

# **Biología**

# **Biotecnología**

## **Índice**

|  | Página |
|--|--------|
| <b>1.- Tendencias generales</b>  | 3      |
| 1.1.- La bioeconomía emergente   |        |
| 1.2.- Estado actual de la biotecnología  |        |
| 1.3.- La biotecnología en España   |        |
| 1.4.- Tendencias en I+D+i de las empresas españolas                            |        |
| <b>2.- La biotecnología en Asturias</b>  | 9      |
| 2.1.- Actividad Industrial   |        |
| 2.2.- Actividad de investigación   |        |
| 2.3.- Planes de desarrollo y ayudas económicas                                 |        |
| <b>3.- Oportunidades</b>   | 14     |
| 3.1.- Principales activos con los que cuenta Asturias                          |        |
| 3.2.- Oportunidades de desarrollo que puede ofrecer la biotecnología           |        |
| 3.3.- La biotecnología en Asturias. Una actividad “horizontal” por desarrollar |        |
| <b>4.- Bibliografía</b>  | 22     |
| <b>Anexo.- Estado actual de la biotecnología, según la OCDE</b>                | 24     |

# Biotecnología

## 1.- Tendencias generales

### 1.1.- La bioeconomía emergente

El objeto de la biotecnología podría definirse como la utilización de sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. La biotecnología se desarrolla en un enfoque multidisciplinar que involucra varias disciplinas y ciencias como química, física, biología, bioquímica, genética, virología, medicina, veterinaria, ingeniería, informática entre otras.

En las pasadas dos décadas, las ciencias biológicas, al desarrollar nuevos procesos y productos, han supuesto un motor para la innovación y la sostenibilidad en nuestras economías, dando lugar a lo que se denomina “bioeconomía”. Cada vez con mayor frecuencia, aparecen trabajos, artículos, libros, congresos, etc. cuyo tema central es el de la bioeconomía. Como ejemplo, véase [1] y [2].

Según la OCDE, la bioeconomía está constituida por una amplia gama de actividades económicas relacionadas con la explotación de los descubrimientos realizados en el campo de las ciencias de la vida, y de los productos y servicios que de ellos se derivan. Para algunas regiones del mundo, la bioeconomía significa empleo y desarrollo económico; para otras representa la esperanza de proporcionar soluciones o mejoras en el acceso a la salud, los alimentos, la energía o la regeneración del medio ambiente [1].

Los principales factores impulsores de la bioeconomía [3] son:

- **Población**
  - El **incremento** de la población mundial (incremento de la demanda de alimentos y medicamentos básicos a bajo precio)
  - El **envejecimiento** de la población en los países desarrollados, Rusia, países del Este y China (demanda de asistencia médica y fármacos más sofisticados, especialmente para el tratamiento de enfermedades crónicas y neurodegenerativas; demanda de costes sanitarios cada vez más reducidos mediante una mejor prevención y alimentación)
- **Recursos naturales y medio ambiente**
  - El incremento de la demanda de **energía**, la utilización de combustibles fósiles, el agotamiento de los mismos y la presión para reducir la emisión de gases de efecto invernadero (demanda de biocombustibles)
  - La escasez de **agua** para consumo y para usos agrícolas e industriales (demanda de sistemas de desalinización y de depuración de agua, y de cultivos resistentes que requieran menos agua y/o resistan aguas más salinas)
  - La **degradación** de ecosistemas, especialmente en países en desarrollo, y el **calentamiento global** (demanda de soluciones del deterioro medioambiental, demanda de soluciones agrícolas)
- **Globalización**
  - El **incremento** de la renta per cápita y del **bienestar** de la población, particularmente en los países en desarrollo (demanda de mejor sanidad; demanda de dieta más sofisticada, no sólo de más y mejores productos alimenticios, sino también de aditivos funcionales y de técnicas de conservación, empaquetado, etc)

- La **deslocalización** de los centros de producción y de I+D+i hacia países con buena formación, como China e India; los principales **mercados** de la biotecnología aplicada a la producción primaria -agricultura, silvicultura y pesca- y a la industria estarán también en los países en desarrollo
- **Costes** (demanda de sistemas innovadores, eficaces y baratos de producción de alimentos, depuración de agua, energía, fármacos, vacunas, terapias, etc.)

