de la financiación

La escasa orientación del entorno financiero español hacia la biotecnología es un claro punto débil frente a otros países. A pesar de ello y, tras encuestar 60 entidades de capital riesgo, se detecta una tendencia más proactiva hacia la biotecnología como nicho rentable de inversión. La biotecnología despierta cada vez más interés entre los inversores españoles como lo demuestra

el hecho de que el 25-30% de las empresas de capital riesgo hayan invertido en biotecnología en los últimos tres años.

Las principales barreras aducidas para invertir en biotecnología son: alto nivel de inversión con períodos de madurez altos, dificultad de evaluar los proyectos con activos intangibles, escasez de personal calificado y escaso número de proyectos evaluables.

Las principales oportunidades que detecta el capital riesgo son: mercado con alto crecimiento y potencial económico, sector muy innovador y con una gran capacidad de crear valor para el inversor.

Papel de España en el contexto internacional

Entre los países líderes hay que destacar a Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Alemania y Francia. Estados Unidos sobresale por su liderazgo basado en la existencia de un alto número de empresas de tamaño adecuado que operan en un sistema de innovación dinámico que atrae la atención de inversores y en donde se premia la asunción del riesgo. Como factor común entre todos estos países se puede destacar la existencia de una política proactiva del Gobierno de apoyo a la biotecnología.

Entre los países emergentes cabría destacar México, Taiwan, China, India y Cuba. La mayoría son países en desarrollo y apuestan por posicionarse en nichos específicos del mercado de la biotecnología en el mundo como instrumento que ayude a su despegue económico y social.

España puede tener un papel relevante en el concierto internacional si aprovecha oportunidades estratégicas como las siguientes: actuar como puente empresarial y cultural en el trípode existente entre Europa, Estados Unidos y Latinoamérica; promover la internacionalización del sector biotecnológico español aprovechando las redes comerciales, institucionales y diplomáticas existentes, y aprovechar el potencial científico y tecnológico de España para crear empresas con tamaño suficiente para competir en un mercado global.

Conclusiones

La biotecnología es reconocida por los expertos como un sector de la nueva economía con capacidad de actuar como vector de crecimiento económico y social para aquellos países que fomenten su desarrollo. En efecto, el sector biotecnológico se confirma como un área de actividad empresarial en la que se pueden crear empresas de base tecnológica y empleo calificado de forma estable.

El uso de las biotecnologías en sectores tradicionales está permitiendo procesos de innovación allí donde las tecnologías maduras no eran capaces de afrontar el reto de la innovación. Y, además, la biotecnología está aportando valor de forma horizontal a sus diferentes subsectores de aplicación, de tal forma que se está favoreciendo un proceso de conversión entre cadenas de valor muy diferenciadas hasta ahora como son salud humana y agroalimentación.

Desde el punto de vista estructural, el sector a nivel mundial está en fase de reestructuración, con un alto número de fusiones y adquisiciones que conforman un modelo de negocio virtual. Este modelo empieza a apreciarse tímidamente en el caso español, en donde ya se están produciendo movimientos empresariales con fusiones y adquisiciones incluso entre empresas de subsectores diferentes.

El mercado español está en crecimiento en volumen de negocio (aumento de un 13% en la cifra de negocios en biotecnología entre 1998 y 1999) y se acerca actualmente a los 4.448 millones de euros, al igual que en número de empresas (actualmente se estima un mercado de 200 empresas) así como en número de empleados (aumento de 22.825 a 24.197 personas en el bienio 1998-1999).

Recordemos que el perfil medio de la empresa de biotecnología española tiene las siguientes características:

- Empresa de tamaño medio: menos de 500 empleados.
- Con experiencia reciente en el campo de la biotecnología: el 81% ha iniciado su actividad hace menos de 25 años en este campo.
- Localizada preferentemente entre Madrid y Cataluña: ambas regiones agrupan el 50% de las empresas.
- De propiedad mayoritariamente nacional: el 63% de las empresas.
- Con vocación exportadora: más del 50% de las empresas exportan a Europa.
- Altamente innovadora: el 40% de las empresas ha desarrollado nuevos productos biotecnológicos en los últimos dos años, con un gasto medio del 4% de las ventas en I+D+I (Investigación, Desarrollo e Innovación).
- Intensiva en conocimiento: el 52% de los recursos humanos son titulados superiores y el 9% de la plantilla se dedica a tareas de I+D.
- Muy dinámica con un porcentaje de alianzas o procesos de fusión o adquisición muy elevado: el 26% de las empresas en los últimos dos años.
- Multisectorial: más del 50% de las empresas operan en más de un subsector de aplicación de la biotecnología.

En términos económico-financieros, el sector biotecnológico español presenta resultados positivos, entre los que destacan un mayor crecimiento del beneficio en el bienio 1998-1999 respecto del beneficio medio de la industria española, con un buen índice de apalancamiento y una rentabilidad de activos netos y de recursos propios con tendencia alcista en dicho bienio. Además, las necesidades futuras de financiación para afrontar el crecimiento y los crecientes gastos de innovación auguran una mayor salida a bolsa de pequeñas empresas de biotecnología en los próximos años. En cambio, falta tamaño empresarial, lo cual resta capacidad competitiva en los mercados globales y masa crítica para el desarrollo de capacidades de innovación como clave competitiva en el sector biotecnológico.

En el ámbito de las políticas públicas se aprecia un alto interés por parte de la administración en el impulso del sector biotecnológico español, tanto a nivel nacional como regional, aunque las iniciativas tomadas hasta la fecha, aún siendo meritorias, tienen todavía mucho terreno por recorrer en comparación con la clara apuesta que otros países europeos están haciendo por la biotecnología.

Tras una comparación internacional, se observa la existencia de estructuras específicas promovidas por los Gobiernos de diferentes países que desde la administración promueven y coordinan las actividades necesarias para impulsar el desarrollo de la biotecnología. Este hecho quizás revela la necesidad de articular en nuestro país plataformas similares que actúen como instrumento ejecutor y coordinador de las políticas públicas proactivas en el campo de la biotecnología. En los próximos años, la regulación va a tener un papel fundamental en el desarrollo del sector, en

el que la Comisión Europea es la administración que está marcando los pasos a seguir dentro del marco legal.

La importancia de la divulgación científica y la información al ciudadano se revela como un aspecto clave para la mejora de la comprensión por parte de la sociedad sobre los avances científicos y tecnológicos de la biotecnología.

La gran mayoría de las empresas (87%) financian su I+D con recursos propios, lo que parece sugerir una necesidad de mayor concertación entre el sector público y privado respecto a la financiación de la I+D+I en biotecnología, ya que el apoyo público al sector es un claro elemento diferenciador entre países líderes y seguidores en un mercado global.

El mundo financiero y del capital riesgo parece estar dando sus primeros pasos en la inversión en biotecnología en España. Las encuestas muestran una clara mejoría en cuanto a la intención de invertir en biotecnología, que se ve como un sector de alto potencial de crecimiento en los próximos años. A pesar de ello, la situación actual dista mucho de la de otros países, en donde la biotecnología tiene un mayor peso en la cartera de proyectos del capital riesgo.

En un mercado internacional dominado por Estados Unidos, Japón, Reino Unido, Alemania y Francia, la internacionalización de la biotecnología "Made in Spain" es todavía escasa siendo el mercado español poco conocido fuera de sus fronteras, lo cual dificulta la atracción de inversiones extranjeras. En este sentido, la cooperación internacional es todavía escasa y tiene un alto potencial de desarrollo. Así, España puede tener un papel relevante en el concierto internacional si aprovecha oportunidades estratégicas como la de actuar de puente empresarial y cultural entre Europa, Estados Unidos y Latinoamérica.

Frente a este panorama, el sector presenta también algunos puntos débiles, como por ejemplo, la falta de inversión, tanto desde la iniciativa privada, para generar grupos más grandes y competitivos internacionalmente, como desde la iniciativa pública, ya que, como se ha dicho anteriormente, mayoritariamente las bioempresas financian su I+D con recursos propios.

También se detecta falta de formación. Pese a que la formación científico-técnica es muy buena en España, se percibe un déficit en la gestión empresarial de potenciales bioemprendedores, además de la generalización de estudios de postgrado sobre biotecnología en las universidades.

Para resumir, podemos quedarnos con el siguiente balance sobre el presente y el futuro de la biotecnología en España:

1. La biotecnología es reconocida por los expertos como un subsector de la nueva economía con capacidad para actuar como vector de crecimiento económico y social para aquellos que fomenten su desarrollo.
2. La biotecnología se confirma como un área de actividad empresarial en el que se pueden crear empresas de base tecnológica y empleo calificado.
3. El uso de la biotecnología en sectores tradicionales está permitiendo procesos de innovación allí donde las tecnologías tradicionales no son capaces de afrontar el reto de la innovación.
4. El mercado español está en crecimiento en volumen de negocio, número de empresas y empleados. Asimismo, los resultados económicos y financieros presentan una tendencia positiva siendo algunos de ellos superiores a la media industrial española.

Por último, cabe señalar que la complejidad del sistema nacional de innovación en biotecnología exige y justifica la existencia de una asociación empresarial como la ASEBIO que apueste por la innovación en el sector, facilite el diálogo con las administraciones públicas y se sienta comprometida con la sociedad en la divulgación de los avances y beneficios que la biotecnología aporta como vector de crecimiento económico y social.

Relación entre el Gobierno central y la ASEBIO

La Ministra de Ciencia y Tecnología, Anna Birulés, entabló relación con las empresas del sector de la biotecnología, lo que ha permitido profundizar en la colaboración entre la ASEBIO y el Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Además, la ASEBIO destaca en el fomento del incremento del gasto en investigación y desarrollo de las empresas del sector, así como en el impulso a la financiación del sector a través de mecanismos como el capital riesgo.

4.2.3. Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT)

La Sociedad Española de Biotecnología (SEBIOT) fue constituida formalmente en 1989 con la finalidad de promocionar en España el desarrollo de la biotecnología en todas sus ramas y actividades.

Los principales objetivos de la SEBIOT son:

- promover y organizar reuniones científicas;
- favorecer el contacto entre biotecnólogos y otros científicos y técnicos;
- potenciar la investigación y facilitar la transmisión de conocimientos en biotecnología;
- canalizar las relaciones de colaboración con entidades científicas públicas y privadas;
- fomentar el intercambio con otros países, especialmente en el marco de la UE;
- patrocinar publicaciones científicas.

4.2.4. Centro Nacional de Biotecnología (CNB)

El Centro Nacional de Biotecnología (CNB) fue inaugurado en 1992 con el fin de promover la investigación en biotecnología avanzada, actuando de enlace entre la investigación básica y las aplicaciones industriales. El Centro, con estatutos y funcionamiento propios, pertenece al Consejo Superior de Investigaciones Científicas y está dirigido por un patronato en el que se encuentran representados varios Ministerios, la universidad, la Comunidad Autónoma de Madrid y la industria. El CNB se organiza en cinco Departamentos:

- Biología Molecular y Celular,
- Biotecnología Microbiana,
- Genética Molecular de Plantas,
- Estructura Macromolecular,
- Inmunología y Oncología.

Los mayores esfuerzos de investigación se concentran en las áreas de medicina, agricultura y medio ambiente. Concretamente, existen proyectos específicos enfocados a la genómica y proteómica funcional; desarrollo de herramientas bioinformáticas; control del crecimiento celular y cáncer; mecanismos de envejecimiento y apoptosis; desarrollo de modelos animales para enfermedades autoinmunes crónicas y enfermedades infecciosas y tumorales; desarrollo de vectores para terapia genética; construcción de vacunas para humanos y animales de granja; desarrollo de plantas resistentes a estrés; construcción de nuevos microorganismos para recuperación ambiental; producción de antibióticos y enzimas hidrolíticas, y descubrimiento de compuestos inmunomoduladores.

4.2.5. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)

El Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) es un motor importante para el desarrollo biotecnológico. Dentro del CSIC existen diferentes institutos que realizan investigación básica, en cuyo marco pueden desarrollarse aplicaciones biotecnológicas, pero también hay otros institutos que contribuyen de forma directa al desarrollo industrial de los bioprocesos. A esta última categoría pertenece el Instituto de Fermentaciones Industriales (IFI), cuyas líneas de investigación son:

- modificaciones e interacciones de los constituyentes de los alimentos, durante los procesos tecnológicos;
- cambios en el contenido de compuestos fenólicos en alimentos sometidos a diversos tratamientos: germinación, fermentación, envejecimiento, etc.;
- modificación del contenido vitamínico y de la fracción nitrogenada en leguminosas, vinos, zumos y productos lácteos;
- selección de indicadores químicos para el control de procesos;
- identificación de péptidos bioactivos en alimentos obtenidos por fermentación.

En lo referente al desarrollo de nuevos métodos analíticos para la caracterización y control de calidad de alimentos, el IFI se dedica a:

- la optimización de las técnicas electroforéticas (electroforesis capilar, en geles ultrafinos, transferencia electroforética, etc.) para la detección de proteínas de distintos orígenes en alimentos y para el análisis enantioselectivo de moléculas diana en alimentos;
- el acoplamiento directo entre cromatografía de líquidos en fase inversa y cromatografía de gases (RPLC-GC) para el estudio de aceites vegetales y de la composición enantiomérica de algunos compuestos de los alimentos;
- la caracterización de alimentos transgénicos mediante el uso combinado de técnicas bioquímicas y electroforéticas capilares;
- el desarrollo de métodos de biología molecular para la detección de bacterias lácticas aminobiogénicas.

Dentro del ámbito del desarrollo de nuevos procesos y productos, el IFI trabaja en los siguientes temas:

- producción biotecnológica de enzimas de interés alimentario;
- eliminación de antinutrientes en leguminosas;

- extracción de compuestos de alto valor añadido y potencialmente bioactivo, mediante el empleo de tecnologías de fluidos supercríticos;
- tratamiento de productos lácteos con altas presiones para la prolongación de su vida útil y para la mejora de su aptitud tecnológica;
- caracterización y propiedades de interés tecnológico y biológico de compuestos procedentes de hidrólisis y glicosilación de proteínas lácteas para su utilización como ingredientes en alimentos funcionales.

Por último, en lo referente al desarrollo de cultivos microbianos y caracterización molecular de microorganismos de interés alimentario, este Instituto trabaja en:

- cultivos microbianos para la elaboración de alimentos tradicionales;
- la caracterización molecular de levaduras y bacterias de interés enológico;
- la modificación genética de levaduras para la producción de nanoproteínas estabilizantes y para acelerar el envejecimiento de vinos espumosos.

4.2.6. Desarrollo de la biotecnología desde el Gobierno español

Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT)

El Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) es el instrumento del Ministerio de Ciencia y Tecnología que pretende movilizar a las empresas y a otras entidades para desarrollar actividades de investigación y desarrollo tecnológico a través de ayudas públicas.

El PROFIT está integrado por las áreas científico-tecnológicas y las áreas sectoriales del Plan Nacional Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) para el período 2000-2003, cuya gestión corresponde a los órganos superiores y directivos del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

A este programa se incorporan también las líneas de ayudas a la investigación científica y al desarrollo tecnológico previstas en la Iniciativa Estratégica del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información (INFO XXI).

Los objetivos del PROFIT son:

- a) Incentivar la aplicación del conocimiento y la incorporación de nuevas ideas al proceso productivo.
- b) Contribuir a las condiciones que favorezcan el aumento de:
 - la capacidad de absorción tecnológica de las empresas;
 - el fortalecimiento de los sectores y mercados de rápido crecimiento;
 - la creación y desarrollo de las empresas de base tecnológica, especialmente de elevada tecnología.

El programa PROFIT fue convocado por primera vez mediante Orden de 7 de marzo de 2000, que ha sido objeto de diversas modificaciones producidas como consecuencia, por una parte, de la creación del Ministerio de Ciencia y Tecnología y, por otra, de la evolución flexible del Plan Nacional de I+D+I, como instrumento en evolución de acuerdo con el cambio científico y tecnológico.

Las áreas científico-tecnológicas del Plan Nacional de I+D+I quedan establecidas en los siguientes Programas Nacionales:

- Programa Nacional de Biotecnología (incluye la acción genómica y proteómica),
- Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial,
- Programa Nacional de Materiales,
- Programa Nacional de Procesos y Productos Químicos,
- Programa Nacional de Recursos Naturales Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias,
- Programa Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones,
- Programa Nacional de Socioeconomía,
- Programa Nacional de Biomedicina (incluye veterinaria y Acción Profarma).

Las áreas sectoriales del Plan Nacional de I+D+I son las cubiertas por los siguientes programas:

- Programa Nacional de Aeronáutica,
- Programa Nacional de Automoción,
- Programa Nacional de Energía,
- Programa Nacional de Espacio,
- Programa Nacional de Medio Ambiente,
- Programa Nacional de Sociedad de la Información,
- Programa Nacional de Transportes y Ordenación del Territorio.

El Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial comprende los proyectos y actuaciones de investigación científica y desarrollo tecnológico y de sus sistemas de producción que no se adecuen a las áreas temáticas y acciones estratégicas de los restantes Programas Nacionales.

El Programa Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, el Programa Nacional de Sociedad de la Información, el Programa Nacional de Transportes y Ordenación del Territorio y la Acción Estratégica sobre Gestión del Tráfico Aéreo y Aeroportuario del Programa Nacional de Aeronáutica serán gestionados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en el ámbito de sus competencias y en el marco de la Iniciativa Estratégica del Gobierno para el Desarrollo de la Sociedad de la Información (INFO XXI).

Asimismo existirán una acción horizontal de apoyo al sistema de garantías que facilite el acceso de los proyectos y actuaciones de investigación científica y desarrollo tecnológico empresarial a los créditos que presten las entidades financieras y una acción horizontal de apoyo a centros tecnológicos que realicen proyectos y actuaciones previstas en los programas nacionales correspondientes a las áreas científico-tecnológicas y sectoriales cuya gestión corresponde al Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Los proyectos y actuaciones susceptibles de ser objeto de las ayudas previstas en el Programa de Fomento de la Investigación Técnica deberán responder a los siguientes tipos:

- a) **Proyectos de investigación industrial:** Proyectos orientados a la investigación básica relacionada con el Programa Nacional correspondiente, que estará planificada para la adquisición de nuevos conocimientos que puedan resultar de utilidad para la creación de nuevos productos, procesos o servicios tecnológicos o contribuir a mejorar cualquiera de los ya existentes.

- b) **Estudios de viabilidad técnica previos a actividades de investigación industrial:** Los estudios críticos o los estudios de viabilidad destinados a la adquisición de conocimientos que puedan resultar de utilidad para la creación o mejora de productos, procesos o servicios tecnológicos.
- c) **Proyectos de desarrollo precompetitivo:** Los proyectos dirigidos a la materialización de los resultados de la investigación industrial en un plano, esquema o diseño para productos, procesos o servicios de tecnología nueva, modificada o mejorada, destinados a su venta o su utilización, incluida la creación de un primer prototipo no comercializable. En estos proyectos podrán incluirse los diagnósticos tecnológicos y los proyectos de mejora de la gestión de la investigación técnica.
- d) **Proyectos de demostración tecnológica:** Los proyectos destinados al desarrollo de proyectos piloto o demostraciones iniciales derivados de proyectos precompetitivos no utilizables para aplicaciones industriales o para su explotación comercial. Estos proyectos podrán ser desarrollados por una o varias entidades, con participación de usuarios que intervienen en la definición de las especificaciones y en el seguimiento del proyecto. El resultado final de este desarrollo será un prototipo de demostración, validado por los usuarios y con proyección internacional.
- e) **Acciones especiales:** Actuaciones de difusión dirigidas a todas las empresas de los sectores empresariales, de los resultados de las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, así como de los instrumentos de las políticas públicas de fomento de dichas actividades orientadas al proceso de transferencia de tecnologías dentro del sistema ciencia-tecnología-empresa. Entre otras actuaciones, se encuentran la organización de congresos, seminarios o conferencias en territorio nacional, en particular de aquellos eventos con participación internacional, así como las actuaciones dirigidas a la promoción en el exterior de los desarrollos tecnológicos.
- f) **Acciones en programas internacionales:** Actuaciones favorecedoras de la participación en distintos programas: EUREKA, IBEROEKA, programas marco de la Comunidad Europea para acciones de investigación, demostración y desarrollo tecnológicos, así como otros programas internacionales de cooperación en investigación científica y desarrollo tecnológico.
- g) **Proyectos de investigación socioeconómica:** Estudios y actuaciones dirigidos a mejorar la calidad de la investigación, análisis, diseño y evaluación de las distintas alternativas de política económica, social e industrial en el marco de la progresiva integración de los mercados, estudios dirigidos a la identificación de los factores clave determinantes del crecimiento económico y de la competitividad, evaluación económica y social de las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, así como determinación de los efectos de las actuaciones efectuadas sobre la calidad de vida, el bienestar social y la creación de empleo.

Dichos tipos de proyectos podrán realizarse conforme a las siguientes modalidades: proyecto o actuación tecnológico individual o bien proyecto o actuación tecnológico en cooperación.

En cuanto al Programa Nacional de Biotecnología, los objetivos del mismo son:

- a) potenciar los proyectos y actuaciones de investigación científica y desarrollo tecnológico en las empresas relacionadas con la biotecnología;

- b) impulsar y facilitar el desarrollo de procesos basados en la biotecnología en empresas de diversos sectores industriales y de servicios;
- c) contribuir al desarrollo de tecnologías y productos que puedan incorporarse al mercado en plazos adecuados;
- d) alcanzar un nivel internacional de competitividad;
- e) favorecer el desarrollo en genómica y proteómica, orientado a aplicaciones de interés en la salud humana y animal, la agroalimentación y los procesos de producción industrial.

Los beneficiarios de las ayudas previstas en este Programa Nacional podrán ser:

- empresas;
- agrupaciones o asociaciones de empresas;
- organismos públicos de investigación;
- centros privados de investigación y desarrollo sin ánimo de lucro;
- entidades de Derecho público, en el caso de los proyectos o actuaciones incluidos en los apartados 1.e), f) y g) del artículo 3 de la Orden correspondiente.

Las áreas temáticas prioritarias de este programa son:

- a) Biotecnología aplicada al análisis y diagnóstico:
 - tecnologías de identificación y de análisis genético;
 - desarrollo de tecnologías y sistemas para diagnóstico y seguimiento de enfermedades humanas y animales;
 - desarrollo de tecnologías y sistemas de detección de patógenos vegetales; identificación de variedades vegetales y de razas animales;
 - desarrollo de tecnologías y sistemas de detección de sustancias de origen químico o biológico y de microorganismos para su aplicación en la caracterización de productos industriales, alimentos, efluentes, etc.;
 - desarrollo de biosensores.
- b) Desarrollo de procesos biotecnológicos, fermentativos y enzimáticos:
 - ingeniería de procesos y tecnologías de control y operación de biorreactores;
 - obtención de productos de aplicación en salud humana y animal, agricultura, procesos de transformación en química y producción de alimentos, aditivos, biofertilizantes, etc. mediante procesos de biotransformación, fermentativos, enzimáticos y otros procesos de biorremediación;
 - tecnologías y sistemas de extracción y purificación de sustancias.
- c) Mejora genética de microorganismos, plantas y animales:
 - tecnologías de mejora genética, transformación, multiplicación y cultivo *in vitro* de plantas de interés agrícola o forestal;
 - tecnologías de reproducción y mejora genética de especies animales de interés económico;
 - microorganismos de interés industrial por su aplicación en procesos fermentativos, cultivos iniciadores, obtención de sustancias, etc.
- d) Acción en genómica y proteómica:
 - genómica estructural y funcional de genes y genomas de interés en la salud humana y animal, agricultura, ganadería y procesos de producción industrial;

- proteómica orientada al desarrollo de proteínas y moléculas biológicas de interés en la obtención de productos de aplicación en salud, alimentación, etc.

Programa EUREKA

Esta iniciativa europea en I+D se consolida como herramienta principal para la innovación empresarial europea.

Los Ministros y representantes de los 26 países EUREKA, más la Comisión de las Comunidades Europeas, reunidos en su XVIII Conferencia Ministerial EUREKA (Hannover, 23 de Junio de 2000), adoptaron el documento *EUREKA 2000+. Principales Líneas de Actuación*. Por su parte, España en esa misma cita asumió la Presidencia de este programa: la más alta jerarquía en EUREKA ha permitido que España proponga y ponga en marcha las próximas líneas estratégicas en materia de I+D para la industria y los servicios europeos.

En Hannover, los máximos responsables de EUREKA destacaron la importancia de esta iniciativa europea para la cooperación en I+D+I, tanto por su labor desde 1985, como por el papel primordial que debería tener en la futura Área de Investigación Europea. Entre otros temas, insisten en la necesidad de internacionalizar las PYME y en la importancia de intercambiar información de los respectivos sistemas de financiación nacionales.

El documento *EUREKA 2000+* pretende estimular la generación de proyectos a través de medidas de apoyo y financiación para la cooperación internacional en I+D y se sugiere la posibilidad de una mejor coordinación de los distintos sistemas nacionales de financiación, al considerar, por ejemplo, la creación por parte de los diferentes miembros de un instrumento financiero para la cooperación internacional.

Esta conferencia ministerial aprobó las solicitudes de Israel, Croacia y Letonia como nuevos países EUREKA, que cuenta así con 30 miembros. También se anunció oficialmente la aprobación de 164 nuevos proyectos EUREKA, por valor de 406 millones de euros. De acuerdo con estos datos, se aprobaron 40 proyectos con participación española, por lo que España se situó en el tercer puesto en el rango de países por volumen de participación y en el segundo en cuanto a proyectos liderados. Esta participación española supone una inversión total de unos 48,1 millones de euros.

Por su parte, el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) —adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología y que, por delegación de éste, gestiona el Programa EUREKA en España— ha creado la oficina del programa EUREKA, que ya canaliza todos los temas referidos a esta Presidencia.

Conviene recordar que EUREKA ha sido desde sus comienzos un programa prioritario para la administración española, que le ha dado un trato preferencial en sus ayudas financieras. En particular, el Ministerio Ciencia y Tecnología, a través de la iniciativa PROFIT, ofrece a las industrias subvenciones hasta un 35% del presupuesto del proyecto y el CDTI financia a las empresas participantes en Proyectos EUREKA con créditos sin intereses a un plazo de amortización de 8 años, que cubren hasta un 60% del presupuesto del proyecto. En cuanto a las principales tecnologías involucradas en los proyectos españoles, 12 son de biotecnología y agroalimentación, 11 de tec-

nologías de la información e informática, 8 de nuevos materiales y robótica, 5 de medio ambiente y 4 de transportes y energía.

Habitualmente España ha participado en todos los proyectos estratégicos EUREKA: EURIMUS (dedicado a los microsistemas), PIDEA (interconexión y empaquetado en microelectrónica), ITEA (*middleware*, software masivo para aplicaciones) y SCARE (reciclado de sistemas electrónicos). Además, España lidera dos de estos grandes proyectos: ANGEL (dedicado a la localización y desactivación de minas antipersonales) y EUROFOREST (cuyo objetivo es la producción de especies arbóreas de madera noble mediante el uso de nuevas técnicas avanzadas de cultivo). Ambos proyectos han despertado un gran interés en toda la red EUREKA, en la que más de 50 organizaciones de 25 países participan hasta la fecha en los mismos. Aprovechando la nueva Presidencia de la Unión Europea, España quiere iniciar un nuevo proyecto estratégico dedicado a la tecnología en el sector turismo y ocio, el proyecto EUROTOURISM.

4.2.7. Interacción entre el Gobierno central y los autonómicos para impulsar la biotecnología

El 16 de julio de 2001, la Ministra de Ciencia y Tecnología firmó con el presidente de la Junta de Castilla y León un Acuerdo Marco en materia de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, con el objetivo común de promover el desarrollo de una investigación de excelencia que contribuya al avance del conocimiento y a elevar el nivel tecnológico de las empresas para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos e incrementar la competitividad de las empresas. Éste es el segundo Acuerdo Marco que firma el Ministerio de Ciencia y Tecnología con una Comunidad Autónoma, después del que cerró con Xunta de Galicia, el pasado mes de junio.

Para la consecución de los objetivos que persigue el Acuerdo Marco, tanto el Ministerio como la Junta pondrán en marcha actuaciones de fomento de la actividad investigadora, el Plan Nacional de I+D y el Plan Tecnológico Regional de Castilla y León. Las dos partes han coincidido en la necesidad de potenciar la creación de masas críticas para afrontar los desafíos que la investigación española tiene planteados, propiciar la internacionalización de los grupos empresariales españoles, en especial en el contexto del Espacio Europeo de Investigación, incrementar la cantidad y calidad de los recursos humanos en investigación, propiciar la transferencia tecnológica al sector empresarial y la difusión científica y tecnológica.

Las actuaciones conjuntas de cooperación se concentrarán en las siguientes áreas: biomedicina, biotecnología, productos y procesos químicos, recursos y tecnologías agroalimentarias, alimentación, automoción, telecomunicaciones y aeronáutica.

4.2.8. Mejora del marco normativo para la promoción de la innovación en España

El 27 de marzo de 2001 la Ministra de Ciencia y Tecnología, Anna Birulés, destacó la sustancial mejora que se ha producido en el marco regulador para la promoción de la innovación en España.

En el Foro para la Competitividad Empresarial - Innovación 2001, la Ministra señaló que en los últimos meses se había consolidado el marco general de normas que deben permitir un aumento de la actividad de innovación en España y señaló como una de las medidas más importantes de

este marco "la sustancial potenciación de los incentivos fiscales a la innovación, aumentando los conceptos de deducción y los porcentajes deducibles". Asimismo, la Ministra de Ciencia y Tecnología también señaló que esta mejora ha incrementado "los incentivos fiscales para I+D ya existentes y se han introducido nuevos incentivos para la innovación tecnológica". Gracias a estas medidas, el trato fiscal a la innovación tecnológica en España es ya el más favorable de Europa.

Igualmente, la Ministra destacó entre este marco general normativo favorecedor de la innovación una serie de condiciones macroeconómicas, como la estabilidad presupuestaria y la contención de la inflación, la liberalización de los mercados, y una regulación específica que dote a la sociedad de confianza ante los retos que plantean las nuevas tecnologías en aspectos como la protección de los datos y la intimidad, la protección del consumidor en el comercio electrónico, la publicidad, o la propiedad intelectual.

Por último, la Ministra señaló que el Programa de Fomento de la Investigación Técnica (PROFIT) es una de las principales herramientas de promoción de la innovación desde el Ministerio de Ciencia y Tecnología, dentro del marco general de los recursos que el Gobierno destina a actividades de I+D, y que en el año 2001 superaron los 3 millones de euros.

Entre los programas asociados a los proyectos finalmente aprobados por el PROFIT en el año 2000 y que han movilizado un mayor volumen de inversión destacan los realizados en los siguientes sectores:

- biomedicina (Acción Profarma), con 208 millones de euros de inversión asociada a sus proyectos aprobados;
- materiales, con 184 millones de euros;
- gestión y tratamiento de residuos, con 178 millones de euros;
- procesos y productos químicos, con 144 millones de euros;
- automoción, con 115 millones de euros;
- material ferroviario, con 55 millones de euros;
- agroalimentación, con 40 millones de euros;
- biotecnología, con 36 millones de euros.

4.3. BIOTECNOLOGÍA EN FRANCIA

El desarrollo biotecnológico en Francia se ha convertido en un verdadero boom industrial. En el año 2000, este país contaba con cerca de 250 empresas biotecnológicas y ocupaba el tercer lugar en el nivel europeo en cuanto a la creación de empresas biotecnológicas.

La industria biotecnológica apareció en Francia en los ochenta, pero más del 80% de las empresas biotecnológicas fueron creadas después de 1990. A partir de 1997, y más claramente desde 1999, ha habido una explosión de jóvenes empresas biotecnológicas por toda Francia¹⁸.

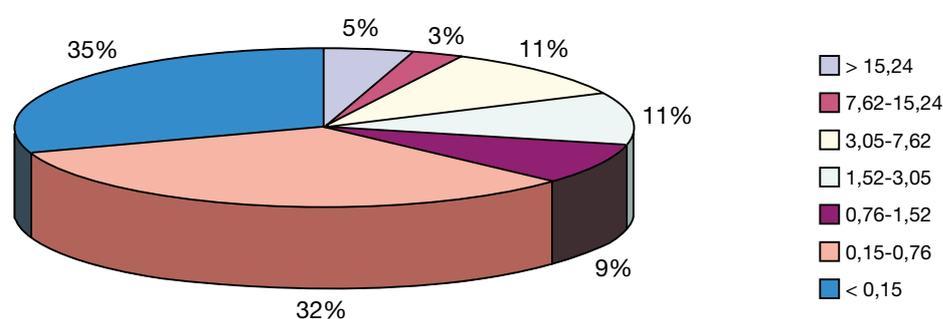
Varias de las compañías creadas en los años ochenta son ahora empresas sólidas, de reconocido prestigio en el nivel mundial y líderes en el campo de la genómica, terapia génica, microbiolo-

¹⁸ Para más información consulte France Biotech (<http://www.france-biotech.org>).

gía y diagnóstico médico. Las empresas que fueron creadas después (a partir de los años noventa) se han visto favorecidas principalmente por mejores condiciones económicas y financieras (como diferentes medidas financieras, el movimiento de capital en bolsa y los nuevos mercados). También, ha contribuido la actitud hacia la empresa involucrada en investigación y la atención que reciben estas empresas desde el Gobierno, puesto que se han establecido una serie de medidas financieras y estructurales para su apoyo. Por todo ello, recientemente se han creado cerca de 100 nuevas empresas biotecnológicas en Francia (figura 3).

Figura 3
DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS FRANCESAS CON RELACIÓN A SU CAPITAL

Fuente: Ministerio de Investigación de Francia (1998)



En millones de euros

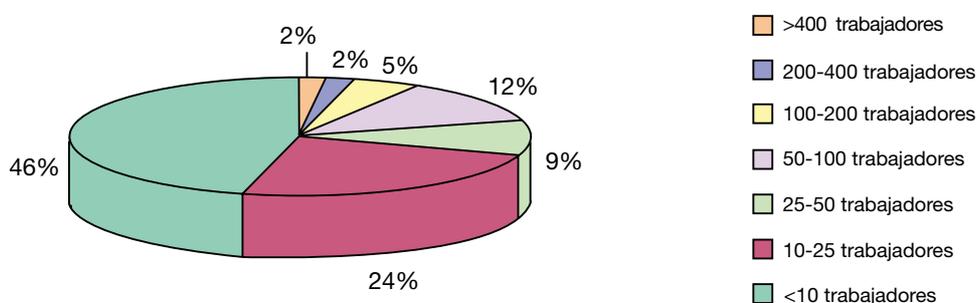
La mayoría de estas empresas jóvenes son innovadoras en sus inicios o son empresas de servicios con alto valor añadido y muchas aún no alcanzan el estado de comercialización de sus productos y prestación de servicios. Sin embargo, pueden operar de forma simultánea, es decir, generando y comercializando biotecnología.

4.3.1. Estado de la empresa biotecnológica francesa

El sector biotecnológico se encuentra aún muy fragmentado: el 70% de las empresas emplea menos de 10 personas. Son pocas las empresas consolidadas que tienen más de 100 personas en plantilla (figura 4). El personal de estas empresas está, por lo general, altamente calificado (doctores, ingenieros y técnicos). Varias de estas empresas han sido creadas para transferir tecnología, de tal forma que no es extraño que estas empresas se encuentren frecuentemente en los centros o institutos de investigación y cerca de grandes centros hospitalarios para beneficiarse tanto del material y la ayuda logística como del apoyo y la colaboración académica indispensable para su desarrollo.

Figura 4
DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS FRANCESAS SEGÚN NÚMERO DE EMPLEADOS

Fuente: Ministerio de Investigación de Francia (1998)



La industria farmacéutica ha contribuido significativamente al establecimiento de empresas biotecnológicas en Francia, y lo importante de este hecho es la distribución de las empresas en la geografía francesa. En realidad, se ha establecido una red de empresas innovadoras por toda Francia, lo que origina que se haga referencia a *biopolos* para remarcar el carácter regional del desarrollo biotecnológico. Los biopolos biotecnológicos tienen características particulares y una dinámica propia que propicia su capacidad para facilitar la interacción entre diferentes empresarios o investigadores para la creación de empresas y la transferencia de tecnología a través de infraestructuras, servicios y condiciones adecuadas para iniciar el crecimiento y desarrollo de las empresas biotecnológicas. En este sentido, la existencia de estos biopolos resulta favorable.

Todas las empresas biotecnológicas quedan englobadas en estos biopolos, pero también puede realizarse otro tipo de división. Por ejemplo, cuando se habla de las empresas francesas especializadas en genómica y postgenómica, hay que pensar que estas empresas se encuentran distribuidas entre ocho regiones francesas que reciben la denominación de genopolos: París, Lille, Estrasburgo, Lyon, Grenoble, Marsella, Montpellier, Toulouse y Burdeos.

La distribución de empresas biotecnológicas en todas las regiones de Francia es un hecho favorable cuando se distribuye el apoyo desde el Gobierno central y las regiones. Sin embargo, también existen regiones con empresas biotecnológicas únicas por su especialización; por ejemplo, la biotecnología en plantas se concentra en las regiones de Clermont Ferrand, Nantes y en Picardía.

4.3.2. Sectores de la industria biotecnológica francesa

La dinámica de la industria biotecnológica en Francia se ha concentrado en el área de la salud humana. Cerca del 70% de las empresas biotecnológicas desarrollan sus actividades en aplicaciones relacionadas con la salud humana (tabla 1). Concretamente, el sector biotecnológico que se dedica a la alimentación y agricultura abarca un 20% de las empresas y el 10% de las empresas biotecnológicas trabajan en áreas de la protección del medio ambiente, cosméticos y otras aplicaciones industriales, según datos estadísticos del año 1998.

Tabla 1: Distribución de las empresas biotecnológicas por sus actividades específicas en el sector de la salud humana

Actividad	% de empresas
ADN antisentido	1,3
Screening de alta resolución	4,1
Química combinatoria	4,1
Genómica estructural	6,8
Vacunas	9,4
Reactivos	10,8
Farmacogenómica	12,2
Terapia celular	13,5
Terapia génica	16,2
Proteínas terapéuticas	16,2
Otros	18,9
Subcontratación	18,9
Vectorización y liberación de fármacos	21,6
Genómica funcional	24,3

Fuente: Xerfi (encuesta del año 2000)

La actividad biotecnológica en el sector de la salud humana es tan importante en Francia que aún sigue en expansión. En el año 1999, este sector experimentó un incremento del 25%, en gran parte consecuencia de un mayor mercado extranjero para los productos franceses. El crecimiento de las empresas biotecnológicas en el sector de la salud es muy rápido. En 1999, toda la industria biotecnológica de Francia generó 2.000 millones de euros y el sector de la salud generó unos 300 millones de euros, lo cual significó un incremento del 20% con respecto al 1998. Para el año 2001, se estimó un crecimiento del 30%, y el crecimiento medio de 5 años consecutivos en el sector de las biotecnologías relacionadas con la salud se estima al 28%, que es muy rápido, no sólo en Francia, sino en cualquier otro país.

Otro buen indicador de la actividad industrial en biotecnología son los registros de patentes. La oficina de patentes de Francia (INPI-OST) entre 1995 y 1998 ha informado de lo siguiente:

- El 20% de empresas que han registrado una patente fueron constituidas hace menos de 10 años.
- El 21% de las empresas que han registrado patentes son de la industria farmacéutica.
- El 32% de las patentes biotecnológicas son del sector farmacéutico.

En la práctica, la industria biotecnológica francesa ha alcanzado la madurez. Un indicador de esto es la autofinanciación de sus programas de investigación y desarrollo por parte del 60% de las empresas, gracias a la prestación de servicios y licencias que se han conseguido por el desarrollo e investigación de plataformas tecnológicas propias.

Los datos financieros como el capital invertido (aún siendo una inversión de riesgo) en la industria biotecnológica evidencian la madurez del sector. En el ámbito de la biotecnología relacionada con las ciencias de la vida, se invirtieron 200 millones de euros en el año 2000, con lo que el capital de

las empresas biotecnológicas a finales de este mismo año era de 1.900 millones de euros. El incremento del número de empresas biotecnológicas motivó que en 1997 formaran France Biotech¹⁹, una asociación para la industria biotecnológica.

France Biotech trabaja activamente para introducir cambios económicos y reguladores que beneficiarán el sector industrial basado en la biotecnología y también representa y promueve el sector biotecnológico y la creación de empresas. Para ello, formula propuestas y recomendaciones al Gobierno francés. Por otro lado, France Biotech es una referencia internacional para hacer contactos de negocios e intercambios de ideas y establecer relaciones de colaboración entre empresas, objetivo que consigue a través de su interacción con asociaciones similares en otros países.

El ámbito de actuación de varias empresas biotecnológicas francesas es internacional. Esta tendencia se ha logrado a través de la fusión con empresas de Estados Unidos y con entidades académicas, por medio de grupos de investigación de diferentes universidades. Esta característica que describe la empresa biotecnológica consolidada es también consecuencia de la presión competitiva a nivel mundial y al crecimiento acelerado de nuevas empresas. Se podría describir como una nueva estrategia en unos planes de desarrollo de las empresas que son clave para las nuevas empresas biotecnológicas, denominadas empresas de segunda generación.

Un claro ejemplo de esta situación internacional es la empresa Genset que se creó en los años noventa. Genset se inicia con la producción de oligonucleótidos, al mismo tiempo que estas macromoléculas son consumidas en gran cantidad por la misma empresa en sus actividades de investigación. En la actualidad, la división Oligos de Genset es líder mundial en la producción sintética de ADN y tiene sucursales en Estados Unidos, Japón, Singapur y Australia. Genset quiere alcanzar estos mismos logros internacionales en su investigación genómica. Su centro de investigación está localizado en el genopolo del Evry, cerca de París, y su segundo centro se encuentra en La Jolla (California, Estados Unidos), donde sus equipos de investigación trabajan en fisiología genómica, epidemiología y bioestadística. Genset ha firmado una serie de acuerdos con empresas farmacéuticas como los Laboratorios Abbot, Pharmacia & Upjohn, Janssen Pharmaceutica, Sanofi-Synthelabo, Genetics Institute (AHP), Wyeth-Lederle Vaccines (AHP), Algene Biotechnologies Corp. y Ceres. Sus colaboraciones académicas incluyen centros como la Escuela de Medicina de la Universidad John Hopkins, el Whitehead Institute y la Comisión para la Energía Atómica (CEA).

4.3.3. Razones del desarrollo biotecnológico en Francia

El gran desarrollo biotecnológico de las empresas francesas es consecuencia de diversas condiciones favorables para ello, y una de estas condiciones es que tradicionalmente Francia ha tenido un nivel de investigación excelente. Por tanto, la creación de empresas biotecnológicas en Francia es fruto de una dinámica natural. Las primeras bioempresas —la primera generación que surgió de forma natural por la propia dinámica de investigación— permitieron que se creara un ambiente propicio para el desarrollo y creación de nuevas empresas biotecnológicas. Resumiendo, podríamos decir que los factores que explican este desarrollo son:

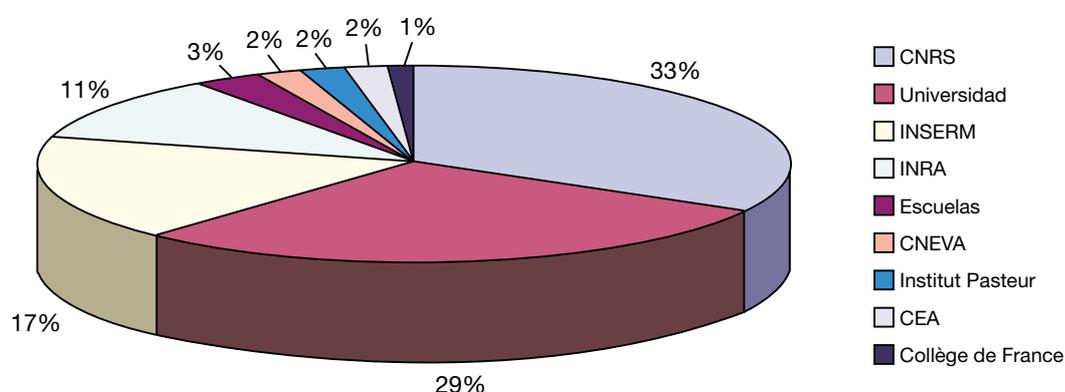
¹⁹ Internet: <http://www.france-biotech.org>

- la excelencia de la investigación científica en Francia,
- la implicación del Gobierno central y las instituciones locales en la creación de bioempresas,
- la presencia de fuentes adecuadas de financiación (capital de inversión, mercado, etc.).

En la actualidad, Francia tiene los recursos humanos y financieros para desarrollar las empresas biotecnológicas, desde la creación de nuevas y pequeñas empresas hasta la financiación, y para consolidar de esta forma las empresas existentes y desarrollar su nivel internacional.

Figura 5
INVESTIGACIÓN BIOTECNOLÓGICA PÚBLICA EN CIENCIAS DE LA VIDA

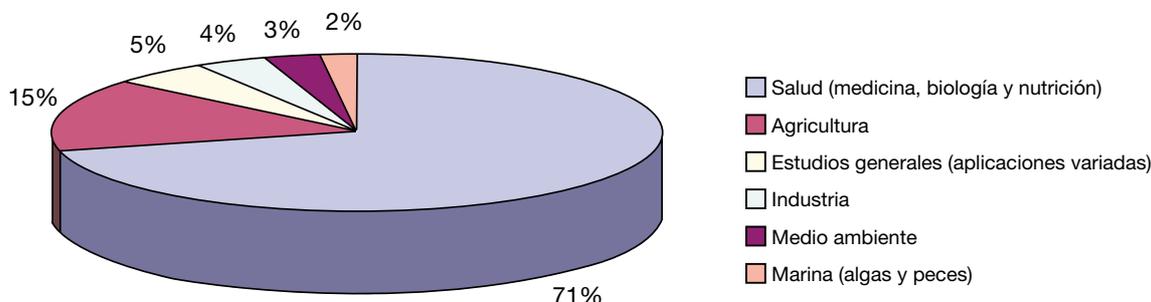
Fuente: Ministerio de Investigación (1988)



La existencia de instituciones de reconocido prestigio internacional constituye una condición favorable para el desarrollo de investigación biotecnológica en Francia (figura 5). Estas instituciones son: el CNRS (Centro Nacional de Investigación Científica), el INSERM (Instituto Nacional de Salud y de Investigación Médica), el INRA (Instituto Nacional de Investigación Agronómica), el Institut Pasteur, la CEA (Comisión para la Energía Atómica), el IFREMER (Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar) y el CNEVA (Centro Nacional de Estudios Veterinarios y Alimentarios).

En 1999, el CNRS dedicó 457 millones de euros a las ciencias de la vida. Sus estudios tienden a ser interdisciplinarios, lo que significa que el trabajo se desarrolla en varios equipos de forma multidisciplinar, con lo cual sus resultados están mejor valorizados. En el CNRS hay 5.600 personas trabajando en ciencias de la vida, una de las líneas prioritarias del CNRS y de otras instituciones (figura 6).

Figura 6
INVESTIGACIÓN EN CENTROS DE INVESTIGACIÓN POR ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN
Fuente: Ministerio de Investigación (1998)



4.3.4. Legislación que favorece la innovación

Francia ha introducido recientemente un conjunto de medidas e incentivos para reforzar la transferencia de tecnología y la creación de empresas innovadoras.

Ley de Innovación e Investigación

La Ley de Innovación e Investigación, promulgada el 12 de Julio de 1999 (Ley 99-587), favorece la creación de empresas por investigadores. Esta Ley tiene 4 ejes principales:

- **Facilitar la incorporación de investigadores en la industria.** Los investigadores, docentes/investigadores y jóvenes doctores pueden iniciar y/o tomar parte en la creación de una empresa, de tal forma que sus investigaciones se aprovechan y a la vez mantienen su empleo en el sector público. Además, por un período de tiempo específico, el personal investigador puede participar como asociado o cumplir funciones directivas en las nuevas empresas. Finalizado este período deberán optar entre volver al sector público o permanecer definitivamente en la empresa. Este personal investigador también pueden cumplir funciones de consultor o en el comité de administración de estas empresas.
- **Cooperación entre los sectores de investigación pública y privada.** Esta cooperación permite el desarrollo de actividades comerciales e industriales como servicios, administración de contratos de investigación o administración de organizaciones del sector público. La Ley también simplifica los trámites administrativos y firmas de contratos entre organismos de investigación, universidades y empresas.
- **Reducción de impuestos para las empresas innovadoras.** La Ley ha permitido una rebaja de los impuestos (mediante BSPCE y el FCPI) y ha creado un crédito que favorece la investigación (Crédit d'Impôt Recherche). Estas ventajas fiscales intentan promover la creación de empresas por parte de jóvenes investigadores.
- **Marco legal para empresas innovadoras.** El objetivo es beneficiar todas las empresas innovadoras, incluyendo las empresas de reciente creación, aunque sean consideradas de alto riesgo empresarial.

El programa Bioincubador

La dinámica natural del sector biotecnológico en Francia en los últimos años es consecuencia de la creación de un programa muy completo donde participan tanto el sector público como el privado para ayudar a la creación de nuevas bioempresas. El programa Bioincubador ofrece apoyo a los proyectos en cuanto a su ejecución, supervisión y financiación y también proporciona espacios para oficinas o laboratorios a las nuevas empresas (denominados incubadores) hasta que éstas encuentren su lugar propio como empresa innovadora o sea adquirida por alguna ya existente. Estos incubadores están situados dentro o cerca de instalaciones científicas. Por esta razón, mantienen una estrecha relación con los laboratorios de investigación donde podrían trabajar sus creadores (investigadores, docentes-investigadores o jóvenes doctores). Además, se permite el uso de las instalaciones científicas y técnicas. El asesoramiento de los proyectos es muy amplio e incluso abarca el estudio de la posible patente de su tecnología o comercialización, el estudio de mercado, el plan de negocios o asesoramiento en materia de recursos humanos.