Las TIC (bioinformática) y la nanotecnología, esta última en menor grado actualmente, pero con mayor protagonismo en el futuro especialmente en las aplicaciones sanitarias, son las principales tecnologías de soporte de la biotecnología.

## 1.2.- Estado actual de la biotecnología

Las grandes áreas de aplicación de la biotecnología, según la OCDE [3], son:

- **Producción primaria** (Organismos modificados genéticamente, reproducción y diagnóstico de animales y plantas, y salud animal)
- **Sanidad** (terapéutica, diagnóstico, farmacogenética, alimentos funcionales y nutracéuticos, e instrumentación biotecnológica)
- **Industria** (síntesis de productos químicos, plásticos y enzimas, biocombustibles, biominería -reducción de los costes de extracción y del impacto ambiental-)
- **Medioambiente** (biorremediación, biosensores)
- **Tecnologías de plataforma**, de uso comercial en varios campos de aplicación biotecnológica (modificación genética, secuenciación de ADN, ingeniería de rutas metabólicas, bioinformática)

Algunas aplicaciones son ya relativamente maduras, como algunos tipos de cultivo modificados genéticamente (MG), ciertos productos biofarmacéuticos, algunos tests de diagnóstico “in vitro” o la fabricación de determinadas enzimas; en cambio, otras aplicaciones no serían viables comercialmente sin las subvenciones de los gobiernos, como la producción de biocombustibles. Finalmente, otras aplicaciones están aún en estado experimental, como la medicina regenerativa y las terapias basadas en ARNi. En el Anexo se proporciona, por su interés, un extracto del capítulo titulado “The State of the Bioeconomy today” del informe “**The bioeconomy to 2030 - Designing a policy agenda**” recientemente publicado por la OCDE [3], donde se da una relación más extensa de las aplicaciones actuales de la biotecnología.

Es cierto que existen ciertas prevenciones sociales y gubernamentales hacia ciertos productos y aplicaciones de la biotecnología, que influyen y continuarán influyendo sobre las oportunidades del mercado, pero la opinión pública y las reglamentaciones restrictivas podrían ir cambiando a medida que los productos y aplicaciones vayan proporcionando beneficios significativos para los consumidores o el medio ambiente.

Según el Servicio de Agricultura Extranjera del USDA [9], en la UE, a pesar de las restricciones políticas existentes, el cultivo de un tipo de maíz Bt, único exponente de variedad MG cultivada, continua creciendo en algunos estados miembros, como España, República Checa, Portugal, Eslovaquia y Alemania, esperándose alcanzar 110.000 ha en 2009. Las políticas nacionales sobre los cultivos MG varían enormemente de un estado miembro a otro. Algunos tienen normativas de coexistencia y otros no, mientras que existen países con una política de intolerancia total, como Austria, Francia, Grecia, Hungría e Italia. A pesar de todo, la UE utiliza en la alimentación animal variedades MG importadas, de forma principal harina de soja (el 80-95% de esta harina procede de soja MG); en segundo lugar estaría el maíz y sus derivados (el 10-25% es de maíz MG); por último, la UE es un gran importador de fibra de algodón, del cual se estima que la mayor parte procede de algodón transgénico.

La inminente comercialización de variedades MG (modificadas genéticamente) de segunda generación en EEUU plantea un problema muy importante para la industria alimentaria europea, en particular en lo referente a la alimentación animal, ya que, salvo que se tomen medidas que implican una mayor tolerancia, la ganadería europea perderá competitividad de forma muy importante.

Los principales retos relacionados con la biotecnología serían, según la OCDE [3]:

- **Políticos**
  - la necesidad de simplificar la regulación, favorecer el uso de la biotecnología para mejorar el contenido nutritivo de los cultivos destinados a alimentos básicos en países en desarrollo,
  - asegurar un mercado sin barreras en materias primas agrícolas,
  - tratar el deterioro en la viabilidad económica de algunos sectores cuando se enfrentan con una competencia de productores más eficientes.
- **Sanidad pública**
  - compatibilizar mejor los objetivos privados para el desarrollo de terapias de salud con los objetivos de la sanidad pública,
  - gestionar una transición hacia la medicina regenerativa y hacia la medicina predictiva y preventiva, las cuales podrían afectar a los actuales sistemas de asistencia sanitaria.
- **Industria**
  - La existencia de alternativas competidoras (por ejemplo, la producción de biocarburantes y la producción alimentaria podrían competir por la superficie cultivable) requiere de la correcta identificación de las alternativas ambientales más sostenible para apoyar las soluciones biotecnológicas más adecuadas.