El Gobierno francés apoya unos 29 incubadores, 10 de los cuales son bioincubadores. Éstos últimos recientemente formaron la una federación de bioincubadores, con el fin de mejorar el intercambio de información y experiencia y para integrarlos a una red europea.

4.3.5. La financiación de las biotecnologías

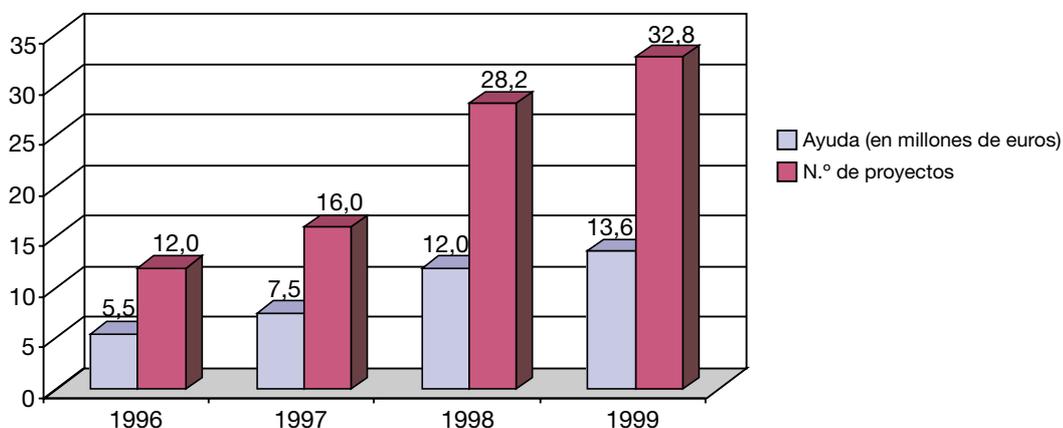
La financiación de las empresas biotecnológicas siempre es un aspecto crítico que condiciona su desarrollo. La innovación de estas empresas tiende a hacerlas poco atractivas a la hora de conseguir inversiones o financiación desde las fuentes tradicionales. Las empresas biotecnológicas gastan entre el 30% y el 130% de su capital (cuando lo tienen) y la inversión requiere entre 5 y 10 años para que genere beneficios. Por tanto, este tipo de inversión de alto riesgo presupone la existencia una estructura financiera adecuada a la biotecnología.

ANVAR (Agencia Nacional para la Valorización de la Investigación)

El ANVAR es un organismo público que depende de los Ministerios de Industria e Investigación. La función del mismo es subvencionar las empresas biotecnológicas y es considerada una fuente de ayuda con características industriales y comerciales. Su presupuesto anual se encuentra alrededor de los 213 millones de euros. Esto permite financiar pequeñas y medianas empresas y laboratorios, pero también subvencionar proyectos de desarrollo innovador. Así, el ANVAR ofrece varios tipos de ayudas: desarrollo de tecnología innovadora, estudio de viabilidad, contratación para la innovación y apoyo inicial en la creación de las empresas.

Figura 7
AYUDAS DEL ANVAR AL SECTOR BIOTECNOLÓGICO FARMACÉUTICO

Fuente: France Biotech



El ANVAR apoya principalmente las empresas jóvenes y pequeñas. El 57% del total de las ayudas otorgadas son para empresas que tienen menos de 10 años de antigüedad y el 52% de las empresas que reciben subvenciones del ANVAR sólo tienen 10 empleados. Las ayudas para la contratación de doctores es parte importante de las ayudas requeridas en el sector: éstas suman 3 millones de euros. En el período comprendido entre 1996 y 1999, el ANVAR asistió a la creación de 44 empresas en el sector farmacéutico.

Proyectos Post-Genoma

Desde 1999, el Ministerio de Economía, Finanzas e Industria y el Ministerio de Investigación en colaboración con el ANVAR abrieron el plazo para la presentación de proyectos “Post-Genoma: Después de la Secuenciación del Genoma”. Este programa cuenta con una inversión de 30 millones de euros anuales. En el 2001, los proyectos de las empresas realizados en asociación con los laboratorios públicos se han realizado dentro de los siguientes temas prioritarios: bioinformática, nano-bioingeniería, tecnologías post-genoma, cáncer, terapia celular y terapia génica.

Fondo Común de Inversión y Capital Inicial

Fondo Común de Inversión y Capital Inicial contempla la realidad que al financiar las empresas innovadoras el capital inicial se pierde, que no es recuperable. El Gobierno francés abrió este fondo con una inversión de 30,5 millones de euros especialmente dedicada a la creación de empresas incubadoras y a otorgar un capital inicial para apoyar su financiación.

Francia también ha creado un fondo de capital perdido de 91,5 millones de euros, para el que el Banco Europeo de Inversiones ha concedido 45,7 millones de euros. La gestión del dinero se realiza a través de la Caisse des Dépôts, y la efectividad del Fondo se debe a la no participación directa en las empresas. Este dinero contribuye al Fondo Común de Inversión (FCPR), que invierte directamente en pequeñas y medianas empresas biotecnológicas del sector farmacéutico y facilita el crecimiento de estructuras de capital perdido que financia a las pequeñas y medianas

empresas innovadoras. El FCPR, que combina dinero público y privado, cuenta con un capital público del 15 al 30%, que suma entre 3 y 14 millones de euros.

Desde estos fondos de capital público, se han beneficiado tres tipos de FCPR:

- Los fondos nacionales para financiar grandes proyectos que requieren entre 5 y 8 millones de euros.
- Fondos regionales de pequeño tamaño (de 23 a 30 millones de euros) que financian empresas regionales pequeñas y medianas.
- Fondos creados para inversiones personales durante el período inicial.

Inversores de capital

En los últimos años, la disponibilidad de fondos de capital perdido para las empresas se ha incrementado considerablemente, con lo cual se consolida el sector biotecnológico. De acuerdo con un estudio de la Asociación Francesa de Inversores de Capital (AFIC), el dinero y la inversión ha aumentado en el campo de las tecnologías en 259 millones de euros en 1997 y en 564 millones de euros en 1998. En 1999 se registró la cifra récord de 1.300 millones de euros.

Uno de los sectores beneficiados por este incremento fue el sector de la biotecnología aplicada a la salud humana o al sector médico. En 1999, se financiaron 167 proyectos biotecnológicos y se alcanzó una inversión de 155 millones de euros. En 1998 se consiguió un máximo de 198 millones de euros. Estas inversiones superan lo alcanzado en 1997, que fue sólo de 73 millones de euros.

La distribución del dinero de las inversiones es de 2% para capital inicial, 5% para los proyectos de creación y 11% para los proyectos posteriores a la creación. Empresas biotecnológicas como Sofinnova han gestionado 230 millones de euros, de los cuales han destinado a las ciencias de la vida y biotecnología el 45%. En 1999, Apax manejó 2.000 millones de euros, de los cuales el 20% se gastó en el área médica y biotecnológica, y la empresa Atlas gestionó 380 millones de euros en este mismo año. Por último, las empresas Banexi y Auriga gastaron 65 millones de euros en biotecnologías, equipamiento y tecnologías de la información, y otras empresas como Genavent y Aventis dedicaron 30 millones de euros a este tipo de inversiones.

Bolsa

La creación de nuevos mercados de bolsa, tales como el Nouveau Marché (París) y el Easdaq (Bruselas), ha permitido a empresas sin beneficios inmediatos financiar sus actividades con capital público negociando sus participaciones en bolsa. Este mecanismo de financiación no es nuevo porque tanto en Estados Unidos como en el Reino Unido se ha practicado con éxito.

El Nouveau Marché se creó en París en 1996 para permitir el crecimiento de las empresas biotecnológicas (tabla 2), de forma similar a mercados como el Nasdaq (en Estados Unidos) o el Easdaq (en Bruselas) que permiten el crecimiento de empresas en el campo de la innovación. Las empresas innovadoras que entran al Nouveau Marché deben cumplir algunos criterios, relativamente flexibles, como: una historia sin beneficios, contar con 1,2 millones de euros como fondo propio, un balance de 3 millones de euros y un mínimo de suministros públicos por valor de 1,5 mi-

llones de euros. Las empresas biotecnológicas francesas que cotizan en bolsa son 8, de las cuales 6 lo hacen en el Nouveau Marché. En marzo de 2000, las bolsas de Amsterdam, Bruselas y París decidieron fusionarse para crear la primera bolsa europea, Euronext. El siguiente paso será la fusión de empresas tecnológicas del sector médico y biológico.

Tabla 2: Capitalización de empresas biotecnológicas en bolsa

Empresa (Año de creación)	Fecha de entrada en bolsa	Capitalización 14/11/2000 Millones de €	Actividades
Transgène (1980)	26/03/98 Nouveau Marché / Nasdaq	221	Terapia génica
Genset (1989)	6/06/96 Nouveau Marché / Easdaq Nasdaq	443	Genómica y farmacogenómica
Cerep (1989)	18/02/98 Nouveau Marché	197	Descubrimiento de fármacos
Flamel Technologies (1990)	1996 Nasdaq	11	Liberación controlada de fármacos
Chemunex (1984)	06/98 Easdaq	38	Análisis microbiológico
Nicox (1996)	3/11/99 Nouveau Marché	466	Liberación de fármacos, óxido nítrico
Eurofins Scientific (1987)	24/10/97 Nouveau Marché	452	Bioanálisis, detección de OGM
Quantum Appligene/Qbiogene	Nouveau Marché	5,5	Biología molecular y sistemas de liberación de fármacos

4.3.6. Direcciones de contacto

Empresas e instituciones

Biotechnologies France
Base de datos del Ministerio de Investigación
Internet: <http://biotech.education.fr>

France Biotech
38, rue Vauthier
F-92100 Boulogne
Francia
Internet: <http://www.france-biotech.org>

Ministerio de Economía, Finanzas e Industria
Internet: <http://www.industrie.gouv.fr>

Ministerio de Investigación
Internet: <http://www.recherche.gouv.fr>

Fondos de Innovación

ANVAR (Agencia Nacional para la Valorización de la Investigación)
Internet: <http://www.anvar.fr>

Coordinación Nacional de la Red de Genopolos

Pierre Tambourin
Genopole d'Evry
2, rue Gaston Crémieux, CP 5723
F-91057 Evry
Francia
E-mail: pierre.tambourin@genopole.com, md.troyon@genopole.com

Inversiones en Francia

Agencia Francesa para las Inversiones en Francia
2, avenue Velázquez
F-75008 París
Francia
Internet: <http://www.investinfrance.org>

4.4. BIOTECNOLOGÍA EN ITALIA

4.4.1. Análisis del mercado biotecnológico

A continuación presentamos unos datos que nos ayudarán a entender el mercado biotecnológico a escala mundial:

- 117 fármacos y vacunas producidos gracias a la biotecnología y aprobados por el organismo estadounidense FDA (Food and Drug Administration) han ayudado a más de 250 millones de personas en todo mundo. El 75% del total de medicinas biotecnológicas fueron aprobadas en los últimos 6 años.
- En la actualidad se están probando clínicamente más de 350 fármacos y vacunas producidos biotecnológicamente para tratar más de 200 enfermedades, incluyendo diferentes tipos de cáncer, Alzheimer, enfermedades cardíacas, diabetes, esclerosis múltiple, sida y artritis.
- Gracias a la biotecnología se han realizado cientos de tests utilizados en el diagnóstico médico; tal es el caso de la detección del virus del sida y de otras enfermedades en una etapa inicial, lo cual permite un tratamiento adecuado. Las pruebas de embarazo que se realizan a domicilio sin asistencia médica también son productos biotecnológicos.
- Los consumidores disfrutan de alimentos, como soja, papaya y maíz, producidos con biotecnologías. Además, se utilizan cientos de biopesticidas y otros productos para mejorar los cultivos y reducir la dependencia de los pesticidas químicos convencionales.

- La biotecnología ambiental permite que los residuos sean más limpios y menos dañinos al ser tratados con microorganismos y dejar de lado el uso de productos químicos cáusticos. En efecto, las aplicaciones industriales de la biotecnología han permitido conseguir tecnologías más limpias (o sea, que producen menos residuos y menor consumo de energía y agua) en sectores industriales de los productos químicos, pulpa y papel, textil, alimentación, metales y minerales. Por ejemplo, la mayoría de detergentes para el lavado de ropa que se produce en Estados Unidos contiene enzimas producidas biotecnológicamente, concretamente mediante ingeniería de macromoléculas.
- La impresión digital del ADN es un proceso biotecnológico que ha mejorado drásticamente la investigación criminal y la medicina forense, y también ha conseguido un avance significativo en la antropología y la gestión de la vida silvestre.
- La industria biotecnológica ha crecido más del doble desde 1993, sus ingresos han pasado de 1.220 millones de euros en 1993 a 3.400 millones de euros en el año 2000.

4.4.2. Empresas e investigación

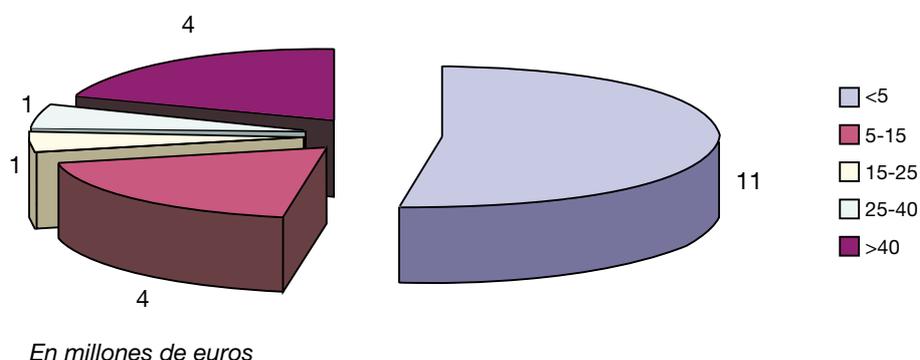
La base de datos de Biotech with Italy²⁰ permite el acceso inmediato a más de 150 empresas y organizaciones de investigación que cuentan con productos, tecnologías o patentes. Los objetivos de la misma son ayudar a establecer relaciones comerciales y tecnológicas, captar inversión pública y privada, así como facilitar el desarrollo de productos y el proceso comercial de los nuevos bioproductos y biotecnologías. Finalmente, cabe señalar que esta base de datos —desarrollada, mantenida y actualizada con la participación de especialistas en biotecnología— incluye desde empresas que comercializan los productos y tecnologías hasta aquellas instituciones, tanto públicas como privadas, o universidades en las que se desarrollan.

4.4.3. Las empresas biotecnológicas en Italia

El tipo de bioempresas italianas resulta muy heterogéneo. Se encuentran tanto pequeñas empresas con una facturación menor de 5 millones de euros como bioempresas totalmente consolidadas que facturan más de 40 millones de euros (figura 8).

Figura 8
DISTRIBUCIÓN DE BIOEMPRESAS EN ITALIA SEGÚN FACTURACIÓN

Fuente: Biotech with Italy (2001)



²⁰ Internet: <http://www.biotechwithitaly.com>

Las bioempresas italianas tienen interés en diferentes actividades biotecnológicas (tabla 3). Las empresas que dedican su actividad biotecnológica a la industria farmacéutica y de diagnóstico son las más numerosas. Por otro lado, el menor número de empresas biotecnológicas se encuentra en los sectores de la energía y de la nutrición animal.

Tabla 3: Empresas biotecnológicas italianas distribuidas por sectores

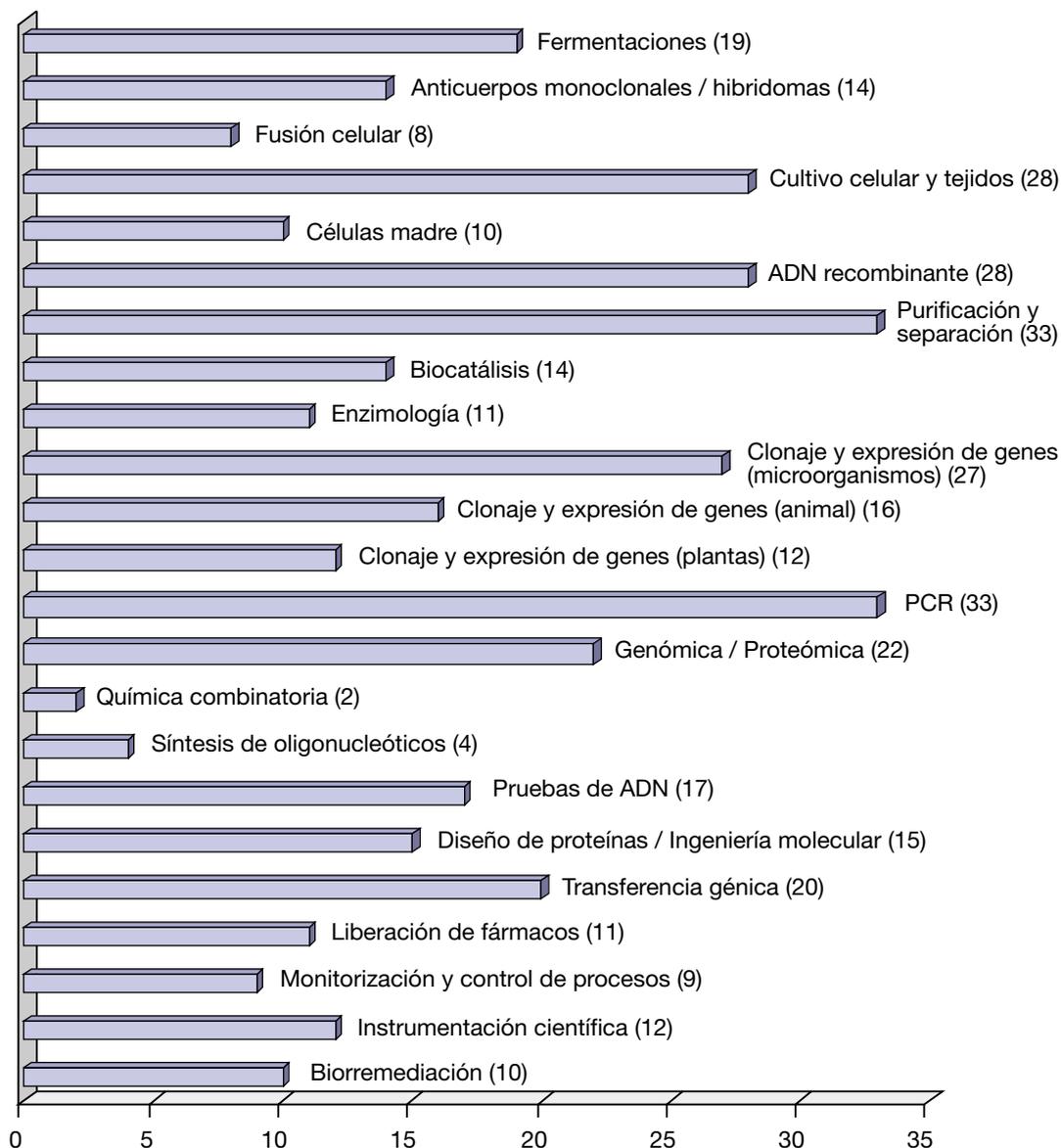
Actividad Biotecnológica	Número de Empresas
Farmacéutica	
Humanos	27
Veterinaria	8
Plantas	8
Diagnóstico	
Humanos	20
Veterinaria	9
Plantas	7
Agricultura	10
Ganadería	7
Nutrición Animal	3
Química fina	11
Procesamiento de alimentos	7
Energía	2
Medio Ambiente	19
Equipamiento	5
Servicios	13

Las biotecnologías que se desarrollan en estas bioempresas conforman el amplio espectro de las tecnologías que se conocen en la actualidad. En la figura 9, se muestra la distribución de empresas por sector de biotecnología en el que trabajan.

Cabe destacar que las empresas biotecnológicas no se restringen a un solo tipo de actividad. Por lo general, desarrollan varias actividades biotecnológicas relacionadas.

Figura 9
DISTRIBUCIÓN DE BIOEMPRESAS ITALIANAS SEGÚN LA ACTIVIDAD BIOTECNOLÓGICA QUE DESARROLLAN

Fuente: Biotech with Italy (2001)



4.4.4. El Instituto Italiano de Comercio Extranjero (ICE)²¹

El Instituto Italiano de Comercio Extranjero (ICE) es un organismo público con sede en Roma que cuenta con más de 100 oficinas internacionales. Entre las actividades y servicios que realiza el ICE, destacan la promoción del comercio, la cooperación industrial y tecnológica y la divulgación de información sobre la economía italiana. Para favorecer la inversión de las empresas italianas fuera de su país, el ICE se encarga de adquirir y distribuir información económica y del mercado internacional.

²¹ Internet: <http://www.ice.it>

De acuerdo con su programa de fomento, el ICE organiza la participación oficial de las empresas italianas en las principales ferias y exposiciones comerciales así como la presencia de delegaciones comerciales extranjeras en las ferias italianas. El ICE se convierte en el punto de encuentro entre el sector productivo italiano y el sector exportador extranjero al ofrecer a las empresas información sobre mercados, ventas, reglamentaciones técnicas, impuestos y divisas.

Por otra parte, el ICE también presta servicios a las empresas extranjeras en Italia, tales como asesoramiento sobre recursos locales para cubrir sus necesidades.

Finalmente, el ICE ofrece de forma gratuita a las empresas extranjeras información relacionada con los nombres y direcciones de empresas italianas y datos sobre aranceles y estadísticas comerciales. Además, también dispone de un directorio comercial de los representantes de las empresas italianas.

4.4.5. Algunos centros en el campo de la biotecnología

A continuación presentamos tres centros de interés que trabajan en el sector de la biotecnología: el instituto de investigación DIBIT (Departamento de Investigación Biológica y Tecnológica), la iniciativa local de desarrollo biotecnológico con transferencia de tecnología de Milán (Biopolo) y la asociación de empresas biotecnológicas ASSOBIOTEC.

DIBIT (Departamento de Investigación Biológica y Tecnológica)

El DIBIT es un instituto de investigación fundado en 1992 que se dedica a la investigación básica en el campo biológico y tecnológico. Su personal de investigación está compuesto por 75 científicos de la Universidad de Milán (Escuela de Medicina y Biología), del Consejo Nacional de Investigación (CNR) y de la Fundación San Raffaele, que trabajan junto a 120 investigadores en postdoctorado y licenciados. Estos últimos están matriculados en programas de especialización o en algún programa de doctorado dirigido por el DIBIT en colaboración con la Open University. Más de 300 personas del DIBIT provienen de esta Universidad inglesa, entre los cuales se encuentran estudiantes, técnicos, secretarías y otro personal de servicio.

El DIBIT está compuesto por numerosas unidades de investigación. Cada una es independiente en cuanto a sus fondos e intereses de investigación y tiene que ser líder en su campo, lo cual debe reflejarse en el nivel de sus publicaciones, que han de tener un índice de impacto en promedio mayor a 5,5. Las líneas de investigación en la actualidad se agrupan en 7 áreas de interés.

Los grupos científicos de las unidades de investigación del DIBIT son altamente competitivos gracias al apoyo financiero que reciben a través de fuertes subvenciones para la investigación. Se obtienen fondos del Consejo Nacional de Investigación (CNR) y de las universidades, pero también reciben financiación del programa HIV del Ministerio de Salud, del AIRC para investigación en cáncer y de la Teletón para el estudio de las enfermedades genéticas en Italia. Otros proyectos reciben el apoyo de la Comunidad Europea y de otras fuentes internacionales, como la Human Frontiers Foundation. Estas subvenciones mayoritariamente se dirigen a redes internacionales con alta calidad científica en vez de subvencionar personas por méritos propios y someten los candidatos a criterios internacionales de excelencia. El sistema de subvenciones también apoya la actividad postdoctoral, en su mayoría de investigadores extranjeros.

Dentro del área de biotecnología se realizan las investigaciones básicas y aplicadas de varios campos, como expresión heteróloga de genes, ingeniería de proteínas y inmunobiotecnología, entre otros objetivos biotecnológicos.

Desarrollo biotecnológico local: Biopolo (Milán)²²

El Biopolo es un consorcio no lucrativo fundado en enero del 1995 por Pharmacia & UpJohn, Lepetit Group, Zambon Group S.p.A., Primm e Hydra para promover las ideas e iniciativas de la industria biotecnológica. Los accionistas son: Biosearch Italia S.p.A., Zambon group S.p.A., Primm e Hydra. El Biopolo se formó después de un estudio de viabilidad (*Biopolo Milan*) realizado a comienzos de los años noventa por un comité de promotores coordinado por la AIM (Asociación de Intereses Metropolitanos).