### 1.3.- La biotecnología en España

| La biotecnología en las empresas españolas<br>(Años 2007 y 2006)<br><small>(Fuente: INE: Uso de la biotecnología Año 2007 y Año 2006)</small> | AÑO 2007           |                 | AÑO<br>2006     | %<br>Interanual |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | > 250<br>Empleados | TOTAL           |                 |                 |
| <b>Empresas usuarias de biotecnología</b>   | <b>73</b>          | <b>764</b>      | <b>659</b>      | <b>15,9%</b>    |
| - de la cuales, son exclusivamente biotecnología  | 19                 | 257             | 211             | 21,8%           |
| <b>Empresas que realizan I+D+i en biotec.</b>   | <b>55</b>          | <b>561</b>      | <b>467</b>      | <b>20,1%</b>    |
| <b>Número total de empleados</b>  | <b>78.786</b>      | <b>103.911</b>  | <b>88.124</b>   | <b>17,9%</b>    |
| - Número de empleados en I+D+i en biotecnología   | 1.355              | 5.288           | 4.448           | 17,5%           |
| - (%) de investigadores   | 59,8%              | 55,7%           | 55,1%           |                 |
| - (%) de mujeres  | 60,5%              | 57,9%           | 56,6%           |                 |
| <b>Facturación (Millones de €)</b>  | <b>20.701,7</b>    | <b>26.149,8</b> | <b>22.549,8</b> | <b>16%</b>      |
| <b>Gasto en I+D+i en biotecnología (Millones de €)</b>  | <b>122,8</b>       | <b>376,1</b>    | <b>294,8</b>    | <b>27,6%</b>    |
| - Gastos corrientes (retribuciones y otros)   | 109,6              | 294,4           | 250,5           | 17,5%           |
| - Gastos de capital   | 13,2               | 81,8            | 44,3            | 84,2%           |
| - % equipos e instrumentos  | 72%                | 84,6%           | 84%             |                 |
| - % software específico para I+D+i  | 15,2%              | 4,5%            | 5,6%            |                 |
| <b>Número de patentes solicitadas</b>   | <b>91</b>          | <b>302</b>      | <b>271</b>      | <b>11,4%</b>    |
| - % de empresas que solicitaron patentes  | 10%                | 11%             | 15%             |                 |

En el cuadro anterior se resumen los principales datos relativos a la actividad en biotecnología realizada por las empresas españolas, según la última estadística publicada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) “Uso de la biotecnología” relativas al Año 2007 y al Año 2006” [5].

Respecto a las patentes solicitadas, las empresas de biotecnología son muy activas en este aspecto, especialmente las pymes. De las 302 patentes que se solicitaron en 2007, 91 lo fueron por empresas de más de 250 empleados, mientras que 211 lo fueron por empresas de menos de 250 empleados (PYMES). Por contra, las PYMES generan únicamente el 31% de la cifra de facturación y el 24% de los puestos de trabajo de las empresas.

Además de la actividad en I+D+i de las empresas, es necesario considerar la realizada en entidades de la Administración Pública (p. ej.: CSIC), en las universidades y en ciertas entidades sin ánimo de lucro. Los datos relativos a la actividad total de I+D+i en biotecnología realizada en España en el año 2007 se reflejan en la tabla siguiente.