De acuerdo con lo estipulado en sus estatutos, el consorcio está abierto a nuevos miembros, tanto del sector público como privado. El Biopolo funciona en 350 m² de laboratorios y oficinas situadas en el complejo del Centro de Excelencia en Biotecnología Industrial de Milano-Bicocca (CEBIB) y en el Departamento de Biotecnología y Biociencia de la Università degli Studi en Milano-Bicocca. El CEBIB fue fundado en 1999 por la industria biotecnológica con el objetivo de permitir la transferencia de tecnología e innovación e incluye los laboratorios de investigación del Departamento de Biotecnología y Biociencia y del Biopolo y el Laboratorio de Neurociencia Rita Levi-Montalcini.

El Biopolo es activo en la promoción de la biotecnología en Italia y se encarga de la transferencia de tecnología originada en la investigación universitaria hacia la industria y empresas comerciales. Los objetivos del Biopolo son:

- Maximizar la investigación científica para conseguir:
 - incrementar la investigación institucional,
 - mejorar el patrimonio científico de Italia,
 - estimular la competitividad de las pequeñas y medianas empresas.
- Crear un centro de investigación totalmente equipado, en el que se llevarán a cabo estudios capaces de identificar, desarrollar, distribuir y transferir nuevas tecnologías.
- Promover la transferencia de nuevas tecnologías:
 - desarrollando aplicaciones para la investigación básica,
 - apoyando la creación de negocios (*start-up* y *spin-off*).
- Generar un respaldo financiero destinado a la investigación e inversión aplicada a los procesos de investigación:
 - para que los investigadores tengan acceso a un equipamiento y laboratorios adecuados,
 - para proveer un respaldo, incluso financiero, que permita establecer empresas *start-up* y *spin-off*.

Las herramientas de que dispone el Biopolo para cumplir sus objetivos son:

- un marco de convenios con la Università degli Studi de Milano (1996) y Università degli Studi de Milano-Bicocca (1999), en el cual las partes instalan y administran la aplicación de la investigación científica y tecnológica incluso en nombre de terceros;

²² Internet: <http://www.biopolo.it/english/home.htm/>

- un desarrollo flexible y rápido de infraestructura, que incluye varias entidades científicas e industriales en la Lombardía.

ASSOBIOTEC (Asociación de Empresas Biotecnológicas)²³

ASSOBIOTEC es la asociación que representa las empresas biotecnológicas italianas. Sus miembros son empresas biotecnológicas emergentes y pequeñas y medianas empresas, pero también las divisiones de biotecnología de grandes empresas. Estos miembros operan en diferentes sectores industriales relacionados con las aplicaciones de biotecnologías: laboratorios farmacéuticos, diagnósticos, sector agroalimentario, química fina, energía, medio ambiente, industria de procesos y equipamiento.

Entre las principales actividades y servicios de ASSOBIOTEC, destaca su apoyo al desarrollo biotecnológico dentro de Italia y la UE. Además, esta asociación es un punto de referencia para las empresas italianas involucradas en la producción y comercialización de productos derivados de las aplicaciones de la biotecnología tradicional y avanzada.

4.5. BIOTECNOLOGÍA EN TURQUÍA

4.5.1. TÜBITAK

El Consejo de Investigación Científica y Técnica de Turquía (TÜBITAK)²⁴, creado en 1963, es el principal organismo encargado de promocionar, desarrollar, organizar y coordinar la investigación y el desarrollo científico en Turquía. El TÜBITAK sigue los objetivos nacionales fijados por el Gobierno turco para el desarrollo económico y el progreso tecnológico. Las principales funciones del TÜBITAK son:

- Aplicar la política científica y tecnológica del Gobierno turco.
- Coordinar, encargar y apoyar la investigación científica.
- Crear y apoyar a instituciones especializadas que lleven a cabo proyectos de investigación y desarrollo. Los objetivos, que tienen en cuenta el desarrollo económico y las prioridades fijadas por el mismo TÜBITAK, se especifican en planes quinquenales.
- Favorecer la investigación mediante becas y otros medios. Además, se hará especial hincapié en la incorporación y formación de futuros científicos.
- Favorecer los proyectos de I+D y la innovación industrial y fomentar la cooperación entre la industria y la universidad a través de la construcción de parques tecnológicos que contribuyan a la obtención de los objetivos establecidos.
- Llevar a cabo proyectos científicos en el ámbito internacional mediante acuerdos científicos y técnicos.
- Facilitar el acceso general a la información científica publicada en revistas científicas, libros y otras publicaciones.
- Apoyar a científicos e investigadores mediante becas así como fomentar la publicación de trabajos científicos.

²³ Internet: <http://www.assobiotec.it>

²⁴ Internet: <http://www.tubitak.gov.tr/english/>

El comité encargado de gestionar las ayudas a la investigación es una parte importante del aparato administrativo central del TÜBITAK. Este comité permite optimizar la ayuda que se ofrece a los proyectos de I+D. Una de sus principales tareas es la evaluación y la elección de los proyectos vencedores en las siguientes categorías:

- ciencias puras,
- electricidad, electrónica e informática,
- ingeniería mecánica, tecnología química, ciencias de los materiales y sistemas de fabricación,
- tecnología de la construcción y ambiental,
- ciencias del mar, de la tierra y ambientales,
- ciencias de la salud,
- tecnologías en el ámbito de la agricultura, la silvicultura y la nutrición,
- veterinaria.

Por otra parte, también existen centros interdisciplinarios en las universidades o en instituciones públicas o privadas subvencionados por el TÜBITAK. En estos centros se fomenta la investigación y el desarrollo, se llevan a cabo proyectos científicos y técnicos, se generan conocimientos y se ofrecen soluciones a los problemas o a los temas de investigación. Además, desempeñan una labor de formación de nuevos investigadores y constituyen las Unidades de Investigación del TÜBITAK que dependen del Comité de Investigación y que detallamos a continuación:

- Unidad de Investigación en Astrofísica (TBAG),
- Unidad de Investigación para la Información sobre la Biodiversidad (TBAG),
- Unidad de Investigación de Biotecnología Ambiental (YDABAG),
- Unidad de Investigación de Cirugía Experimental (SBAG),
- Unidad de Investigación Tectónica Global (MISAG),
- Unidad de Inmunodeficiencia Hereditaria (SBAG),
- Unidad de Investigación para la Vivienda (INTAG),
- Unidad de Investigación y Aplicación de la Tecnología y la Ciencia del Biomaterial Polímero (TBAG),
- Unidad de Neurociencia Básica (SBAG).

Programas de desarrollo industrial

El TÜBITAK presta especial interés a la realización de proyectos de investigación y desarrollo industriales a través de tres programas o centros:

- **Junta de Evaluación y Supervisión Tecnológica (TIDEB):** La TIDEB supervisa los proyectos de investigación industrial en curso. Dichos proyectos se realizan dentro de la categoría de nuevos productos, métodos de producción e innovación tecnológica. Se presta especial atención al hecho de que estos proyectos se lleven a cabo de acuerdo con las normas internacionales y respondan a las prácticas de I+D estándares. Además, la TIDEB tiene en cuenta la planificación de los estudios para mejorar el desarrollo técnico y fijar principios para aumentar la cooperación entre la universidad y el sector industrial.
- **Programa de los Centros Comunes de Investigación entre Universidad e Industria (ÜSAMP):** Este Programa fue creado en septiembre de 1996 para estrechar las relaciones entre el sector industrial y departamentos de universidades con el fin de realizar investigación creativa fundamental y aplicada desde el punto de vista tecnológico.

- **Zona Franca Tecnológica del Centro de Investigación de Mármara del TÜBITAK:** En 1999 el Centro de Investigación de Mármara creó una zona franca tecnológica para realizar proyectos de I+D con el sector industrial. Se trata del único ejemplo de parque científico combinado con una zona franca que existe en Turquía.

Centro de Investigación de Mármara (MRC)

El Centro de Investigación de Mármara (MRC) del TÜBITAK se fundó en 1972, en Gebze (Izmit). Siguiendo un plan de calidad estratégico, en este Centro se realiza investigación científica aplicada destinada al sector industrial y se proponen proyectos para el desarrollo industrial fruto de la investigación teórica. El Centro está formado por los siguientes institutos y laboratorios de investigación:

- Centro de Investigación de las Tecnologías de la Información (BTAE/ITRI),
- Instituto de Investigación de Impacto Ambiental y de los Sistemas de Energía (ESCAE/ESERI),
- Instituto de Investigación de Ingeniería Genética y Biotecnología (YBAE/RIGEB),
- Instituto de Investigación de Tecnología y Ciencias de los Alimentos (GBTAE/FSTRI),
- Laboratorio de Análisis de los Alimentos,
- Instituto de Investigación de Tecnología Química y de Materiales (MKTAE/MCTRI),
- Instituto de Investigación de Ciencias de la Tierra y del Mar (YBAE/EMSRI),
- Zona Franca Tecnológica,
- Centro Internacional de Tecnología Punta, Ciencias, Educación y Formación (ICHTS),
- Laboratorio Común de Investigación Turco-Ucraniano (TUJRL).

El Centro de Investigación de Mármara, cuyo objetivo es el desarrollo del potencial competitivo del país, es uno de los centros de referencia en el ámbito de la investigación científica y la tecnología industrial aplicada en Turquía.

Proyectos biotecnológicos del MRC-TÜBITAK

La mayoría de los proyectos biotecnológicos se efectúan en el Instituto de Investigación de Tecnología y Ciencias de los Alimentos (GBTAE/FSTRI). La lista de proyectos es la siguiente²⁵:

- Producción unicelular a partir de la levadura (1980): proyecto destinado a la industria de alimentación animal.
- Producción de ciertas especies de algas con fines nutricionales (1987): proyecto destinado al sector agroalimentario y a la industria de alimentación animal.
- Aplicación del método californiano de producción de aceituna negra a la variedad de aceituna turca (KARIN GIDA, 1997).
- Tecnologías de la fermentación en la producción de alimentos: aplicaciones de cultivos iniciadores a los alimentos tradicionales turcos (programa Science for Stability de la OTAN, 1987-1993).
- Producción y conservación de la Boza, bebida tradicional turca (VEFA BOZACISI, 1984).
- Producción de renina microbiana (1982): proyecto destinado a la industria lechera.

²⁵ Personas de contacto: Prof. Güner Özay (Profesor Asociado) y Dr Mehlika Borcaklı.

- Producción de plásticos biodegradables a través de microorganismos (proyecto EUREKA, 1999-2001): proyecto destinado a la industria envasadora.
- Producción de yogur con cultivos iniciadores (TSEK, 1985): Proyecto destinado a la industria lechera,
- Producción de ácido cítrico a partir de 7 especies diferentes de *Aspergillus niger* (1983): proyecto destinado a la industria agroalimentaria.
- Establecimiento de la recogida del cultivo de mohos y algunas detecciones características de los hongos (1993-1995): proyecto destinado a la industria agroalimentaria.
- Micotoxinas del moho que aparecen en los alimentos turcos y su descontaminación (1979-1985): proyecto destinado a la industria lechera,
- Detección de la actividad probiótica y antimicrobiana de la bacteria del ácido láctico presente en el requesón y en las aceitunas (2000-2001): proyecto destinado a las industrias agroalimentaria y de alimentación animal.

4.5.2. Universidad de Bogazici (Estambul)

Fundada en 1863 con el nombre de Robert College, la Universidad de Bogazici fue el primer *College* americano fuera de Estados Unidos. Como tal, cuenta con una larga tradición académica de enseñanza de alto nivel. Se trata de una universidad relativamente pequeña donde cada estudiante recibe una atención personalizada. Las clases se imparten en inglés, lo que facilita la entrada de los estudiantes al mundo de la comunicación moderna. El profesorado está compuesto por los mejores investigadores de Turquía y la mayoría de sus miembros ha cursado al menos una carrera en alguna de las universidades más prestigiosas de Estados Unidos, Inglaterra o Canadá.

La Universidad de Bogazici fue creada formalmente el 10 de septiembre de 1971. Este centro, a pesar de que parecía un recién llegado al mundo universitario turco, contaba con el aval que le confería la larga trayectoria del Robert College. Al pasar bajo la tutela del Gobierno turco, la Universidad de Bogazici no sólo se convirtió en la heredera de las fantásticas instalaciones del Robert College, sino también en la heredera de su distinguida tradición académica.

En 1971 la Universidad de Bogazici contaba con tres Facultades y una Escuela de Enseñanza Superior. Desde 1982 dispone de cuatro Facultades (Arte y Ciencias, Ingeniería, Ciencias Económicas y de la Administración, y Educación), seis institutos (que ofrecen programas de postgrado), una Escuela de Idiomas, la Escuela de Disciplinas Aplicadas y la Escuela de Formación Profesional. Gran parte del profesorado imparte clases en más de una facultad y la estructura del profesorado fomenta la enseñanza interdisciplinaria siempre que se considere oportuno.

Muchos de los edificios de la Universidad se encuentran en el Campus Sur, cuyos límites en la parte este son el Bósforo y el castillo histórico de Rumelihisar. En este campus se encuentran los edificios más antiguos de la Universidad. El Campus Norte y el contienen las nuevas edificaciones que completan las instalaciones universitarias. En la parte asiática del Bósforo se alza un cuarto campus que alberga el histórico Observatorio Kandili, que es el centro de una red nacional de estaciones sísmicas y una importante unidad de investigación dentro de la Universidad. El quinto campus, el de Kylos (Saritepe), está situado a orillas del mar Negro, 20 km al noroeste de los campus Sur y Norte.

En 1912 se fundó, como parte del Robert College, una escuela que ofrecía una licenciatura en Ingeniería Civil, Eléctrica y Mecánica. En 1958 se creó el Departamento de Ingeniería Química y

empezaron a impartirse los programas de master en los cuatro campos de estudio. En 1971, la Escuela Superior de Ingeniería del Robert College junto con la Escuela de Ciencias, la Escuela de Idiomas y la Escuela de Negocios se transformaron en la Universidad de Bogazici. En 1973 se fundaron dos nuevos Departamentos, el de Ingeniería Nuclear y el de Ingeniería Industrial y se iniciaron programas de doctorado en los seis ámbitos que cubre actualmente la Facultad de Ingeniería. En 1981, el Departamento de Ingeniería Informática pasó a formar parte de esta lista.

Actualmente la Facultad de Ingeniería está compuesta por seis Departamentos que ofrecen programas de cuatro años tras los cuales el alumno puede obtener una licenciatura en Ciencias o titulaciones universitarias de *master* y doctorado. Concretamente, los Departamentos de la Universidad son los siguientes:

- Ingeniería Química,
- Ingeniería Civil,
- Ingeniería Informática,
- Ingeniería Eléctrica y Electrónica,
- Ingeniería Industrial,
- Ingeniería Mecánica.

Departamento de Ingeniería Química (Facultad de Ingeniería)

Dentro del Departamento de Ingeniería Química, el Laboratorio de Ingeniería Bioquímica, con un equipo de 4 a 5 profesores, ha centrado sus actividades en los siguientes ámbitos:

- **Tecnología de la fermentación:** *E. coli*, *S. cerevisiae*, *T. aquaticus*, *P. stuartii*, *S. Coelicolor*.
- **Tecnología del ADN recombinante:**
 - modificación de microorganismos mediante la ingeniería genética,
 - sobreexpresión y producción de proteínas recombinantes,
 - extensión del rango de sustrato,
 - secreción de proteínas heterólogas,
 - mutación y detección de SNP en el genoma humano.
- **Operaciones *downstream*:** Purificación de las enzimas de restricción, de los antibióticos y de las proteínas terapéuticas.
- **Ingeniería Metabólica:**
 - extensión del rango de sustrato,
 - análisis del flujo metabólico de la biomasa y de la producción de etanol por parte de la *Saccharomyces cerevisiae*.
- **Simulación computerizada de la fermentación y de los procesos *downstream* mediante métodos numéricos.**

La Universidad de Bogazici financia los estudios de investigación realizados en el Departamento de Ingeniería Química y otros proyectos de investigación. Los siguientes estudios han sido realizados por un equipo dirigido por Kutlu S. Ozergin Ulgen:

- Características de la fermentación del *Thermus aquaticus* y purificación de su enzima TaqI (1995-1996).
- Estimación de las concentraciones de producto y biomasa en la concentración de sustrato medida por observación asintótica (1995-1996).

- Optimización de los parámetros operativos para la purificación de proteínas con columnas cromatográficas (1996-1997).
- Modelización difusa y control del proceso biológico (1997-1999).
- Modelización de purificación de la endonucleasa TaqI mediante cromatografía de intercambio iónica eluida con gradiente lineal (1997-1999).
- Modelización y estudios experimentales de la purificación de proteínas en una cromatografía de adsorción de lecho expandido (1998-1999).
- Estudio sobre el análisis de proteína y ADN a través de la electroforesis capilar (1998-1999).
- Desarrollo de la técnica de lecho expandido para la purificación de actinorodina a partir de *Streptomyces coelicolor* A3(2) (1998-1999).
- Purificación de la endonucleasa PstI a partir de *Providencia Stuartii* 164 (1999-2001).
- Purificación de proteínas recombinantes terapéuticas de origen humano (2000-2001).
- Producción de la proteína CFTR para la terapia génica (2001-).
- Diseño del bioprocedimiento de una proteína terapéutica (2001-2002).
- Ingeniería metabólica (2002-).
- Estrategias operativas del biorreactor para la fermentación alcohólica con levadura recombinante (1999-2001).
- Modelización de producción de enzimas de restricción por *E. coli* recombinante (2000-2001).

Los siguientes proyectos de investigación también se han llevado a cabo con el apoyo de la Universidad de Bogazici:

- Determinación de las características de fermentación del *Thermus aquaticus*. (Código del proyecto: 96A0519)
- Purificación de las enzimas de restricción mediante cromatografía líquida de alta presión. (Código del proyecto: 97HA0501)
- Purificación de las proteínas mediante cromatografía de lecho fluidizado. (Código del proyecto: 98HA501)
- Métodos analíticos desarrollados para proteínas mediante electroforesis capilar. (Código del proyecto: 99HA502D)
- Estrategias operativas del biorreactor para la fermentación alcohólica con levadura recombinante. (Código del proyecto: 00A502).

Instituto de Ciencias Ambientales

La creación del Instituto de Ciencias Ambientales en 1983 significó una extensión y reestructuración del Grupo de Investigación Ambiental que se había formado en la Escuela Superior de Ingeniería a finales de los años setenta. El Instituto se puso en marcha en el semestre de otoño del curso 1984/1985 con tres alumnos licenciados. Los primeros estudiantes del Instituto se graduaron en 1986 y, desde entonces, 121 estudiantes han obtenido un *master* y 21 un doctorado en los ámbitos de Ciencias Ambientales y Tecnología Ambiental. El cuerpo docente del Instituto está compuesto por 17 ayudantes de investigación y 5 técnicos especializados. Durante el curso académico 2001/2002 el Instituto ha contado con 29 estudiantes de doctorado y 89 de *master*. El objetivo de los programas es formar a científicos ambientales, ingenieros e investigadores profesionales que puedan hacer frente a la complejidad de los problemas ambientales, proponer soluciones científicamente y económicamente válidas, formular recomendaciones para políticas saneadas y desarrollar los medios necesarios para aplicar las políticas adoptadas.

El objetivo del Instituto es subrayar la importancia de las tecnologías ambientales apropiadas y convertirse en una institución líder para los países en desarrollo. Además de investigación y enseñanza, el Instituto ofrece servicios de asesoramiento sobre los problemas ambientales a los que se enfrenta el sector industrial.

El Instituto de Ciencias Ambientales ofrece diferentes programas de *master* y de doctorado. Las titulaciones de *master* que se imparten son las siguientes:

- *Master* en Ingeniería para los estudiantes con estudios de Ingeniería que han completado el programa de *Master* en Tecnología Ambiental;
- *Master* en Ciencias Ambientales, *Master* en Ciencias Puras o *Master* en Ciencias Sociales Ambientales, para estudiantes con estudios de Ingeniería, Ciencias Puras o Ciencias Sociales que han cursado el programa de *Master* en Ciencias Ambientales;
- *Master* en Tecnología Ambiental, para los estudiantes con estudios de Ciencias Puras que han completado el programa de *Master* en Tecnología Ambiental.

Los licenciados en cualquier especialización de Ingeniería, Ciencias Puras, Ciencias Sociales o Ciencias Políticas, Económicas y Administrativas pueden presentar su solicitud para cursar alguno de los programas de *master*, que requieren, como mínimo, la realización de 27 créditos durante el curso y la presentación de una tesis. En cuanto al programa de Tecnología Ambiental, cabe la posibilidad de que los licenciados en Ingeniería Civil, Mecánica, Eléctrica, Electrónica e Informática que opten a este programa tengan que seguir unas clases preparatorias antes del inicio formal de las clases de *master*. En cambio, los licenciados en Ingeniería Química y Ambiental no están obligados a seguir estas clases preparatorias para cursar el programa de Tecnología Ambiental. Para el programa de Ciencias Ambientales no hay clases preparatorias. Por regla general, los programas de *master* tienen una duración de 2 años.

El objetivo del Instituto de Ciencias Ambientales es formar a científicos ambientales, ingenieros e investigadores profesionales que puedan hacer frente a la complejidad de los problemas ambientales, proponer soluciones científicamente y económicamente válidas y desarrollar recomendaciones para las políticas de saneamiento adoptadas. Por otra parte, el Instituto quiere insistir en la importancia de las tecnologías ambientales apropiadas y desea actuar como una institución líder para los países en desarrollo. A continuación pasamos a detallar algunos de los temas de interés y ámbitos de actuación más frecuentes:

- análisis del agua y de las aguas residuales,
- análisis microbiano,
- sistemas de gestión ambiental (EIA, CP, LCA, ISO 14001),
- análisis de contaminación del aire,
- análisis de residuos sólidos y de lodo,
- determinación de la contaminación acústica.

El principal campo de interés de los estudios de biotecnología realizados en este Instituto es la biotecnología ambiental, cuyas palabras clave son: biopelícula, cinética de la biopelícula, nitrificación, desnitrificación, cinética del fango activado, inhibición, tratamiento de aguas residuales industriales y domésticas, compuestos organoclorados, adsorción mixta y biodegradación.

A continuación presentamos los proyectos que se llevan a cabo bajo la dirección del Prof. Dr Ferhan GECEN:

- 91 HY 0024 (marzo 1991-marzo 1993): Tratabilidad de las aguas residuales que resultan de la pulpa y del blanqueo del papel. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: pulpa y papel, aguas residuales del blanqueado, fango activado, adsorción, cinética, isoterma, biopotenciación.)
- 93 HY 0028 (octubre 1992-septiembre 1996): Supresión del nitrógeno de las aguas residuales industriales mediante un tratamiento biológico. Con la colaboración del TÜBITAK y la BU. (Palabras clave: aguas residuales de los abonos, eliminación del amoníaco, fango activado, filtro biopelícula sumergido, cinética, inhibición.)
- 95 Y 0044 (abril 1995-julio 1997): Aplicación del tratamiento biológico y de la oxidación fotocatalizada TiO₂ a las aguas residuales del blanqueo de la pulpa. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: aguas residuales de la pulpa y del papel blanqueado, fango activado, fotocatalisis, sustancias no biodegradables, potenciación de DBO.)
- 96 HY 0029 (enero 1997-junio 1998): Investigación sobre la tratabilidad y las características de los lixiviados de vertedero. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: lixiviados de vertedero, depuración mixta de aguas lixiviadas y domésticas, fango activado, biocinética, supresión del carbono orgánico, nitrificación, materias no biodegradables, eliminación de los metales pesados, bioadsorción de metales pesados.)
- 98 HY 02 (agosto 1998-enero 2000): Aplicación de los métodos respirométricos en el tratamiento biológico de los lixiviados de vertedero con adición de CAP. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: lixiviado de vertedero, tratamiento mixto, fango activado, adición de CAP, adsorción, respirometría, inhibición.)
- 00 Y 103 (febrero 2000-enero 2002): Evaluación de la inhibición en el tratamiento biológico de las aguas residuales industriales. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: aguas residuales industriales, aguas residuales farmacéuticas, síntesis química, fango activado, carbón activado, adsorción.)
- BAP-02Y101D (desde marzo 2002): Supresión cometabólica de las sustancias orgánicas cloradas en los sistemas de nitrificación. Con la ayuda de la BU y el TÜBITAK. (Palabras clave: cometabolismo, sustancias orgánicas cloradas, nitrificación, reactor de biopelícula, fango activado.)
- BAP-02Y102 (desde marzo 2002): Combinación de la adsorción del carbón activado con procesos biológicos para la supresión de sustancias tóxicas lentamente biodegradables. Con la ayuda de la BU. (Palabras clave: compuestos aromáticos, aromáticos clorados, fango activado, adsorción, bioregeneración.)
- Agricultural Pesticides (1987-1988): Diseño de una planta depuradora de aguas domésticas, salobres y ácido-alcalinas de una fábrica de pesticidas.
- Lever-İş Cleaning Agents (1988): Diseño de una planta depuradora para una fábrica de detergentes.

4.5.3. Bioglobal Agricultural Production and Consultancy

La empresa Bioglobal Agricultural Production and Consultancy fue creada en el año 2000²⁶. Su trabajo se centra especialmente en:

- pesticidas biológicos,
- sustancias reforzadoras para el suelo orgánico,
- semillas.

²⁶ Persona de contacto: Özgür Ateş.

Las tareas que esta empresa lleva a cabo son:

1. proporcionar rentas agrícolas a partir de fuentes nacionales e internacionales;
2. realizar análisis de mercado, evaluación y coordinación de inversiones agrícolas así como encargarse del desarrollo del proyecto y de las tareas de marketing;
3. realizar los inputs adecuados y las patentes;
4. asesorar a empresas internacionales que desean invertir en Turquía.

Por otra parte, Bioglobal Agricultural Production and Consultancy también es la representante del preparado Nogall de la empresa australiana Bio-Care y asesora a empresas italianas, españolas y belgas así como a tres empresas nacionales sobre la inversión en semillas y plantas y en operaciones de marketing.

Los proyectos I+D que se llevan a cabo buscan la protección ambiental a través de la eliminación del uso de las sustancias tóxicas persistentes que se utilizan en el sector agrícola, como el desarrollo de pesticidas biológicos.

4.5.4. Universidad Técnica de Estambul (ITU)

La ITU, creada en 1773, tuvo mucho que ver con las acciones innovadoras del Imperio Otomano. Durante el primer período de la República Turca, la ITU fue un actor destacado en la construcción de diques, puentes, carreteras, plantas industriales y centrales eléctricas.

En el campus principal, que recibe el nombre de Ayazaga, se encuentran las Facultades de Ingeniería Civil, Ingeniería Naval, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Químico-Metalúrgica, Ingeniería Minera, Ingeniería Eléctrica y Electrónica así como institutos de investigación sobre Asia, Europa, Ciencias de la Tierra, Energía Nuclear y Tecnologías de la Información. La Universidad dispone de otros cuatro campus donde se encuentran las Facultades de Arquitectura y de Ingeniería Mecánica.

En cuanto al tema que nos atañe, los estudios de biotecnología se imparten en la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, que cuenta con Departamentos de Química, Metalurgia e Ingeniería de los Alimentos.

Los inicios de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica se remontan a 1958, cuando se fundó el Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Técnica (*Teknik Okul*) de la ITU. Este Departamento ofrecía un programa de cuatro años equivalente a una licenciatura, orientado, sobre todo, hacia la tecnología química.

El primer Departamento de Ingeniería Metalúrgica se fundó en 1961 y estaba situado en la Facultad de Ingeniería Minera.

En 1963, la Facultad de Química impartía un programa de cinco años que correspondía a un programa de *master*. En 1971, la Facultad de Química y la de Ingeniería Minera, junto con el resto de Facultades, aceptaron los términos anglosajones equivalentes a licenciatura y *master*, con una duración de cuatro y dos años respectivamente. En 1978, el Departamento de Ingeniería Metalúrgica se convirtió en la Facultad de Metalurgia.

En 1982, la Facultad de Química se dividió en dos Departamentos: el Departamento de Ingeniería Química y el Departamento de Química. El primero se fusionó con el de Ingeniería Metalúrgica para crear la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica. Posteriormente, debido a la especialización del Departamento, a las tendencias mundiales y de algunas universidades turcas, en 1998 se cambió el nombre del Departamento de Ingeniería Metalúrgica por el de Departamento de Ingeniería Metalúrgica y de Materiales. Por su parte, el Departamento de Química y los Departamentos de Matemáticas, Física e Ingeniería se convirtieron en la Facultad de Ciencias y Letras.

Por otra parte, en 1990 se creó el Departamento de Ingeniería de los Alimentos, que fue el primero de la región de Mármara, para responder a la demanda del sector alimentario de la región.

En este capítulo nos centraremos en las actividades del Departamento de Ingeniería Química y en el Departamento de Ingeniería de los Alimentos.

Departamento de Ingeniería Química (Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica)

En el Departamento de Ingeniería Química, cerca de 10 profesores trabajan en temas relacionados con la biotecnología. Los responsables de este equipo son: Prof. Dr Nuran Deveci, Dr Moiz Elnekave y Prof. Dr Ayse Aksoy. Los proyectos sobre biotecnología realizados son:

- Tratamiento anaeróbico mediante el uso de levadura de pan y su tratamiento (1998-2001), financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- *Cracking* del sulfato en las aguas residuales de la pasta de papel (1996), financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- Producción de azufre de chips de fósforo mediante métodos microbiológicos (1995), proyecto financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- Purificación de la enzima fosfatasa ácida del tomate (2000): financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- Tratamiento de las aguas residuales de paracetamol mediante un proceso anaeróbico (1997), financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- Tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de los antibióticos (1997-2001), financiado por la Universidad Técnica de Estambul (ITU).
- Investigación de la enantioselectividad de la lipasa de la semilla de *Nigella sativa L.*, cooperación entre el CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) y la ITU y patrocinado por el CNR y el TÜBITAK.

Departamento de Ingeniería Alimentaria (Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica)

El Departamento de Ingeniería de los Alimentos, actualmente dirigido por el Prof. Dr Necla Aran, se creó en 1990 para formar a treinta estudiantes anuales. A partir de 1992 empezó el programa de *master* y a partir del 1995 el de doctorado.

El Departamento de Ingeniería de los Alimentos lleva a cabo proyectos sobre producción, control de calidad, márketing y garantía de calidad para organismos gubernamentales y empresas privadas. A continuación pasamos a detallar los estudios sobre biotecnología que se han realizado:

- Tecnologías de fermentación en la producción de alimentos (programa Science for Stability de la OTAN) (Araştırıcı), financiado por el TÜBITAK y la OTAN.

- Producción apropiada de levadura en las melazas para su uso como alimento para las aves, financiado por el TÜBITAK y una empresa privada.
- Producción de biomasa (rica en proteínas) a partir de residuos agrícolas, financiado por el TÜBITAK y Yem Industry.
- Producción de ácido cítrico, financiado por el TÜBITAK y el sector privado.
- Producción de biomasa (rica en aceites) a partir de residuos agrícolas, financiado por el TÜBITAK.
- Producción de proteínas a partir del agua de vegetación de la industria del aceite de oliva y del suero de quesería, financiado por el TÜBITAK.
- Producción de proteínas a partir de residuos de uva seca del proceso de vinificación, financiado por el TÜBITAK.

4.5.5. Universidad del Egeo (Izmir)

La Universidad del Egeo, una de las mayores universidades de Turquía, está situada en Izmir y fue creada en 1955. Está formada por 11 Facultades entre las que se encuentran la de Ingeniería, Medicina, Ciencias Sociales, Arte, Educación, Ciencia, Historia, 7 institutos de investigación, 21 centros de I+D y 13 escuelas especializadas. El número de estudiantes asciende a 30.000 y el de profesores a 2.809.

La Facultad de Ingeniería de la Universidad del Egeo fue la primera en Turquía a impartir clases de Ingeniería Biotecnológica. Los múltiples avances que se han producido en ámbitos como la bioquímica, la microbiología, la biología molecular, el metabolismo celular, las ciencias de los materiales o los distintos tipos de ingeniería han favorecido un acercamiento de los progresos biológicos a los principios de ingeniería para trabajar en favor de los organismos vivos y resolver los problemas que éstos puedan presentar.

El Departamento se ocupa de los siguientes temas: traspaso de masa y calor, cinética, biocatalizador, biomecánica, técnicas de separación y purificación, diseño de biorreactores, ciencias de la superficie, mecánica de los fluidos, termodinámica y química de los polímeros, genética, biología molecular, química de la proteína, metabolismo, bioelectricidad, inmunología, temas de farmacología relacionados con las ciencias puras y aplicadas.

Teniendo en cuenta las áreas de investigación que acabamos de mencionar, el Departamento realiza proyectos de investigación y desarrollo así como proyectos industriales aplicados. El Departamento actúa, pues, como un puente entre el sector industrial y la I+D.

Los avances industriales biotecnológicos así como sus aplicaciones son uno de los objetivos más importantes para el Departamento.

A continuación pasamos a detallar las aplicaciones industriales de este Departamento:

- alimentación,
- fuentes de energía renovable (hidrógeno, etanol, biogás),
- medicina (antibióticos, vitaminas, hormonas),
- inoculación,
- materiales bioquímicos (proteínas, aminoácidos, enzimas, ácido orgánico, pesticidas, polímeros varios),
- sistemas biomédicos,
- plantas transgénicas y tipologías animales,
- minería, tratamiento de aguas residuales, depuración de aguas industriales.

Este Departamento cuenta con 12 profesores y 30 alumnos, cuyo responsable es el Prof. Dr Fazilet Vardar Sukan.

A continuación, se presenta una relación de los proyectos que se llevan a cabo en el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Egeo:

- Aislamiento, identificación, biología molecular y aplicaciones de las bacterias termófilas de las fuentes termales de Turquía (2000-2004), cooperación con el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y el Queen Mary & Westfield College y financiado por el British Council y EBILTEM.
- Conservación de varios tipos de aceitunas en envases de vidrio sin aplicar el proceso de salmuera (2001-2003), cooperación entre el Instituto de Investigación de la Aceituna y los Departamentos de Biotecnología y de Alimentación de la Universidad del Egeo y financiado por TAGEM.
- *Yersinia Enterocolitica* ve *Aeromonas Hydrophila* y observación microbiológica para las aguas domésticas de Izmir (2001-2004), cooperación entre el Centro de Aplicación Ambiental y de Investigación de Problemas Ambientales de la Universidad del Egeo, el Departamento de Bioingeniería de la Universidad del Egeo y el Departamento de Biología de la Universidad del Egeo y financiado por la Universidad del Egeo y el Sistema de Aguas y Aguas residuales de Izmir.
- Observación de la producción de ocratoxina-A en los higos (2001-2003), cooperación entre los Departamentos de Bioingeniería, Ingeniería Agrícola y Biológica de la Universidad del Egeo y Taris, Asociación de fruta seca del Egeo y financiado por el TÜBITAK.
- Investigación sobre la producción de plantas comercialmente importantes mediante técnicas de cultivo de tejidos (2001-2003), cooperación entre el Departamento de Biotecnología de la Universidad del Egeo y la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y financiado por EBILTEM.
- Estudio sobre el hongo *Agaricus bisporus* mediante marcadores rápidos (2001-2004), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y financiado por la Universidad del Egeo.
- Investigación de los efectos de los extractos de *Spirulina platensis* (extracto crudo, *Calcium Spirulan* y ficocianina) sobre la línea celular tumoral (2001-2004), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y la Sección de Biología Molecular del Departamento de Biología de la Universidad del Egeo y financiado por la DPT (Organización de Planificación Gubernamental) y EBILTEM.
- Producción a gran escala de una combinación de biopreparados que se pueda utilizar en la guerra biológica agrícola (2002-2003), cooperación entre la Sección de Salud Infantil de la Facultad de Medicina de la Universidad del Egeo y el Departamento de Biotecnología de la Universidad del Egeo y financiado por la Universidad del Egeo.
- Mecanismo y cinética del tratamiento de los compuestos fenólicos en el agua de vegetación de la producción de aceite de oliva a través de absorbentes naturales (2002-2003), financiado por la Universidad del Egeo.
- Uso en el área mediterránea de las aguas efluentes tratadas biotecnológicamente (Medusa Water Project) (1999-2003), cooperación entre Portugal, Italia, España, Marruecos, Túnez y Turquía y financiado por la UE y EBILTEM.
- Clonación del marcador de ADN que controla la intensidad de la *Ascochyta rabiei* en el *Cicer arietinum* L. y su mapeo en el *Cicer arietinum* L. (2000-2004), financiado por la DPT (Organización de Planificación Gubernamental).

- Enrojecimiento de las hojas de algodón (*Gosypium hirsutum L.*): causas y mecanismo bioquímico (2000-2003), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Bioquímica de la Universidad del Egeo, la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y la Academia de Ciencias de Bulgaria y financiado por la Academia de Ciencias de Bulgaria, TÜBITAK, ITAŞ Teknopark y Taris.
- Producción de algodón teñido con tinte natural orgánico (2000-2002), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y financiado por Rapunzel y ITAŞ - Izmir Teknopark.
- Producción de algodón teñido con tinte natural apropiado en la región egea (2000-2002), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y financiado por ITAŞ - Izmir Teknopark.
- Preparación de vacunas péptidas sintéticas que junto con los nuevos conjugados de antígenos pueden utilizarse como inmunógeno y coadyuvante (1998-2002), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y el TÜBITAK-MRC Gebze, y financiado por TAGEM, EBILTEM y el TÜBITAK.
- Determinación de la capacidad de actividad de varios extractos de *Spirulina platensis* producidos en Turquía, cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo, el Departamento de Biología de la Universidad del Egeo, la Sección de Medicina Nuclear de la Facultad de Medicina de la Universidad del Egeo y el Instituto de Productos del Agua de la Universidad del Egeo y financiado por el sector industrial y EBILTEM.
- Investigación de la producción de ocratoxinas en las uvas e identificación con aislamiento de una formación potencial de moho (1999-2002), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo, la Facultad de Agricultura de la Universidad del Egeo y el Departamento I+D de Taris y financiado por la DPT.
- Recogida de cepas de microalgas en aguas interiores (2001-2003), financiado por el TÜBITAK y EBILTEM.
- Impactos radioprotectores de la alga *Spirulina* sobre el sistema inmunológico utilizándolas como animales experimentales (2000-2002), cooperación entre la Sección de Medicina Nuclear de la Facultad de Medicina de la Universidad del Egeo, el Izmir Ataturk Research Hospital, el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y Onkomer y financiado por EBILTEM y el sector industrial.
- Establecimiento de un plan de acción para el desarrollo sostenible del cayo Yuvarlak (área de protección ambiental especial de Koycegiz-Dalyan) (2000-2002). Cooperación entre el Departamento de Biotecnología de la Universidad del Egeo, el Instituto de Productos del Agua de la Universidad del Egeo y la Sección de Microbiología Industrial del Departamento de Biología de la Universidad del Egeo y financiado por el Ministerio de Medio Ambiente de Turquía.
- Producción y caracterización de una cubierta de gelatina para heridas (2000-2003), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Hacettepe y financiado por la Universidad de Hacettepe.
- Producción de anticuerpos monoclonales en los reactores de fibra de poliéster (1998-2002), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica de la Universidad del Egeo y el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Hacettepe y financiado por la Universidad de Hacettepe.
- Lactasa con producción de fuente microbiana a partir del agua de vegetación de la industria del aceite de oliva (1999-2003), cooperación entre el Departamento de Ingeniería Biotecnológica

y el Departamento de Ingeniería de los Alimentos de la Universidad del Egeo y financiado por el TÜBITAK y EBILTEM.

- *Agaricus bisporus* (Lge) Sing: Producción y análisis genético (1998-2001), cooperación entre los Departamentos de Ingeniería Biotecnológica y de Agricultura y financiado por la Universidad del Egeo.

4.5.6. Universidad Técnica de Oriente Medio (Ankara)

Fundada en 1956, la Universidad Técnica de Oriente Medio (METU) es una universidad pública con un doble objetivo. Por una parte, la METU quiere formar a estudiantes turcos y extranjeros en el ámbito científico y tecnológico. Por otra, pretende utilizar estos estudios en el ámbito de la investigación pura y aplicada con el fin de contribuir a las necesidades económicas y sociales de Turquía y de otros países en desarrollo. Las clases se han impartido desde sus inicios en inglés.

La Universidad Técnica de Oriente Medio se dedica a la aplicación de los conocimientos para el desarrollo social, cultural, económico, científico y tecnológico de nuestra sociedad y de toda la humanidad a través de una enseñanza, una investigación y unos servicios comunitarios que responden a los estándares internacionales de mayor calidad.

La METU ofrece 39 programas docentes en 37 Departamentos de 5 Facultades. Además, también dispone de 4 Escuelas de Enseñanza Superior con 59 programas y una Escuela de Idiomas que ofrece cursos preparatorios de inglés.

El Departamento de Ingeniería Ambiental, que cuenta con alrededor de 20 profesores, se encuentra dentro de la Facultad de Ingeniería, en la que hay 250 profesores. Un grupo permanente de entre 2 y 3 profesores del Departamento es el encargado de llevar a cabo los proyectos/estudios sobre biotecnología.

Entre los principales proyectos sobre biotecnología del Departamento de Ingeniería Ambiental, equipo dirigido por el Prof. Dr Celal F. Gökçay, veamos los proyectos más relevantes de investigación aplicada en materia de biotecnología:

- Reciclaje de las cenizas voladoras piríticas mediante el uso de técnicas microbiológicas-1981 (TÜBITAK, proyecto MAG-539).
- Tratamiento biológico de las aguas residuales de IMEKS-Abattoir; financiado por IMEX.
- Tratamiento de los efluentes de la fábrica de municiones MKE-Elmadag, realizado con el apoyo de MKE.
- Tratamiento de las aguas residuales de la industria papelera de la planta SEKA Taskopru, realizado con el apoyo de la planta de Taskopru de SEKA (empresa papelera estatal).
- Caracterización y tratamiento de efluentes clorados y colorados de las plantas de blanqueado SEKA, realizada con el apoyo de la Dirección General de SEKA entre 1993 y 1995.
- Tratamiento de efluentes clorados. (TÜBITAK, proyecto KTCAG128, 1993-1995).

A continuación se detallan algunas de las tesis más relevantes que se han realizado en este ámbito:

- Lixiviación bacteriana de los residuos de flotación del cobre.
- Estudio de las cenizas volantes piríticas calcinadas mediante técnicas de lixiviación microbiológica.

- Tratamiento biológico anaeróbico de residuos de alta resistencia.
- Caracterización de efluentes de pulpa blanqueada con dióxido de cloro.
- Tratamiento físico-químico de los efluentes del proceso de blanqueo de la planta de papel Kastamonu de SEKA.
- Bioquímica de la degradación de la lignina clorada y del pesticida clorado.
- Evaluación de la toxicidad y la biodegradabilidad de los efluentes de la fabricación de pasta de papel en la comunidad de tratamiento microbiano mediante respirometría electrolítica (Pervin Katmer).
- Tratamiento de color biológico de los efluentes de la industria papelera.
- Tratamiento de fango activado de AOX procedentes de residuos de fabricación de pasta de papel.
- Tratamiento de compuestos clorados mediante fango activado y microbiología del proceso.

4.6. BIOTECNOLOGÍA EN ISRAEL²⁷

El organismo estatal en Israel responsable de gestionar el desarrollo biotecnológico es el Ministerio de Ciencia, Cultura y Deporte. Desde este organismo se espera que el siglo XXI sea el Siglo de la Ciencia y Tecnología. Está previsto invertir muchos recursos en investigación y desarrollo tecnológico, y esto traerá consigo crecimiento económico, prosperidad social y la capacidad para competir en el mercado mundial. Se espera que el nombre de Israel en el campo de la ciencia pase a ser reconocido por sus propios logros. Desde este Ministerio se apoya el desarrollo de la infraestructura científica y la cooperación científica internacional y se fomenta la inversión en investigación y desarrollo en Israel.

El Ministerio de Ciencia es responsable de interconectar la investigación científica básica de las universidades con la orientación de I+D de los productos de sus empresas. El Ministerio apoya la investigación científica de vanguardia, la infraestructura tecnológica, la cooperación internacional y la absorción de científicos. De esta forma, el Ministerio contribuye al futuro de Israel como un centro internacional para los productos y servicios relacionados con la ciencia.

El impacto del Ministerio de Ciencia sobre el sistema de ciencia en Israel se debe a su función de punto focal, coordinador y representante a escala nacional. Frecuentemente toma la iniciativa en la identificación, organización y promoción de nuevas iniciativas científicas en las áreas prioritarias a escala nacional. Por ejemplo, en 1989, los Ministerios de Ciencia y de Industria y Comercio establecieron conjuntamente el Comité Nacional de Biotecnología y un comité de alto nivel (el Comité Katzir), responsables del diseño de una estrategia nacional específica para conseguir un desarrollo biotecnológico con éxito. El informe sobre biotecnología (1989) del Comité Katzir detalla los planes para la promoción de la biotecnología en Israel. Recientemente, el Ministerio de Ciencia estableció un *think-tank* de alto nivel para apoyar la promoción de la utilización del conocimiento biotecnológico de Israel por parte del sector industrial.

El Ministerio de Ciencia funciona a menudo como un importante complemento de otros Ministerios en cuanto a iniciativas del área científica. En los asuntos internacionales, por ejemplo, el Ministerio de Ciencia trabaja en estrecha relación con el Ministerio de Relaciones Internacionales para es-

²⁷ Internet: <http://www.most.gov.il>

tablecer importantes acuerdos de cooperación científica con Rusia, China, India y varios otros países (existen más de 40 países con los que mantiene acuerdos de este tipo). En cuanto a las actividades del Ministerio de Ciencia en el ámbito interior, éste gestiona, junto con el Ministerio de Agricultura, un banco génico a escala nacional. En cuanto a la mejora de la distribución geográfica de las oportunidades I+D dentro de Israel, el Ministerio de Ciencia ayuda a centros regionales de I+D y ha creado un Consejo Permanente para I+D Regional.

Finalmente, existe una gran preocupación para motivar al público para que conozca y tenga interés en cuestiones científicas. Por este motivo, el Ministerio de Ciencia informa al público de sus actividades a través de publicaciones gratuitas y de una página web desde la que se responde a las inquietudes del público.

4.6.1. Desarrollo de investigación estratégica

La investigación estratégica fue definida por el Ministerio de Ciencia como la investigación aplicable y con potencial económico para conseguir dos objetivos:

- la explotación del potencial latente de la investigación científica para implementar nuevas generaciones de productos altamente tecnificados, lo cual alimentaría todos los sectores industriales para competir en el mercado mundial;
- reducir el vacío, o construir un vínculo, entre la investigación básica y la investigación aplicada, lo cual disminuirá el tiempo requerido para la maduración de las ideas prácticas.

Dentro del plan de investigación estratégica de Israel, podemos encontrar los siguientes programas:

- Materiales Avanzados y Tecnología Química,
- Biotecnología,
- Electroóptica y Microelectrónica,
- Medio ambiente y Calidad del Agua,
- Tecnología de la Informática y Telecomunicaciones,
- Biomicroelectrónica,
- Reservas (Recursos) Estratégicas,
- Matemáticas Aplicadas,
- Infraestructura en Internet (Internet2),
- Ciencias Sociales.

El desarrollo estratégico en investigación es un programa que está basado en los siguientes principios:

- Programa plurianual: capacidad para imaginar las necesidades de la economía en las áreas tecnológicas tanto a medio como largo plazo.
- Capacidad profesional: establecer prioridades considerando las inversiones en diversas áreas tecnológicas sujetas a prioridades nacionales, incluyendo el desarrollo del potencial humano y la promoción de la infraestructura de equipamiento científico en concordancia con criterios definidos.
- Definir criterios para identificar áreas de investigación que tengan preferencia económica, científica y social.

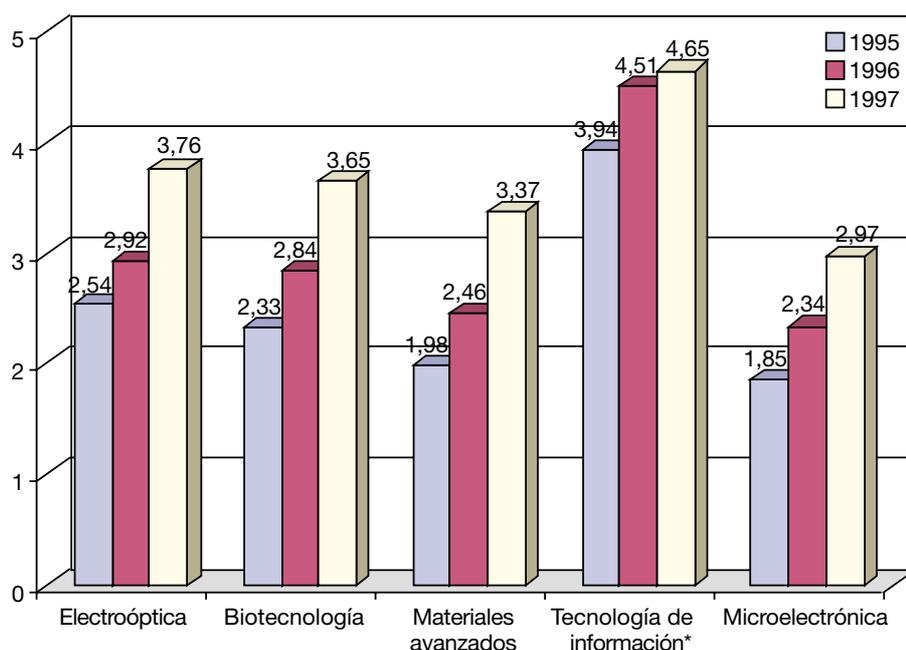
- Un marco de trabajo financiero plurianual separado, de volumen significativo, para la investigación estratégica, de tal forma que se establezca una masa crítica en las áreas seleccionadas preferentemente.
- Establecer la cooperación entre investigadores de las diferentes instituciones, incluyendo los investigadores de las propias industrias.