| <b>La biotecnología en España (I)<br/>(Año 2007)</b><br>(Fuente: INE: Uso de la biotecnología Año 2007) | <b>TOTAL</b>   | <b>Empresas</b> | <b>Admón.<br/>Pública</b> | <b>Universi-<br/>dades</b> |
|---|----------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| <b>Entidades usuarias de biotecnología</b>  | <b>926</b>     | <b>764</b>      | No hay datos              | No hay datos               |
| - Entidades en que la biotec es principal o exclusiva   | 293            | 257             | 30                        | No hay datos               |
| - Entidades en que la biotec es una línea secundaria  | 249            | 179             | 39                        | 31                         |
| - Entidades en que la biotec es una herramienta   | 384            | 328             | 40                        | 14                         |
| <b>Entidades que realizan I+D+i en biotec.</b>  | <b>723</b>     | <b>561</b>      | <b>109</b>                | <b>45</b>                  |
| <b>Personal en I+D+i en biotecnología</b>   | <b>26.598</b>  | <b>5.228</b>    | <b>11.621</b>             | <b>9.617</b>               |
| - (%) de investigadores   | 60%            | 55,7%           | 50,2%                     | 73,9%                      |
| - (%) de mujeres  | 57,9%          | 57,9%           | 64,2%                     | 49,6%                      |
| <b>Personal en I+D+i en biotecnología EJC</b><br>(EJC = Equivalencia en Jornadas Completas)             | <b>17.978</b>  | <b>4.063</b>    | <b>8.254</b>              | <b>5.530</b>               |
| - Número de investigadores EJC  | 11.160         | 2.288           | 4.708                     | 4.093                      |
| - (%) de investigadores EJC   | 62,1%          | 56,3%           | 57%                       | 74,1%                      |
| <b>Gasto en I+D+i en biotecnología (Millones de €)</b>  | <b>1.123,2</b> | <b>376,1</b>    | <b>460</b>                | <b>280,5</b>               |
| - Gastos corrientes (retribuciones y otros)   | 918,1          | 294,4           | 381,4                     | 236,3                      |
| - Gastos de capital   | 205,1          | 81,8            | 78,6                      | 44,2                       |
| - % equipos e instrumentos  | 71,8%          | 84,6%           | 63,2%                     | 63,3%                      |
| - % software específico para I+D+i  | 3,6%           | 4,5%            | 2,8%                      | 3%                         |
| Fondos procedentes de programas de la UE<br>(Millones de €)   | 44,1           | 6,5             | 25,5                      | 11,9                       |
| <b>Número de patentes solicitadas</b>   | <b>511</b>     | <b>302</b>      | <b>60</b>                 | <b>149</b>                 |
| - Nº de patentes por cada 100 investigadores EJC  | 4,6            | 13,2            | 1,3                       | 3,6                        |

(NOTA: los datos correspondientes a las entidades sin ánimo de lucro no se reflejan en el cuadro; pero pueden obtenerse por simple diferencia del total)

Algunas consideraciones pueden ser las siguientes:

- Las empresas aportaron el 22,6 % de los “investigadores EJC” y el 33,5% del gasto de I+D+i

- El porcentaje de “investigadores EJC” de las universidades respecto al total del personal en I+D+i (74,1%) es más alto que en los demás sectores (57%), lo que quizá tendrá alguna explicación (¿quizá los investigadores de la universidad realizan también los trabajos del personal auxiliar? ¿quizá los becarios se cuentan como investigadores aunque no tengan la cualificación suficiente para ello en todos los casos?).
- El número de patentes por cada “100 investigadores EJC” en las universidades (3,6) y en la administración pública (1,3) es extremadamente bajo comparado con el mismo ratio en las empresas (13,2), lo que quizá pudiera explicarse porque los investigadores de la administración pública y de la universidad estén más orientados a la investigación de base y a la publicación de artículos que al registro de patentes.
- A pesar de que la I+D+i de las empresas representan el 33,5% del total, los fondos procedentes de la UE con destino a I+D+i en las empresas representa únicamente el 14,7% del total de los fondos.

La procedencia de la inversión en I+D+i de las compañías biotecnológicas es como sigue:

- fondos propios 57,2%
- administración pública 23,6%
- inversión privada 6,8%
- de inversores extranjeros 11,6%
- universidades y asociaciones sin ánimo de lucro 0,8%

En el año 2007, el crecimiento del número de empresas es muy importante (15,9%), pero menor que el año anterior. La crisis de 2008 y 2009 posiblemente atenuará más el ritmo de crecimiento.

|                        | 2005 | 2006  | 2007  |
|------------------------|------|-------|-------|
| Número de empresas     | 477  | 659   | 764   |
| Crecimiento interanual |      | 38,2% | 15,9% |

En resumen, la biotecnología española está creciendo a un fuerte ritmo, lo que quizá le permitirá alcanzar la media de la UE en 2010 (Negocio 17/09/08). La crisis de 2008 afectará sin duda al crecimiento en 2009 y 2010, pero se recuperará cuando el tono general de la economía lo permita.