El Comité Ejecutivo Nacional para el Desarrollo Científico e Investigación Tecnológica Estratégica (también conocido como el Comité de los Trece) fue nombrado en enero de 1994 por el Comité Ministerial de Ciencia y Tecnología. Su misión fue promover la investigación estratégica. Simultáneamente, se formaron a escala nacional comités para las diferentes áreas prioritarias establecidas. El Comité de los Trece y los Comités Nacionales ayudaron al Ministerio de Ciencia a identificar las áreas en las que Israel tiene una posición de ventaja y centrar esfuerzos para desarrollar nuevas tecnologías o para mejorar las existentes. Estas áreas tienen un alto potencial de aplicación por ser compatibles con las capacidades de la industria en Israel.

El objetivo final del programa es desarrollar la infraestructura científica y tecnológica, teniendo en cuenta las necesidades económicas a medio y largo plazo, para estimular la explotación del potencial económico latente dentro del conocimiento científico-técnico y para mejorar el mercado crecimiento de la economía nacional. En el marco de trabajo que se creó entre 1995 y 1996, el Ministerio apoya el programa de investigación con más de 26 millones de euros. Esto incluye los proyectos de investigación, la formación de científicos como potencial humano, la compra de equipos específicos para la investigación, el establecimiento de un Centro de Supercomputación entre las universidades y la renovación del Centro de Microelectrónica del Instituto Tecnológico de Israel después de ser dañado por un incendio.

Figura 10
EVOLUCIÓN DE LOS PRESUPUESTOS EN LAS CINCO ÁREAS DE MAYOR PRIORIDAD
ESTRATÉGICA ENTRE 1995 Y 1997

Cantidades expresadas en millones de euros

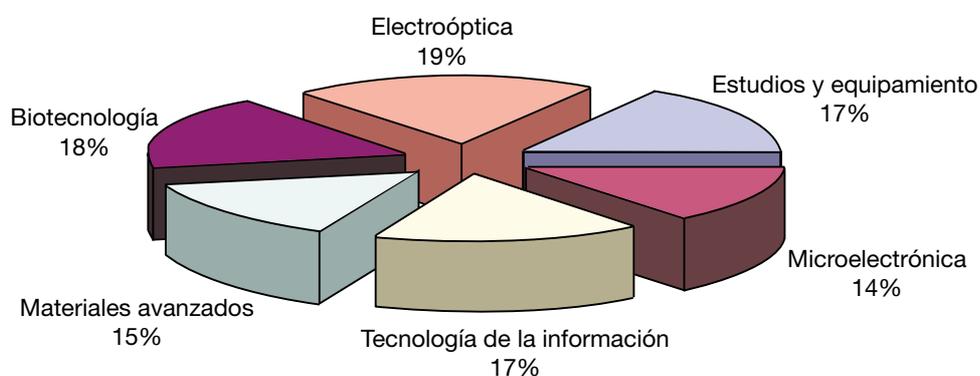


* Incluye la creación del Centro de Supercomputación

Dentro del programa estratégico de investigación, durante los años 1995-1996, las propuestas se realizaron en 6 áreas prioritarias: electroóptica, tecnología informática, materiales avanzados, microelectrónica, biotecnología y matemáticas aplicadas. En total se presentaron 405 proyectos de varias instituciones de investigación de Israel, en los que participaron 1.400 grupos de investigación consolidados.

De acuerdo con las recomendaciones de los evaluadores, se financiaron 110 proyectos de investigación durante los años 1995 y 1996 se otorgaron 54 subvenciones en las 6 áreas prioritarias que se abrieron en el concurso. El total fue de 8,9 millones de euros en 1995 y 14,11 millones de euros en 1996.

Figura 11
PRESUPUESTO DEL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURAS DE 1995 (APLICADO)

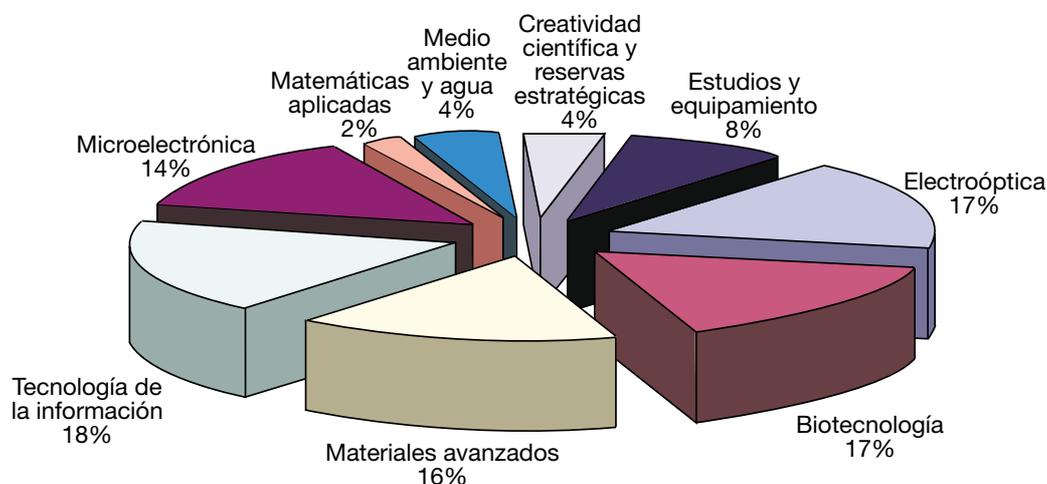


En 1997 del programa de investigación estratégico buscaba la financiación de proyectos de investigación siguiendo las siguientes líneas:

- Extensión de proyectos de investigación: continuación de la financiación de proyectos de investigación iniciados en 1995 y 1996, tal como se había previsto inicialmente.
- Expansión: financiar nuevos proyectos de investigación definidos dentro de subáreas de las 6 áreas definidas como prioritarias en los años previos.
- Aumentar: añadir nuevas subáreas entre las 6 áreas prioritarias.
- Nuevas áreas de investigación: promover nuevas actividades de investigación en temas esenciales para la investigación estratégica en relación con problemas ambientales, incluyendo el desarrollo y el recurso agua.

Por tanto, en 1997 el Ministerio llamó a concurso proyectos de investigación en 7 áreas: electroóptica, biotecnología, materiales avanzados, tecnología informática, microelectrónica, matemáticas aplicadas e industrial, así como temas relacionados con la nueva área prioritaria: desarrollo y control del recurso agua.

Figura 12
PRESUPUESTO DEL PROGRAMA DE INFRAESTRUCTURAS DE 1997 (PREVISTO)



4.6.2. Comité Nacional de Israel para la Dirección Biotecnológica

El Comité Nacional de Israel para la Dirección Biotecnológica) inicia su presentación con la siguiente cita de Chaim Weizmann (1946):

“Estoy seguro de que la ciencia traerá a esta tierra la paz y la renovación de su juventud al crear las fuentes de una nueva vida espiritual y material. Y aquí hablo de la ciencia en sí misma y de la ciencia aplicada.”

El Comité Nacional de Israel para la Dirección de la Biotecnología es un cuerpo tutor formado por destacados expertos de la industria y académicos en el campo de la biotecnología. Su misión es aconsejar al Gobierno sobre la política nacional relacionada con la biotecnología —como actividades de negociación e inversión en la industria de la biotecnología o apoyo a las actividades de investigación científica aplicadas en proyectos—, dar apoyo a la relación —actualmente en estado crítico— entre investigación académica y actividades empresariales y facilitar la colaboración internacional.

4.6.3. Centros Nacionales para la Biotecnología

Los Centros Nacionales para la Biotecnología fueron creados por el Comité y el Ministerio de Ciencia. Estos Centros se consideran de investigación estratégica intermedia, para la cual necesitan una instrumentación avanzada y proyectos de colaboración, y trabajan en:

- infraestructura bioinformática y genética,
- purificación de proteínas y tecnologías de secuenciación,
- genoma de las plantas,
- reconocimiento génico de animales,
- tecnologías del genoma,
- *screening* de alta resolución.

4.6.4. Empresas biotecnológicas

Las empresas que trabajan en el sector de la biotecnología se encuentran repartidas entre en los siguientes ámbitos:

- terapia,
- diagnóstico,
- bioagricultura,
- tecnologías de plataforma,
- I+D académico,
- cosmética,
- bionutrientes,
- servicios, contratos de investigación y fabricación.

En la tabla 4, se reflejan el número de empresas biotecnológicas, las ventas del sector y el número de empleados entre 1988-1998.

Tabla 4: Empresas, ventas y número de empleados del área biotecnológica

	1988	1990	1992	1993	1995	1997	1998
Ventas (millones €)	15,11	50,37	18,34	210,56	251,16	338,51	388,86
Empleados	400	600	2.170	2.540	2.835	3.500	3.800
N.º de empresas	25	30	63	87	100	135	

A continuación (tabla 5), se clasifican las empresas biotecnológicas según tamaño:

Tabla 5: Número de empresas biotecnológicas por tamaño

Tamaño de empresa	Número
Inicial (establecida con 2 años de antigüedad y <49 empleados)	39
Pequeña (<49 empleados)	44
Media (49-50 empleados)	11
Grande (>150 empleados)	7

En la tabla 6, se refleja el número de empresas que se dedican a cada sector según tamaño.

Tabla 6: Número de empresas por sectores y tamaño

	Grande	Mediana	Pequeña	Inicial	Total
Terapia	3	3	12	18	36
Diagnóstico	-	5	12	12	29
Bioagricultura	4	3	21	6	34
Tecnologías de plataforma	1	4	14	6	25
Medio ambiente	-	-	13	5	18
Cosmética	1	-	2	8	11
Bionutrientes	-	-	3	2	5
Servicios, contratos, investigación y fabricación					11
Otros					9

4.6.5. Centros académicos de I+D y de investigación

Entre los centros académicos y empresas dedicados a la investigación y a I+D destacamos:

- B. G. Negev Technologies and Applications
- Bar Ilan Research & Development Co.
- Dimotech
- Hadasit - Medical Research Services & Development
- Instituto de Investigación y Desarrollo IMI (Tami)
- Life Science Research Israel
- Migal - Galilee Technological Center
- Peri Development Applications
- Ramot - Tel-Aviv University Authority for Applied Research & Industrial Development
- Yeda Research & Development Co.
- Yissum Research Development Company de la Universidad Hebrea

4.7. BIOTECNOLOGÍA EN GRECIA

4.7.1. Fundación Nacional Helénica de Investigación (NHRF)

La Fundación Nacional Helénica de Investigación (NHRF) fue fundada por el Real Decreto de 9 de octubre de 1958 con el objetivo de organizar y financiar el apoyo material o moral de los proyectos de investigación científica de más alto nivel. En estos 39 años de actividad, la NHRF ha desarrollado actividades científicas y de investigación en historia, física, química, ciencia de los materiales, biología y biotecnología. La NHRF ha establecido y organizado la más amplia biblioteca de revistas científicas de todas las especializaciones de los países balcánicos —alrededor de 1.800 títulos— y ha financiado programas básicos de investigación en institutos de educación superior, hospitales y otras organizaciones de investigación en Grecia.

En la actualidad la NHRF está formada por los siguientes Institutos de Investigación y servicios²⁸:

- IBR (Instituto de Investigación sobre Bizancio),
- INR (Instituto de Investigación Neohelénica),
- IGRA (Instituto para la Antigüedad Griega y Romana),
- IBRB (Instituto de Investigación Biológica y Biotecnología),
- ITPC (Instituto de Química Teórica y Física),
- IOPC (Instituto de Química Orgánica y Farmacéutica).

4.7.2. Instituto de Investigación Biológica y Biotecnología (IBRB)

El Instituto de Investigación Biológica y Biotecnología (IBRB) se fundó en 1977, como tercer instituto de ciencias de la Fundación Nacional Helénica de Investigación (NHRF), con el objetivo de:

- llevar a cabo una investigación avanzada fundamental en ciencias biológicas básicas y el fortalecimiento de la infraestructura en este campo,
- explotar los resultados de la investigación en biología básica y biomédica para la investigación aplicada y biotecnológica,
- formar estudiantes graduados y no graduados, investigadores en postdoctorado y personal técnico.

Actividades de investigación del IBRB

Las actividades de investigación del Instituto en el campo de la investigación básica se centran en: regulación de metabolismos celulares; niveles de transcripción, post-transcripción y post-traslación; relaciones de estructura-función de acciones enzimáticas, y en el campo de la salud. Los diferentes grupos de investigación en bioquímica aplicada y técnicas de biología celular y molecular llevan a cabo los siguientes programas de investigación:

- Programa de Biología Molecular,
- Programa de Endocrinología Molecular,
- Programa de Regulación Génica,
- Programa de Química Carcinogénica,
- Programa de Envejecimiento Celular,
- Programa de Regulación de Fosforilación de Proteínas,
- Programa de Estructura, Función y Regulación Proteicas,
- Programa de Tecnología Enzimática,
- Programa de Biomimética.

Estos programas, que especifican la metodología y sus fines, pueden agruparse en tres ejes principales:

- biología celular y molecular, fisiología y fisiopatología,
- química carcinogénica y toxicológica,
- química relacionada con las proteínas y las enzimas.

²⁸ Estos centros se encuentran en la sede de la Fundación: Av. Vassileos Constantinou, 48, Atenas (Grecia).

Programa de Biología Molecular

Las actividades de investigación del grupo de biología molecular del IBRB se centran en el papel de los complejos ribonucleoproteicos nucleares (hRNP) y en la regulación de la expresión génica a nivel post-transcripcional de los eucariotas superiores. Recientes hallazgos muestran la participación de constituyentes nRNP en casi todos los aspectos del metabolismo del mRNA y su implicación en condiciones patológicas, incluyendo la inmunodeficiencia y el cáncer. Los esfuerzos científicos actuales relacionan cuestiones tanto de investigación aplicada como básica con estos hallazgos.

Programa de Endocrinología Molecular

Los objetivos del Programa de Endocrinología Molecular incluyen el mecanismo molecular de la función de hormonas esteroides en el ámbito de la salud y el papel de proteínas de choque térmico en la regulación del potencial de transactivación de receptores esteroides. La investigación aplicada se centra en el desarrollo de inmunoensayos para la evaluación de los niveles de receptores esteroides en biopsias tumorales y bioensayos para estimar la actividad del receptor en células tumorales cultivadas. En el marco de este programa, se ha gestionado un comprometido dispositivo para el análisis de niveles de receptores de estrógeno y progesterona en tumores. Desde 1981, se han analizado cerca de 700 tumores mamarios anuales, procedentes de diferentes clínicas de Atenas y de otras partes.

Programa de Química Carcinogénica

El Programa de Química Carcinogénica está destinado al desarrollo de los fundamentos científicos para la evaluación de los riesgos carcinogénicos asociados a la exposición humana a sustancias químicas. En el contexto del programa, se están llevando a cabo proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con el papel del ADN dañado y reparado en el mecanismo de química carcinogénica, así como con la utilidad de los marcadores biológicos de exposición y susceptibilidad individuales en el refinamiento de los procesos de evaluación de riesgos. Se presta especial atención a la sección de metilar carcinógenos que incluyen compuestos N-nitrosos, asociados a alimentos, tabaco, sustancias químicas de importancia agrícola e industrial y fármacos. Además también son objeto de investigación los efectos de constituyentes genotóxicos de la contaminación de aire urbano sobre el hombre en el contexto de estudios epidemiológicos a escala molecular.

Además de la investigación per se, el programa y la Unidad de Toxicología Ambiental asociada están involucrados en un conjunto de actividades en el amplio campo de la toxicología ambiental. Estas actividades incluyen principalmente la revisión de bibliografía referente a la toxicidad de sustancias químicas y la construcción de bases de datos bibliográficas de toxicología ambiental para estudios relacionados con el medio ambiente griego y su población.

Programa de Regulación Génica

El objetivo del Programa de Regulación Génica es estudiar moléculas y mecanismos de transducción celular por señal con el fin de inhibir sus funciones desreguladoras en enfermedades. El interés de investigación del Programa de Regulación Génica se centra en el análisis de la función de factores oncotranscriptores y sus diferencias entre células normales y cancerígenas.

Más específicamente, los estudios tratan los mecanismos de regulación de familias de factores de transcripción jun/fos (AP-1) y ets por señales mitogénicas perturbadas durante el proceso ante la

formación de células tumorales. Además se está estudiando el análisis funcional de genes dirigidos y sus productos involucrados en el proceso metastático e invasivo por degradación de las metaloproteasas de matriz extracelular (MMPs) y sus inhibidores (TIMPs) reguladas por AP-1 y los factores de transcripción de los mismos.

Programa de Envejecimiento Celular

El Programa de Envejecimiento Celular se centra en la clonación y regulación de genes que están ligados al envejecimiento y la longevidad. Se han clonado diversos genes asociados al envejecimiento celular sobreexpresados en células senescentes de diferentes especies y orígenes. Estos genes se han reprimido en células completamente transformadas, de forma que existen conexiones moleculares comunes entre el envejecimiento y el cáncer. Es más, así como la longevidad puede ser controlada por los genes de supervivencia, se está realizando un amplio estudio sobre niveles de expresión génica monitorizada en muestras derivadas de personas mayores de cien años. De forma complementaria, se están estudiando mecanismos moleculares de iniciación y progresión de cáncer y, por tanto, de represión del fenotipo senescente. También se están investigando los principales tumores y líneas celulares de cánceres de mama y ovarios, así como los procedentes de osteosarcomas en relación a su quimiosensibilidad in vitro frente a diferentes fármacos. Además, se están monitorizando los niveles de expresión de varios genes —incluyendo los oncogenes—, la detención de crecimiento específico, la resistencia a fármacos y los genes de metástasis antes y después de tratamientos con fármacos para evaluar el nivel genético la reversión del fenotipo maligno.

Programa de Regulación de Fosforilación de Proteínas

El objetivo del Programa de Regulación de Fosforilación de Proteínas es el estudio de funciones celulares reguladas por fosforilación y desfosforilación proteica, el mecanismo regulador más importante y omnipresente de modificación translacional, el aislamiento y caracterización de protein-cinasas y fosfatasas y el desarrollo de métodos analíticos para la determinación de estas acciones catalíticas. El objetivo más importante del programa es la elucidación del papel de la fosforilación de proteínas cerebrales en la patogénesis de enfermedades neurodegenerativas (Alzheimer), que servirá para la intervención terapéutica.

Programa de Estructura, Función y Regulación Proteicas

Las proteínas tienen una trascendencia fundamental en todos los procesos biológicos. El conocimiento de su estructura, función y regulación permitirá entender estos procesos con consecuencias inalcanzables para la salud humana. El programa en relación a la comprensión de las proteínas engloba dos áreas de trabajo.

En primer lugar, se está trabajando en el control del metabolismo-estructura del glicógeno y la función de la glicógeno fosforilasa y la fosforilasaquinasa (en colaboración con el Laboratorio de Biofísica Molecular, de la Universidad de Oxford). Esta regulación del metabolismo de glicógeno es importante para el diseño de nuevos agentes terapéuticos para controlar los altos niveles de glucosa en sangre para diabetes de tipo II.

En segundo lugar, los estudios se centran en el control de transmisión, estructura neuromuscular y función de fragmentos Fab y anticuerpos monoclonales dirigidos contra la región inmunogénica principal (MIR) del receptor nicotínico acetilcolina. El conocimiento de la estructura de anticuerpos

anti-MIR seleccionados será utilizado para el diseño racional de anticuerpos mutantes como fármacos para el tratamiento de la miastenia grave.

Programa de Tecnología Enzimática

El estudio del metabolismo de la bacteria de ácido láctico (LAB) es una parte del programa de tecnología enzimática. Este estudio está centrado en dos proyectos de investigación principales.

En primer lugar, el estudio de la actividad proteolítica del LAB incluye el aislamiento y caracterización de una proteasa extracelular específica de caseína, los factores influyentes en la actividad proteolítica en varias condiciones y medios de crecimiento, y inducción de la biosíntesis enzimática, la regulación de proteasa a través de la modificación del reparto translacional y el estudio del papel de la fosforilación de la actividad enzimática.

El segundo proyecto se centra en el colesterol atrapado de variedades seleccionadas de LAB, la determinación de las condiciones del colesterol atrapado, el estudio de las enzimas relacionadas con la recogida del colesterol, el estudio del metabolismo del colesterol en el LAB y los intentos de expresión del gen de la colesterol reductasa en el LAB.

Programa de Biomimética

El Grupo de Biomimética lleva a cabo estudios relacionados con el comportamiento de biomoléculas tipo enzimas, en sistemas modelo que simulan su entorno natural. De esta forma se pueden estudiar los aspectos estructurales y funcionales de las biomoléculas huéspedes en entornos acuosos restringidos y caracterizados. Las microemulsiones de agua en aceite pueden ser consideradas sistemas patrón para estos estudios, puesto que proporcionan la posibilidad de solubilizar enzimas en microfases de agua dispersas en disolventes hidrófobos. Así, se pueden localizar sustancias con diferente polaridad en microfases visibles y reaccionar a través de una interfase total. Las microemulsiones también pueden utilizarse en el estudio enzimático de reacciones con sustratos lipofílicos, enzimas de membrana e incluso como protectores ante la desnaturalización.

Hay tres programas de investigación principales en los siguientes ámbitos: estructura y función de lipasas en microemulsiones; estudio de actividades de enzimas proteolíticas en microemulsiones y estudios de microemulsiones por técnicas espectroscópicas. Muchos proyectos aplicados están desarrollados en colaboración con centros de alimentación, farmacéuticos e industrias cosméticas.

Investigación y desarrollo aplicado en el IBRB

Durante los últimos años investigadores en IBRB están reorientando sus actividades para incluir proyectos de investigación aplicada y participar en planes de desarrollo regionales de Grecia y de la Unión Europea. También se hace hincapié en su integración en programas comunitarios. Este logro, que está basado en tres ejes de investigación principales del IBRB, se ha dirigido hacia el establecimiento de tres unidades de investigación aplicada, que aspiran a desarrollar productos y tecnología para la industria, departamentos del Gobierno, hospitales, etc. Las tres unidades son las siguientes:

- Unidad de biomedicina molecular,
- Unidad de química toxicológica,
- Unidad de enzimología industrial.

4.7.3. Instituto de Biología Molecular y Biotecnología (IMBB)

El Instituto de Biología Molecular y Biotecnología (IMBB) fue fundado en mayo de 1983 y fue uno de los tres Institutos iniciales de los Centros de Investigación de Creta (RCC). Desde 1987, el IMBB es uno de los siete institutos de la única fundación de investigación regional de Grecia (FORTH). El primer director del IMBB fue el Profesor Fotis Kafatos.

En 1993, el Prof. Kafatos fue elegido como Director General del EMBL (Laboratorio de biología molecular de Heidelberg, Alemania) y renunció a su puesto de Director del Instituto, cediendo el puesto al Profesor George Thireos, quien fue elegido Director del IMBB en enero de 1994.

El IMBB es uno de los siete institutos de investigación que componen la Fundación para la Investigación y la Tecnología Hellas (FoRTH) y colabora estrechamente con el Departamento de Biología de la Universidad de Creta y el Parque de Ciencia y Tecnología de Creta. IMBB es también el EMBnet Node Nacional de Grecia desde 1989. El Instituto se encuentra en Creta, a siete kilómetros de distancia de Heraklion, cerca de Voutes.

Las actividades del IMBB están dirigidas hacia la investigación básica de alta calidad y a la investigación aplicada en campos cuidadosamente seleccionados de la biología molecular y la biotecnología. El último logro de estas actividades es la mejora de calidad de vida a través de intervenciones en la medicina, la agricultura, la industria y el medio ambiente. Las áreas de investigación incluyen la elucidación de mecanismos y funciones de biología básica, relacionadas a la larga con la salud humana, la investigación genómica, el control biológico de plagas biológicas, la estructura enzimática y el desarrollo de herramientas y productos de alta tecnología. Estas actividades han sido un éxito gracias al establecimiento de redes de investigación competitivas, tanto nacionales como internacionales, y a colaboraciones con la industria.

Los grupos de investigación trabajan en las siguientes áreas: genética molecular de mamíferos, mapeo del genoma humano, desarrollo de inmunología y neurobiología, expresión génica (genes MHC II, genes específicos de hígado) y genes de enfermedades específicas (supresores tumorales, anemias, Alzheimer).

Veamos detalladamente los estudios que se realizan en cada ámbito:

- **Genética molecular de insectos:** mapeo y secuenciación del genoma de la *Drosophila*, desarrollo y funciones del sistema nervioso y control biológico de plagas de insectos (desarrollo de sistemas de transformación en mosca mediterránea de la fruta y biología molecular de mosquitos).
- **Biología molecular de organismos unicelulares:** secuenciación del genoma de la levadura; análisis funcional sistemático de los genes de levadura; control transcripcional; respuestas de estrés; mecanismos de secreción de proteínas en bacterias y desarrollo de biosensores ambientales.
- **Biología molecular de plantas:** interacción planta-patógeno; control de plagas; virología molecular de plantas; supresión de genes por tecnología ribozima; enfermedad y/o resistencia de plantas.
- **Estructuras macromoleculares:**
 - Análisis de estructura y función de varias familias de proteínas por rayos X y cristalografía. El estudio de proteínas incluye: sistemas de transporte de electrones, quitinasas, endonucleasas y ADN-metiltransferasas.
 - Ingeniería y diseño de clases estructurales seleccionadas de proteínas (empaquetamiento 4-alfa-hélice, barriles alfa/beta).

- **Tecnología Enzimática:** bioconversión de quitina a quitosan, enzimas psicrófilas, enzimas de modificación del ADN, tecnologías de separación, procesos de tratamiento de aguas.
- **Bioquímica Aplicada e Inmunología:** inmunología celular y molecular humana, ingeniería de péptidos y anticuerpos, desarrollo de anticuerpos y herramientas de diagnóstico basadas en el ADN.

En cuanto a las actividades relacionadas con el desarrollo y la comercialización de productos destacaremos:

- desarrollo y márketing de restricción de ADN y enzimas de modificación, bajo la marca de MINOTECH;
- márketing de oligonucleótidos de ADN, producidos en el laboratorio de microquímica;
- desarrollo y márketing de equipos de inmunoensayos enzimáticos para la determinación de hormonas esteroideas y receptores.

Estos productos son suministrados en mercados nacionales e internacionales en colaboración con empresas, entre las que se incluyen: Boehringer Mannheim (Alemania), Pharmacia (Estados Unidos), Quantum biotechnologies (Estados Unidos), Renner GmbH (Alemania), Ciba-Geigy (Suiza), Enviro Europa (Grecia), Melotech (España).

A continuación detallamos las patentes presentadas por el IMBB:

- "Eukaryotic Transposable Element" (patentado en EE.UU., n.º 5.348.874).
- "Purified Chitin Deacetylase" (patentado en EE.UU., n.º 07/773.724, con licencia).
- "Simple and rapid amplification and detection of nucleic acids" (patentado en EE.UU., n.º de serie 5.569.582).
- "Asymmetric hammerhead ribozymes and nucleotide sequences for their construction". (PCT/EP93/02853, pendiente).
- "DNA encoding chitin deacetylase" (patentado en EE.UU n.º apl. 07/989.991).

Para el desarrollo de sus actividades, el IMBB cuenta con los siguientes fondos:

Becas competitivas de la UE (y fondos complementarios)	1.985.730 euros
Otras becas internacionales	217.775 euros
Becas nacionales	682.750 euros
Venta de productos	151.494 euros
Fondos gubernamentales	954.500 euros

Dirección de Contacto

IMBB
P.O. Box 1527
Vassilika Vouton
Heraklion
GR-71110
Grecia
Internet: <http://www.imbb.forth.gr/>

4.7.4. MINOTECH biotechnology

MINOTECH biotechnology inició sus actividades en 1987 como una unidad de producción aplicada del Instituto de Biología Molecular y Biotecnología (IMBB) y recurre a éste para la purificación de proteínas y la biología molecular.

MINOTECH biotechnology produce reactivos de alta pureza y calidad, lo que responde tanto a las necesidades de los investigadores de biotecnología industrial como a los de los laboratorios clínicos. Los estudios actuales se centran en: reactivos de ADN recombinante (enzimas de restricción/modificación de ADN, equipos de biología molecular, etc.); citocinas y sus anticuerpos; enzimas especializadas y sus anticuerpos, y servicios (fermentación y purificación de proteínas).

Los productos de MINOTECH biotechnology han tenido éxito en su presentación en los mercados griego e internacional. Para el futuro, se ha previsto expansión de las actividades y el establecimiento de una empresa privada independiente.

En el ámbito de la fermentación unicelular y purificación de proteínas, MINOTECH biotechnology está comprometida con la excelencia en la producción de proteínas recombinantes y servicios de purificación. Ofrecen polipéptidos bajo contrato para empresas farmacéuticas y genomas de diagnóstico y biotecnología, así como servicios para laboratorios de investigación con control alto de acabado, cristalografía, biología celular y diagnóstico. También prestan servicios que van desde la clonación genética hasta la purificación de polipéptidos. Otro ámbito de trabajo, es mejorar los bioprocesos ya existentes y en desarrollo para la mejora de la producción de polipéptidos y de purificación, fermentación optimizada y protocolos de expresión de genes. Finalmente, también MINOTECH biotechnology ayuda a incrementar la productividad y conservar valiosos recursos internos.

MINOTECH biotechnology proporciona:

- Experiencia: ha producido cientos de proteínas producidas registradas desde enzimas de restricción hasta citocinas humanas.
- Sistemas de expresión diferentes: *E. coli*, *Streptomyces*.
- Capacidad: ofrece cantidades de miligramo a gramo de proteínas purificada.
- Calidad: presenta certificados de análisis con cada lote (con certificación ISO 9001).
- Confidencialidad: el trabajo se realiza bajo estricta confidencialidad.

MINOTECH biotechnology ofrece una amplia gama de genes clonados y servicios de expresión para la producción de proteínas utilizando el siguiente esquema de cinco etapas:

1. Clonación del gen.
2. Expresión de proteína.
3. Purificación de proteína.
4. Test de actividad.
5. Proceso de escalado.

1. Clonación del gen o el trozo completo de ADN codificando la proteína con los vectores apropiados.
2. Evaluación de diferentes huéspedes para identificar un sistema óptimo de obtención de los

- productos codificadores por el gen. Los polipéptidos pueden recogerse intracelularmente —como proteínas solubles o cuerpos de inclusión insolubles en el periplasma—o como proteínas secretadas en el medio. El material obtenido como cuerpos de inclusión se aísla y renaturaliza.
3. Esquemas de purificación proteica. Dependiendo del polipéptido (concentración, estabilidad, etc.) y de si los códigos están o no presentes, pueden preverse varias estrategias de purificación. También pueden obtenerse muestras de material purificado para control enzimático y/o biológico.
 4. Los polipéptidos pueden probarse *in situ* utilizando sistemas de análisis propios y con las siguientes herramientas: fluorescencia, colorimetría, radioisótopos, resonancia de superficie de *plasmon*, inmunoensayo, HPLC.
 5. Las producciones realizadas con éxito se pueden escalar hasta en fermentadores de 50 l y 30 l. Para la purificación a gran escala se utiliza la FPLC o el Bio Pilot.

4.7.5. Instituto de Agronomía Mediterránea de Chania (MAICH)

El Instituto de Agronomía Mediterránea de Chania (MAICH) fue creado de acuerdo con la Ley 4443/64, que hizo de Grecia un miembro fundador del Centro Internacional de Estudios Avanzados de Agronomía Mediterránea (CIHEAM). Se fundó conformemente a la Ley 1537/85, que fue revisada por el Parlamento griego siguiendo la disposición del artículo 28, párrafo 1 de la Constitución después de que al menos dos tercios de los miembros votaran a favor.

El Instituto es una organización internacional, cuyo objetivo es el desarrollo de la cooperación científica en los sectores de economía, desarrollo rural, gestión, biología aplicada y ciencias tecnológicas y ambientales en relación con los problemas en el área mediterránea. Los Institutos Agronómicos Mediterráneos de Bari (Italia), Montpellier (Francia) y Zaragoza (España) pertenecen a la misma organización. La contribución al presupuesto anual del Instituto Agronómico Mediterráneo de Chania está completamente subvencionada por el Gobierno de Grecia.

Una importante ventaja comparativa del Instituto Agronómico Mediterráneo de Chania es su competencia en el desarrollo de cooperación se centra en la Unión Europea, los países de la cuenca mediterránea y de los Balcanes tanto para la formación en postgrados de cargos ejecutivos y académicos de estos países, como en la contribución a su desarrollo económico a través de la investigación común y proyectos en desarrollo.

A continuación resumimos las actividades básicas del MAICH²⁹:

- MAICH ayuda en los objetivos de política exterior de la UE y de Grecia relacionados con los países mediterráneos y balcánicos mediante la creación de unos intereses educativos y de investigación comunes y la transferencia de los beneficios vinculados a los mismos.
- El MAICH ofrece destacadas actividades en educación de postgrado y de investigación a nivel de master de ciencias a personal ejecutivo de los países de la cuenca mediterránea. Su capacidad en estas actividades especializadas está avalada por los 150 graduados anuales que los sectores público y privado de estos países absorben, formando la base para la cooperación entre ellos, la UE y Grecia.

²⁹ Internet: <http://www.maich.gr/about/activities/>

- El MAICH organiza cursos especializados y seminarios dirigidos a personal ejecutivo en su centro y en terceros países del Mediterráneo y de la región balcánica mediante la cooperación entre el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Economía Nacional (DAC) y la UE (DGI), con programas como PHARE-TEMPUS, etc.
- MAICH coordina redes de investigación que tratan temas actuales en países europeos y/o mediterráneos.
- MAICH participa en la implementación de programas de postgrado (SOCRATES-ERASMUS).
- MAICH contribuye muy activamente a la implantación de la política de investigación comunitaria al participar fuertemente en consorcios paneuropeos en acciones competitivas de la DGI, DGVI, DGXI, DGXII, DGXXIII. Como resultado, la mano de obra especializada sale beneficiada y se crean oportunidades para el desarrollo están creadas de empresas medianas.
- MAICH ayuda a la implantación de la política nacional de investigación con participación en actividades iniciadas por el Ministerio para el Desarrollo y la Secretaría General para la investigación y la Tecnología, así como en acciones de desarrollo de aplicaciones llevadas a cabo por los Ministerios de Economía Nacional (INTERREG), Agricultura y Medio Ambiente (LIFE) y la Autoridad Regional de Creta.
- MAICH contribuye al desarrollo regional y local, a través de acciones innovadoras llevadas a cabo por (ECOS-OVERTURE, programas de desarrollo regional, artículo 8 del FEOGA) etc.
- Gracias al programa de cooperación de euromediterránea (MEDA), MAICH ha tenido nuevas oportunidades y el efecto multiplicador de sus actividades le ha hecho ganado mucho más peso. MAICH acaba de implantar acciones financiadas por un acuerdo de colaboración entre el CIHEAM y la UE (DGI) dentro del marco de MEDA.
- MAICH crea fuentes de autofinanciación para análisis en laboratorios, servicios de documentación y organización de congresos.

En cuanto al análisis de la relación entre costes y ventajas de esta inversión social, se obtienen ayudas directas que representan un aumento del 80% del valor de la contribución del Gobierno de Grecia. Las ventajas indirectas se reflejan en la educación, la investigación y el desarrollo.

Recientemente se ha aprobado el proyecto de cooperación del Plan de Acción Regional titulado "Conservación y gestión de Recursos Naturales Renovables" entre la Unión Europea (DGI) y el CIHEAM para el período 1998-2002.

También se ha aprobado un estudio sobre biotecnología que está coordinado por el MAICH. El objetivo de este estudio es evaluar los recursos humanos y materiales destinados a temas prioritarios para la región, como: el aumento de la resistencia al estrés biótico y abiótico, la conservación posterior a la cosecha, la bioseguridad y los derechos de propiedad en la innovación.

Para evaluar los recursos humanos y materiales sobre una planta de biotecnología en la región mediterránea, con especial énfasis en los países no miembros de la UE, el MAICH elaboró y distribuye un cuestionario sobre biotecnología. El cuestionario puede descargarse, completarse y devolverse al MAICH para actualizar la base de datos. Se han recogido repuestas al cuestionario, visitado varias instituciones de miembros candidatos de la UE, discutido asuntos de agricultura en los que la investigación biotecnológica puede contribuir y consultado con dirigentes responsables de la UE y el CIHEAM. La información recogida en el cuestionario será incluida en una base de datos electrónica y será accesible por Internet.

El MAICH ha formado un grupo de colaboradores de investigación que incluye las siguientes instituciones:

- ICARDA (Siria)
- AGERI (Egipto)
- AUB (Líbano)
- Universidad del Egeo (Turquía)
- IPGRI (concretamente con la sede de Siria)

El objetivo de este grupo es reforzar la investigación que se está llevando a cabo en cuanto a la conservación y gestión de los recursos naturales en la cuenca mediterránea colaborando activamente con los institutos de investigación de la región con conocimientos en biotecnología de las plantas.

4.8. BIOTECNOLOGÍA EN EGIPTO

4.8.1. Mercado: Desafíos y oportunidades

El Gobierno de Egipto presta especial importancia al papel que el sector agrícola tiene en la economía nacional. La agricultura representa el 20% del PNB y de las exportaciones totales y el 34% de la mano de obra. El sector agrícola contribuye de forma parcial a las necesidades en materia de alimentación del país; el resto se obtiene mediante la importación de productos como cereales, carne, aceite y otros alimentos, lo que supone una presión para la reserva monetaria de Egipto.

El sector agrícola ha iniciado grandes reformas en su programa de política económica, como:

1. La retirada gradual de los controles gubernamentales de los precios de salida de los productos.
2. El aumento de los precios para competir con los precios internacionales.
3. La retirada de las subvenciones sobre el producto.
4. La retirada de los controles gubernamentales al sector privado en la importación y exportación de cosechas.
5. La imposición de limitaciones en la propiedad estatal de la tierra y la venta de tierra al sector privado.
6. El ajustamiento del sistema de arrendamiento de tierras.
7. La limitación del papel del Ministerio de Agricultura a la investigación en materia de agricultura, política extensiva agrícola y políticas económicas.

Actualmente el Gobierno lleva a cabo una política de privatizaciones, por lo que se ha llevado a cabo la transferencia de tecnología hacia el sector privado (por ejemplo, micropropagación *in vitro* de la patata sin virus). Esto muestra la capacidad y el interés del sector privado para adoptar nuevas tecnologías. Está previsto que la transferencia de tecnología aumente drásticamente a corto plazo a medida que los programas de investigación se orienten más hacia los productos.

Uno de los principales objetivos de la biotecnología en Egipto es la producción de plantas transgénicas que confieran mayor resistencia al estrés biótico procedente de virus patogénicos, bacterias, hongos y plagas de insectos, y al estrés abiótico, como la salinidad, la sequía y las altas temperaturas. Estas limitaciones bióticas y abióticas son los principales problemas agrícolas que suponen pérdidas importantes en la producción agrícolas en cultivos importantes económicamente para Egipto.

El AGERI (Instituto de Investigación de Ingeniería Genética Agrícola) se fundó en 1990 en el Centro de Investigación Agrícola (ARC) para promocionar la transferencia y la aplicación de esta tecnología. El objetivo de AGERI es adoptar las tecnologías más recientes disponibles a nivel mundial para tratar los problemas sobre el desarrollo agrícola (tabla 7).

Tabla 7: Ejemplos de plantaciones actuales de investigación genética de plantas en AGERI

Disciplina	Patata	Tomate	Algodón	Maíz	Alubias	Calabazas	Trigo	Plátano	Dátiles
Resistencia a virus		X			X	X		X	
Resistencia a insectos	X	X	X	X					
Tolerancia al estrés		X	X		X		X		
Mapeo genómico y huellas dactilares		X		X					X
Resistencia fúngica		X		X	X				

4.8.2. **Objetivos estratégicos del sector agrícola**

Los objetivos estratégicos del sector agrícola egipcio son:

1. optimizar el rendimiento de los cultivos por unidad de tierra y agua consumida,
2. potenciar la sostenibilidad de los recursos utilizados y proteger el medio ambiente,
3. superar los desfases y alcanzar la independencia en materia de alimentación,
4. expandir el intercambio con el extranjero gracias a la exportación de productos agrícolas.

4.8.3. **Oportunidades para desplegar enfoques biotecnológicos modernos³⁰**

Las oportunidades que permitirán enfocar la biotecnología moderna son:

1. Producir plantas transgénicas resistentes al estrés biótico y abiótico.
2. Reducir el uso de productos químicos de uso agrícola y pesticidas, así como sus riesgos ambientales.
3. Mejorar la calidad nutricional de los cultivos destinados a la alimentación.
4. Reducir la dependencia de productos agrícolas importados (semillas).

El sector privado tiene acceso a la biotecnología y ha invertido mucho en la investigación y el desarrollo tecnológicos y en la experiencia auxiliar necesaria para sacar un producto al mercado. La competitividad de las empresas privadas depende de la propiedad de su I+D y de la protección que ofrecen las leyes de propiedad intelectual.

Una empresa privada podría comprometerse para desarrollar un producto con un país en desarrollo porque trata un problema técnico importante para el desarrollo de su propio producto, por-

³⁰ Se hace constar que según el punto focal egipcio, este apartado presenta información de carácter general y poco específica sobre Egipto.

que presenta una oportunidad para impulsar sus relaciones públicas o porque le ofrece una ventana hacia un mercado o una tecnología importante.

Las instituciones encargadas del desarrollo del país pueden estar interesadas en trabajar con empresas privadas para mejorar el acceso a tecnologías importantes, para desarrollar conocimientos comerciales y de gestión, para aumentar la capacidad intelectual o para colaborar con una entidad que ya tiene capacidad para sacar un producto al mercado.

4.8.4. Pioneer Hi Bred/AGERI: Una colaboración entre los sectores público y privado

La relación entre el AGERI, un organismo público egipcio, y Pioneer Hi-Bred, una empresa privada estadounidense, se estableció sobre la base de unos intereses comerciales comunes. La importancia del desarrollo conjunto de tecnología, en vez de la transferencia tecnológica, es especialmente pertinente en la relación entre ambas organizaciones. En el marco de esta colaboración, una institución pública puede aportar una contribución significativa. El AGERI pudo aislar un número de cepas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) que tenía una actividad pesticida de interés para la empresa privada. El AGERI patentó un bioninsecticida, derivado de Bt, contra una gran variedad de insectos en Egipto en fecha 11 de enero de 1996 (número de patente: 019797) y el Bt aislado con actividad espectral amplia en Estados Unidos el 10 de enero de 1997 (número de patente 5178-3).

El AGERI también dispone de instalaciones de biocontención y un grupo de científicos formados. Además puede proporcionar acceso al mercado local egipcio y al mercado del Oriente Próximo en un sentido más amplio. Ambos mercados están lo bastante desarrollados como para resultar atractivos. A cambio, Pioneer Hi-Bred ofreció tecnología y conocimientos en materia de marketing, normativas y asuntos legales de valor para el AGERI.

En consecuencia, el AGERI inició esta colaboración con Pioneer Hi-Bred gracias a una subvención de I+D del organismo estadounidense USAID para conseguir:

1. Investigación y formación para científicos del AGERI en Pioneer / Iowa en cuanto a metodología relacionadas con las biotecnología agrícola.
2. Desarrollo potencial del producto: Pioneer pudo evaluar ciertas proteínas novedales de Bt y genes patentados por el AGERI.

Se trata de un acuerdo cuatripartito: Pioneer (EE.UU.), AGERI (Egipto), ABSP/MSU (EEUU) y USAID (El Cairo y Washington DC). Pioneer y el AGERI aportaron medios al esfuerzo de investigación y formación.

Los hallazgos resultantes del trabajo serán compartidos y los derechos patentados cumplirán con los términos del acuerdo USAID. Pioneer Hi-Bred será el único propietario de sus genes Bt y de su plasma germinal, y el AGERI, el único propietario de sus genes Bt. En un acuerdo aparte, el AGERI subvencionó acuerdos de transferencia de material para Pioneer Hi-Bred para evaluar la toxina Bt. También se han tenido en cuenta las posibilidades para un posible desarrollo comercial del maíz. Éste es uno de los ejemplos de colaboraciones patrocinadas por USAID.

4.8.5. BIOGRO/AGERI: Una asociación comercial

Un segundo modelo de investigación con aplicación comercial ha sido elaborado mediante una interacción entre científicos del AGERI y la Universidad de Wyoming, que han colaborado en estudios de investigación sobre Bt durante los últimos seis años. Los esfuerzos de investigación llevaron al desarrollo de un pesticida biológico basado en una combinación extremadamente potente de Bt aislado del delta del Nilo. Esta combinación es extremadamente efectiva contra un amplio espectro de insectos: lepidópteros (polillas), coleópteros (escarabajos) y dípteros (mosquitos). Una característica significativa adicional de esta cepa es que es capaz de matar nemátodos.

El AGERI ha gestionado con éxito la fabricación de su primero biopesticida, Agerin, basado en la bacteria insecticida *Bacillus thuringiensis*. Agerin es capaz de proteger una gran variedad de productos agrícolas importantes, de controlar un número de pesticidas significativos biomédicamente y tiene un potencial de ventas a escala mundial.

Para cumplir sus compromisos de aplicar y comercializar a gran escala para los agricultores los resultados de investigación, el AGERI, en colaboración con un inversor privado, creó una entidad comercial con el nombre BIOGRO International. Esta empresa es responsable de la comercialización de resultados de investigación realizados en el AGERI y podrá vender los productos del AGERI. Esto resulta esencial para garantizar que los ingresos resultantes de las ventas de productos se reinvertirán en el Instituto para apoyar la continuación de sus actividades.

También se ha previsto que BIOGRO se relacione con la Unidad de Servicios de Ingeniería Genética (GESU) que el AGERI creó para tratar acuerdos comerciales en beneficio del Instituto y BIOGRO. BIOGRO también permitirá la libre circulación de información y productos relacionados con la ingeniería genética del Instituto para su comercialización.

El AGERI da prioridad a la colaboración con el sector privado, que estará plenamente informado de I+D en el campo de la ingeniería genética y biotecnología en Egipto mediante la distribución de boletines e informes, a través de representantes del sector privado que participan en el diseño de productos de I+D y gracias a la representación del sector privado en la junta directiva del AGERI.

El AGERI, como una de las empresas líderes en la ingeniería genética agrícola en el oeste de Asia, el Norte de África y el Próximo Oriente, está planeando como compartir sus conocimientos y experiencia en otros países en el marco de la Cooperación Técnica entre Países en Desarrollo. Para ello, se organizarán talleres y seminarios especializados. El Instituto también puede ofrecer consultas profesionales en el marco de la biología molecular y la ingeniería genética agrícola.

4.8.6. Papel de los centros CGIAR

Los centros CGIAR podrían expandir de forma provechosa sus actividades en las áreas que se citan a continuación para asistir en el futuro institutos nacionales en las aplicaciones de la biotecnología moderna:

Bioseguridad

- Establecer vínculos regionales para compartir los datos de bioseguridad y poner en común información.
- Proveer formación y orientación sobre asuntos de evaluación de riesgos.
- Mejorar la formación técnica en revistas de bioseguridad antes de su publicación.
- Llegar a un consenso entre las naciones sobre protocolos y directrices de bioseguridad.
- Asistir en el desarrollo de medios y materiales de información para aumentar la consciencia pública.

Colaboración I+D

- Reforzar la colaboración CGIAR/NARS en I+D de biotecnología.
- Establecer programas para el uso y la gestión de tecnología.

Gestión de la propiedad intelectual

- Aumentar la conciencia sobre propiedad intelectual y sus elementos fundamentales (registros, marcas, patentes, licencias, protección de la variedad de plantas, derechos de obtentores de plantas)
- Establecer políticas de propiedad intelectual e institucionales.
- Crear la capacidad y el desarrollo de los recursos humanos en el campo de la transferencia de tecnología y de los derechos de la propiedad intelectual.

4.8.7. Otros centros

El AGERI tiene una función importante en la promoción de la biotecnología en Egipto, aunque no es la única institución del país que muestra interés por este tema. El Centro Nacional de Investigación, universidades y varios centros de I+D, sobre todo en la industria farmacéutica, desarrollan actividades y han conseguido logros en el campo biotecnológico. No obstante, en este estudio no se incluye información sobre los mismos.

4.9. BIOTECNOLOGÍA EN CROACIA³¹

4.9.1. Programa Croata para la Innovación y la Tecnología

El Programa Croata para la Innovación y la Tecnología está basado en sistemas económicos óptimos, pero en algunas áreas se ha ajustado considerablemente a las condiciones de tradición y economía croatas. Los principios básicos del mismo son:

³¹ Según observaciones del punto focal de Croacia, el presente apartado sería más completo si se incluyera un listado con los proyectos y actividades sobre biotecnología que ha llevado a cabo el Centro de Innovación y Negocios de Croacia (BICRO) y, en general, el país, así como las industrias objeto de estos proyectos e iniciativas.

- facilitar la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, productos, procedimientos, servicios y mercados que no tienen oportunidades en la economía croata;
- ofrecer oportunidades a aquellas personas, especialmente a las que tengan una titulación superior, capaces de involucrarse personalmente en la creación de un futuro tecnológico relevante;
- integrar todos los centros de investigación, desde instituciones de enseñanza superior pasando por instituciones públicas y económicas e individuos, hasta las infraestructuras y las instalaciones ya existentes y crear nuevas instituciones en una actividad de investigación planificada que ofrecerá soluciones tecnológicas factibles y patentes;
- constatar, teniendo como base la experiencia de los países desarrollados, que la creación de centros tecnológicos, parques tecnológicos para la investigación y el desarrollo es un factor positivo para las condiciones croatas. Éste es el único camino correcto para poder disminuir la diferencia en el ámbito del desarrollo tecnológico que existe entre los diferentes países;
- crear el entorno y la infraestructura necesarios para apoyar la creación de pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento;
- establecer un sistema eficaz para favorecer la creación de nuevas tecnologías, productos, procesos, servicios y mercados;
- realizar cambios en la manera de proceder o de pensar hacia actitudes que permitan la integración croata en el diseño, la creación y la producción de nuevos productos, tecnologías, procedimientos, tales como la biotecnología, microtecnología y las tecnologías de la información y la comunicación;
- conseguir aunar los esfuerzos de todos aquellos actores que deban y puedan contribuir a la consecución de un objetivo común: el desarrollo tecnológico de Croacia.

4.9.2. Centro de Innovación y Negocios de Croacia (BICRO)

El Centro de Innovación y Negocios de Croacia (BICRO) es una institución oficial, creada por el Gobierno de la República de Croacia, que se encuentra bajo jurisdicción directa y dentro del sistema de apoyo financiero del Ministerio, a través de la cofinanciación de los costes de explotación (gastos generales), pero no de los de desarrollo.

Esta política tecnológica ha otorgado a BICRO un papel muy importante en la aplicación de un programa para la creación y desarrollo de pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento. Se trata, para ser más específicos, de tareas relacionadas con la supervisión financiera y profesional de la creación, desarrollo y formación final de estas pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento. Esto implica proporcionar una asistencia total durante la creación de dichas pequeñas y medianas empresas, lo que incluye: ofrecer asesoramiento y realizar un análisis del plan empresarial, un proyecto de inversión, una estrategia de negocios y un desarrollo de la organización. Además, hay que proporcionar los recursos financieros e identificar a los colaboradores nacionales y extranjeros durante la creación, el acabado y el marketing de los productos. BICRO ofrece servicios similares a los ofrecidos a las pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento, a las empresas dedicadas a la transferencia y mejora de tecnología y a los innovadores. El Gobierno de la República de Croacia está proporcionando continuamente recursos financieros con este objetivo. Se espera que participen en la cofinanciación comunidades regionales y locales así como entidades económicas que estén interesadas. Para aplicar esta función, BICRO confía en los Centros de Innovación Tecnológica, así como en otras instituciones públicas y privadas y presenta un marco para la creación de una red abierta y flexible de instituciones encaminada al desarrollo de pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento.

4.9.3. Instrumentos políticos para la innovación y la tecnología

Esta política tecnológica ofrece una ayuda estatal dirigida hacia el desarrollo de pequeñas y medianas empresas. Su producto final son los avances económicos y empresariales y los resultados de una investigación científica dirigida. Los instrumentos de la política tecnológica se concretan en medidas que pueden y podrán ser modificadas o ampliadas en función del progreso económico y las necesidades del país:

- normativas relacionadas con pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento,
- Consejo de Tecnología en el Ministerio,
- financiación de proyectos científicos y tecnología desarrollada e investigación,
- financiación de instituciones de infraestructura tecnológica,
- apoyo financiero para la creación, desarrollo y funcionamiento de las pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento,
- promoción de la iniciativa empresarial basada en el conocimiento,
- educación y formación de acuerdo con las necesidades del sector empresarial,
- apoyo a las asociaciones de empresas de conocimiento,
- apoyo a las actividades inventoras e innovadoras tradicionales.

Financiar proyectos e investigación científicos y de desarrollo tecnológico es, en una frase, financiar la creación de un producto croata con un alto porcentaje de trabajo intelectual. El incremento de recursos financieros brindaría a los investigadores croatas la posibilidad de participar en la mejora de tecnologías ya existentes y en la introducción y creación de nuevas tecnologías, productos, procedimientos, servicios y mercados. La financiación está canalizada a través del Ministerio, como mecanismo de control de la orientación tecnológica y del progreso, y se garantiza total autonomía y libertad de investigación. El Ministerio coopera estrechamente y acepta recomendaciones del Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo, en relación con la distribución de fondos para la investigación en organizaciones de investigación científica registradas.

Financiar instituciones de infraestructura tecnológica es ayudar directamente al desarrollo y funcionamiento de estas instituciones a través de la cofinanciación de los costes necesarios relacionados con la investigación. Esta asistencia es obligatoria, especialmente en el entorno de una economía frágil. Además, esta cofinanciación es un mecanismo de control del Ministerio sobre las instituciones por lo que se refiere a la limitación de las actividades dirigidas en el campo de la investigación, la tecnología y la creación, desarrollo y funcionamiento de las pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento. El Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo así como los empleados de instituciones que dependen de organizaciones más amplias disponen de un tipo de financiación especial. Como se ha mencionado anteriormente, sus actividades están financiadas en su totalidad por el Ministerio. Este tipo de financiación requiere una autorización especial del Ministerio, tal como está estipulado en el Decreto sobre la creación del Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo.

La ayuda para la creación, desarrollo y funcionamiento de las pequeñas y medianas empresas basadas en el conocimiento es una nueva iniciativa a pesar de que el Gobierno de la República de Croacia ya aprobó esta medida el 18 de marzo de 1998. Se trata de un instrumento, una medida de política tecnológica que Croacia utiliza para sumarse del modo más directo a la economía basada en el conocimiento.

Esta medida proporciona un apoyo real a proyectos empresariales basados en nuevas tecnologías y productos. Los resultados de la investigación científica y el desarrollo se aplican a través de la actividad de producción de las empresas. Estos recursos financieros apoyan sus proyectos, su desarrollo y su formación final. Sin embargo, la lógica de la economía no radica únicamente en la introducción y creación de nuevas tecnologías, productos, procesos, servicios y mercados, sino también en la mejora de los ya existentes. Un porcentaje de los recursos financieros garantizados previstos es utilizado con este propósito, es decir, para las actividades de centros tecnológicos externos a las empresas. Además, las ideas innovadoras individuales también se financian con estos recursos, pues normalmente el innovador no posee los medios empresariales para crear su empresa y poder fabricar el prototipo. Los dos últimos tipos de financiación, mejoras innovadoras y soluciones prototipo, ocuparon un lugar destacado cuando las comunidades locales y regionales se vieron obligadas a hacer frente a los problemas de las empresas locales. Por tanto, estas comunidades las encargadas, junto con el Gobierno, de financiar realmente el desarrollo de la tecnología. Los recursos para las ayudas anteriormente mencionadas provienen de los presupuestos del Estado, de los de las administraciones locales y regionales y de las entidades económicas interesadas.

La ayuda financiera directa del Estado se utiliza por ejemplo para préstamos directos, fondos no recuperables para proyectos, préstamos garantizados u otros tipos de apoyo directo. Para garantizar los instrumentos de apoyo público a la presentación y creación de nuevos productos y tecnologías se han creado instrumentos financieros específicos, como por ejemplo varios tipos de fondos de inversión como el fondo de capital de lanzamiento o el fondo de capital riesgo. Los procedimientos y el manejo de recursos y la creación de fondos, que incluirá si es necesario a otras instituciones de la región, estarán regulados por normativas distintas. Finalmente, BICRO prepara estos proyectos de leyes y los somete a la administración del Estado y tiene jurisdicción para aplicar los instrumentos de política tecnológica.

4.9.4. *Fundación Biotécnica (Facultad de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Zagreb)*

La Fundación Biotécnica fue constituida en 1996 durante la celebración del 40.º aniversario de la Facultad de Tecnología de Alimentos y Biotecnología gracias al esfuerzo de esta Facultad y la industria. El objetivo de la Fundación es promocionar la biotecnología, las tecnologías de los alimentos y la nutrición, y la protección del medio ambiente. Sus instrumentos básicos son becas, premios y apoyo financiero para los mejores estudiantes e investigadores jóvenes.

La tarea realizada por los expertos en calidad del procesamiento alimentario y en la evaluación nutricional, así como en la aplicación de métodos biotecnológicos en la industria de alimentos y farmacológica y la protección ambiental, ha sido de suma importancia.

La industria, mediante sus fondos y el apoyo financiero, promociona directamente la educación de futuros expertos. La Fundación Biotécnica recomienda a las empresas miembros de la Fundación que los estudiantes e investigadores más creativos trabajen o colaboren en las mismas. La Fundación premia económicamente sólo a estudiantes excelentes cuya creatividad haya sido probada durante su período de estudios y que hayan contribuido a la mejora económica en Croacia.

Los miembros fundadores de la Fundación Biotécnica son: Belupo, Coca Cola - Amatil, Daruvarska, Buzetska, Karlovačka, Pliva, Podravka, Vindija y Zagrebačka.

La Fundación Biotécnica fue registrada en 1997 de acuerdo con la Ley sobre Fundaciones con el n.º 11 del Registro de Fundaciones en el Departamento croata de Justicia. La Fundación está regida por la Junta Directiva. El resto de la estructura incluye una Junta de Directores Honorarios, un Director General y el Secretario. Ni la Fundación ni sus servicios no tienen empleados permanentes.

La Fundación funciona gracias a los donativos de sus fundadores. De acuerdo con las cantidades donadas, los fundadores pertenecen a una de las siguientes categorías: donador permanente, donador honorario, donador o seguidor.

Las donaciones hechas cada año a la Fundación forman la base de los fondos de la Fundación. Estos fondos, que aumentan anualmente, se destinan a premios, becas y apoyo económico. Todas las donaciones y las actividades de la Fundación están reguladas por actos legales específicos y suponen muchas ventajas y privilegios.

La dirección planifica anualmente el presupuesto de la Fundación para becas, premios y apoyo económico que reciben los estudiantes. Las empresas donadoras de la Fundación son informadas de esta actividad. Asimismo, todos los estudiantes están informados de las disposiciones de becas, premios y soporte económico a través de un concurso público. La Fundación, como co-organizadora de encuentros científicos, puede otorgar un premio al mejor joven investigador por los resultados de su investigación, los cuales se aplicarán a la industria.

Información de contacto:

Tel.: +385 (1) 4605136
Fax: +385 (1) 4605065
E-mail: zaklpbf@mapbf.pbf.hr
Pierottijeva 6
HR-10000 Zagreb
Croacia

5. LA INNOVACIÓN DE FUTURO: LOS CENTROS DE RECURSOS BIOLÓGICOS

Dentro de los países mediterráneos, Francia es quizá el país que tiene una industria biotecnológica más desarrollada y a nivel administrativo esto se traduce por una mayor atención a los problemas y perspectivas que esta industria tiene. Por este motivo, ha sido también el primer país mediterráneo en desarrollar una planificación con objetivos a medio y largo plazo en este sector y crear un Comité Consultivo para su seguimiento.

En la presentación de este Comité Consultivo de Recursos Biológicos, el Ministro de Investigación de Francia, Roger-Gérard Schwartzberg, decía lo siguiente³²:

"El Ministerio de Investigación ha analizado detenidamente el tema de los recursos biológicos. Los logros conseguidos en Francia han sido objeto de un merecido reconocimiento internacional, que permite que nuestro país sea considerado pionero en la organización de los Centros de Recursos Biológicos a nivel mundial. Estoy satisfecho de recibirles hoy aquí para examinar conjuntamente cómo diseñar y promocionar estos Centros de Recursos y acabar de convencer a la comunidad internacional de los méritos éticos y científicos de esta acción."

"Es importante definir reglas para que los recursos biológicos se utilicen de la forma más segura y eficaz, para que se organicen y regulen los intercambios nacionales e internacionales y para que Francia pueda conservar su ventaja competitiva. Por este motivo, hemos decidido proceder a la creación de Centros de Recursos Biológicos (CRB) controlados por un Comité Consultivo, al que se atribuirán diferentes responsabilidades"³³.

En este capítulo, vamos a ver con más detalle los motivos que llevaron a que Francia creara este Comité y qué repercusión puede tener esta organización en el desarrollo de la biotecnología en los restantes países del área mediterránea.

5.1. IMPORTANCIA DE LOS RECURSOS BIOLÓGICOS

Existen al menos cuatro razones por las cuales los recursos biológicos son muy importantes:

- Por su gran diversidad y riqueza, los recursos constituyen un gran patrimonio. Las colecciones son un reservorio de genes que debe ser conservado y protegido.
- Para poder estudiar estos recursos se requieren unas condiciones rigurosas de recolección, conservación y accesibilidad.
- Estos recursos plantean cuestiones jurídicas importantes, incluso en el ámbito internacional, y, por lo tanto, no pueden considerarse una simple mercancía, sobre todo en términos de trazabilidad y biodiversidad.

³² Internet: <http://www.recherche.gouv.fr/discours/2001/ccrbiod.htm>

³³ París, 22 de febrero de 2001.

- Los recursos son el punto de partida de innovaciones biotecnológicas en el ámbito de la salud y en el sector agroalimentario.

5.2. CENTROS DE RECURSOS BIOLÓGICOS

Hasta ahora, estas colecciones de organismos (células microbianas, vegetales, animales y humanas) así como los elementos de estos organismos (fragmentos de tejidos, ácidos nucleicos, proteínas, etc.) se encontraban repartidos en diferentes instalaciones: centros de investigación, laboratorios o hospitales. Tener acceso a ellos era difícil e incierto, y su uso no estaba regulado. Ante tal situación era conveniente reunir estas colecciones, así como sus organismos, en unos Centros de Recursos Biológicos que serían los encargados de comprar, validar, estudiar y distribuir dichas colecciones y organismos. Para poder llevar a cabo estas operaciones en óptimas condiciones hay que tener en cuenta cuatro parámetros:

- **Rigor científico:** la investigación y el estudio de las redes de genes involucradas en el funcionamiento y las disfunciones celulares y del tejido requieren unos recursos biológicos cuyo origen y calidad estén garantizados.
- **Seguridad:** la diversidad y la aparición no controlada de colecciones puede entrañar riesgos para la salud y el medio ambiente (diseminación de agentes patógenos, por ejemplo).
- **Requerimientos éticos:** a pesar de la existencia de un marco legislativo y regulador del uso de las colecciones con fines científicos, éste no se aplica en su totalidad (especialmente cuando se trata de recursos biológicos de origen humano).
- **Regulación económica:** actualmente se producen intercambios incontrolados y pérdidas irreversibles. La formulación de normas específicas para poder acceder a las colecciones biológicas favorecería el desarrollo científico y el de las aplicaciones industriales racionales.

Los Centros de Recursos Biológicos se han convertido en unas infraestructuras estratégicas para las biotecnologías. La garantía de calidad y de trazabilidad es algo indispensable, especialmente si nos referimos al gran número de posibilidades que nos ofrece el análisis del genoma y los estudios post-genoma: identificación de los genes de interés, modelización, aplicaciones de diagnóstico y terapéuticas, biodiversidad y enfermedades emergentes.

Próximamente entrará en vigor un código deontológico, suscrito por los Centros de Recursos que disponen de recursos biológicos humanos, para que todos los procedimientos sean respetados. En este código se regula el origen de las muestras y la información asociada; el acondicionamiento, la transformación, la conservación, la distribución y/o cesión de las muestras biológicas; la propiedad intelectual y la valorización y las relaciones entre los diferentes Centros de Recursos Biológicos.

El Ministerio de Investigación concede la denominación CRB (Centro de Recursos Biológicos) a aquellos Centros de Recursos que suscriban el código deontológico. De esta manera se creará un conjunto coherente, organizado por el Comité Consultivo, que tendrá también como misión establecer relaciones con las grandes instituciones dedicadas a la investigación.

5.3. EL COMITÉ CONSULTIVO

Con el fin de responder a las expectativas de las comunidades científica, médica e industrial se creó el Comité Consultivo de Recursos Biológicos. El presupuesto asignado al Comité para el

año 2001 se elevó a 3,81 millones de euros y provino del Fondo para la Investigación y la Tecnología.

Este presupuesto está administrado por un equipo formado por el Ministerio de Investigación, por representantes de las principales instituciones de investigación en Francia, por tres organizaciones benéficas (la AFM, la Liga Nacional contra el Cáncer y la ARC), así como por el programa franco-alemán, EUROPROTEOME. Otros miembros, como el Ministerio de Sanidad y el de Agricultura, se unirán al grupo más adelante.

El Comité Consultivo debe cumplir una doble misión:

- **Establecer una red nacional de Centros de Recursos Biológicos** con la mirada puesta en la garantía de calidad y trazabilidad de las colecciones. El Comité realizará un seguimiento de los proyectos; favorecerá el uso de las colecciones a través de la creación de consorcios donde se den cita instituciones públicas de investigación, organizaciones benéficas e industrias biotecnológicas.
- **Supervisar las convocatorias de propuestas** que se realicen para obtener la designación y financiación de los CRB que forman parte de la red, en coordinación con las instituciones de investigación que dirigirán proyectos. Así pues, el INSERM ya ha anunciado una nueva licitación destinada a favorecer los proyectos de investigación, monocéntricos o multicéntricos, que impliquen la creación de una nueva cohorte o el uso de una o varias cohortes ya existentes y la recopilación de datos clínicos y biológicos (como tejidos, células y ácidos nucleicos). Los proyectos deben ejecutarse en tres años. El presupuesto del año 2001, ascendió a 2,1 millones de euros y fue aportado a partes iguales por el INSERM y el Ministerio de Investigación.

Este dispositivo ha permitido establecer un procedimiento para la evaluación y la acreditación de los CRB. Además, ha favorecido el desarrollo de infraestructuras (almacenaje y bancos de datos); la evaluación de los costes operativos de las colecciones patrimoniales, la consecución de los recursos humanos y financieros necesarios, teniendo en cuenta que esto puede implicar cerca de 200 colecciones patrimoniales, y, finalmente, la coordinación de actividades a nivel nacional para incrementar la calidad y eficiencia, y ofrecer una mayor visibilidad internacional, lo que constituye un punto esencial.

5.4. CONTEXTO INTERNACIONAL

Los Centros de Recursos Biológicos cobran todo su sentido dentro del marco internacional. Los días 17 y 18 de febrero de 1999, en Tokio, la OCDE decidió, a petición de algunos países, entre los que figuraba Francia, iniciar una investigación para estudiar las condiciones necesarias para apoyar a los CRB. El informe del estudio recomendó un sistema nacional de acreditación, la armonización de reglas y estándares, transparencia, y la aplicación de una amplia red a escala mundial de CRB.

Francia desempeñó una función central en esta discusión multilateral gracias a sus sólidas posiciones éticas y a sus colecciones de referencia, cuya calidad es mundialmente reconocida.

Por todo ello, Francia fue la elegida para asumir la coordinación de la misión que lleva a cabo la OCDE en los Centros de Recursos Biológicos. Esta tarea requiere la observación y el control de los siguientes puntos clave:

- el respeto de los compromisos internacionales que están en vigor o en fase de negociación en este ámbito,
- los Estados ejercerán su responsabilidad a través de sistemas de acreditación adecuados,
- el tratamiento específico de los recursos de origen humano,
- la participación de centros de países que no pertenecen a la OCDE,
- la rigurosa observación de la calidad y la trazabilidad,
- el mantenimiento de Francia como referencia científica.

Además, no se puede olvidar la gran responsabilidad que supone hallar el equilibrio entre la circulación excesivamente liberal de muestras biológicas, que podría conducirnos a un saqueo de los recursos naturales o a la falta de respeto por los principios sobre el concepto de persona, y los graves obstáculos que se le pueden poner al conocimiento, lo que limitaría nuestra capacidad de progresar en ámbitos como el de la sanidad.

Esta área toca temas de especial relevancia, como la revisión de las leyes de bioética y la posibilidad de patentar invenciones basadas en organismos vivos, lo que implica la búsqueda de un equilibrio entre el carácter universal del patrimonio de la humanidad y los resultados de la invención humana, que debemos valorar en su justa medida.

BIBLIOGRAFÍA

OBRAS DE REFERENCIA

- MUÑOZ, E. (1994). *Una visión de la Biotecnología: Principios políticos y problemas*. Madrid (España): Ed. Fondo Investigación Sanitaria.
- BU'LOCK, J. (1991). *Biotecnología básica*. Zaragoza (España): Acribia, S.A.
- SAYLER, G. S.; SANSEVERINO, J.; DAVIS, K. L. (1997). *Biotechnology in the Sustainable Environment*. New York (Estados Unidos): Plenum Press.
- BULL, A. T.; HOLT, G.; LILLY, M. D. (1982). *Biotecnología. Perspectivas y tendencias internacionales*. España: Editorial Academia, S. L.
- AKHTAR, M. 2000. "Biopulping: History and biological optimization". *Conference Environmental Technology for the Future*. Stuttgart (Alemania). (Workshop 3)

LISTA DE PÁGINAS WEB

The Biotechnologic Gateway

<http://strategis.ic.gc.ca/SSG/bo01376e.html>

Página de Canadá que habla en términos generales de la industria biotecnológica en todo el mundo. Se trata de un portal que ofrece mucha información sobre productos y servicios en todos los aspectos de la biotecnología. Se encuentran programas de Gobiernos, servicios, patentes y otros temas dentro de la industria biotecnológica del Canadá. Por otra parte, también da una visión global de los usos de la biotecnología, la ética y algunas aplicaciones de producción más limpia en la industria (papelera, química, textil, alimentaria, energética, metalúrgica y de minas). Esta página está desarrollada y mantenida por el sector de ciencias de la vida de la industria del Canadá.

Biotecnológica

<http://www.biotecnologica.com>

Biotecnológica es un portal de recursos sobre biotecnología en español en el que se incluyen artículos, bases de datos de empresas, centros y bibliografía, un boletín de noticias, enlaces, así como un foro de discusión.

BIO-WISE Biotechnology at work

<http://www.biowise.org.uk/>

BIO-WISE es un programa del Gobierno del Reino Unido que ayuda a mejorar la competitividad de la industria en el Reino Unido mediante el uso de la biotecnología y apoya el desarrollo de la in-

industria de suministros biotecnológicos. Entre otras actividades, BIO-WISE aconseja, ofrece publicaciones gratuitas sobre los beneficios de la biotecnología, garantiza apoyos a las empresas que participan en programas de biotecnología, organiza actos de presentación de las oportunidades biotecnológicas y ofrece información y ayuda a las empresas suministradoras de biotecnología.

EuropaBio (The European Association for Bioindustries)

<http://www.europabio.org>

EuropaBio es una asociación de bioindustrias, que representa cerca de 40 miembros multinacionales y a 13 asociaciones nacionales (en total unas 500 PYME) involucradas en investigación, desarrollo, ensayo, producción, márketing, ventas y distribución de productos y servicios biotecnológicos en el campo de la sanidad, la agricultura, la alimentación y el medio ambiente.

The European Association for Higher Education in Biotechnology (HeduBT)

<http://www.eurodoctor.it/index.html>

Esta asociación otorga títulos de doctorado y *master* en Biotecnología en reconocimiento de la calidad excepcional de los galardonados dentro de un ámbito europeo. Esto se consigue haciendo que el alumno de doctorado o de *master* adquiera un conocimiento profundo mediante cursos de Ingeniería, Gerencia, Informática, Economía, Derecho Internacional y Ética biotecnológica.

European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau

<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>

Página web donde se encuentra información sobre los sectores industriales, las personas e instituciones involucradas en la producción limpia, la información que se utiliza en este ámbito y la documentación de referencia. Entre otros servicios se pueden encontrar los documentos de las BAT (*best available techniques*) para cada sector industrial.

France Biotech

<http://www.france-biotech.org>

France Biotech es una asociación creada para estimular e impulsar el desarrollo de la industria biotecnológica en Francia. Esta asociación tiene como objetivo preparar el camino para la revolución de las ciencias de la vida y crear un entorno favorable para el desarrollo de una fuerte industria biotecnológica francesa.

Academic Info

<http://academicinfo.net/biotech.html>

Academic Info es un directorio de temas de Internet que quiere llegar a ser un importante recurso educativo para la comunidad académica.

La biotecnología en la alimentación y la agricultura (FAO)

<http://www.fao.org/biotech/index.asp?lang=es>

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) fue fundada en 1945 con la intención de elevar el nivel nutricional y la calidad de vida así como para mejorar la productividad agrícola y las condiciones de las poblaciones rurales. La web contiene un glosario de temas biotecnológicos y de ingeniería genética.

Biotechnology Information Directory Section

<http://www.cato.com/biotech/>

Esta web contiene unas 1.000 direcciones de empresas, institutos de investigación, universidades, fuentes de información y diccionarios específicos de biotecnología, desarrollo farmacéutico y otros campos relacionados. Se hace especial énfasis en el desarrollo de productos, en la entrega de productos y en los servicios.

El Centro Bioinfo

http://dmoz.org/World/Espa%10l/Ciencia_y_tecnolog%eda/

El centro Bioinfo ofrece información sobre biotecnología, como definiciones, antecedentes, campos dentro de la biotecnología y volumen de negocio de empresas del sector, entre otras informaciones.

Por qué Biotecnología - El portal de la Biotecnología en español

<http://www.porquebiotecnologia.com>

Página web argentina que trata el área de la biotecnología, sobre todo en el ámbito de la difusión de la información al público general. Incluye, entre otros, los conceptos y preguntas básicos, un glosario, actividades y novedades en lo referente a la biotecnología.