#### 1.4.- Tendencias en I+D+i de las empresas españolas

Asebío, en su informe anual 2008 [6], proporciona una información detallada de la actividad investigadora de sus empresas asociadas (la mayoría de las biotec españolas). A fin de dar una orientación de las tendencias de la investigación biotecnológica en España en 2008, se citan los datos siguientes:

##### **BIOTECNOLOGÍA VERDE**

Cultivo de variedades MG

Incremento de la superficie mundial destinada al cultivo de productos MG; el número de países que cultivan transgénicos es de 25; España ocupa el lugar nº 14 del mundo y el número uno de la UE, con 79.269 ha; también es el principal importador. Los cultivos españoles de variedades MG autorizadas (maíz) permite prescindir de tratamientos insecticidas, aumentando el rendimiento de las cosechas y reduciendo el uso de combustible

Control biológico de plagas

Cultivo de tejidos vegetales

Simulación del crecimiento de agricultura vegetal (bioinformática)

## **BIOTECNOLOGÍA ROJA**

### **Salud humana**

| <b>% de productos en la “pipeline” de I+D+i</b> |          |  |          |                     |     |
|---|----------|--|----------|---------------------|-----|
| <b>Medicamentos</b>                             |          | <b>Productos sanitarios y de diagnóstico</b> |          | <b>Salud animal</b> |     |
|   | <b>%</b> |  | <b>%</b> |                     |     |
| Oncología                                       | 35%      | Oncología                                    | 30%      | Enf. infecciosas    | 76% |
| Neurociencias                                   | 11%      | Cardiovascular                               | 10%      | Enf. inflamatorias  | 8%  |
| E. infecciosas                                  | 9%       | E. infecciosas                               | 8%       | Nutrición           | 8%  |
| E. Inflamatorias                                | 7%       | Med. Personalizada                           | 8%       | Digestivo           | 8%  |
| Hematología                                     | 7%       | Hematología                                  | 6%       |                     |     |
| Cardiovascular                                  | 6%       | Neurociencias                                | 6%       |                     |     |
| Dermatología                                    | 5%       | E. Inflamatorias                             | 3%       |                     |     |
| Inmunología                                     | 4%       | Reumatología                                 | 3%       |                     |     |
| Hepatología                                     | 4%       | Cirugía                                      | 3%       |                     |     |
| Gastroenterología                               | 3%       | Intolerancias                                | 3%       |                     |     |
| Otras   | 9%       | Otras  | 20%      |                     |     |

## **AGROALIMENTACIÓN**

### **Alimentos y componentes funcionales:**

- Lanzamiento al mercado de un extracto vegetal hipocolesterolémico
- Desarrollo de un ingrediente extraído del cacao antihipertensivo y antihiper-degenerativo
- Lanzamiento de un cereal funcional (tritordeum)
- Alimentos orientados al control del peso y a la prevención de la obesidad

## **BIOTECNOLOGÍA BLANCA O INDUSTRIAL**

### **Productos, procesos y tecnología**

- Productos biotecnológicos derivados de algas como fortificante alternativo a fitosanitarios tradicionales
- Producción de biogas y de metano. Producción de biofuel.
- Biodiesel de segunda generación
- Purificación de agua
- Expresión de proteínas, producción de proteínas recombinantes
- Fermentación
- Creación, cultivo y mantenimiento de banco de células
- Síntesis biotecnológica de medicamentos (anticancerígenos, antivirales)
- Producción de biorganismos mediante biotransformación
- Producción de bioplastos
- Disolventes para desengrasar metales; productos bioquímicos diversos

### **Producción de energía**

(Fuentes: Aliter [7] y Asebio [6])

**Situación:** Para 2010 el uso de biocarburantes deberá ascender al 5,83% del consumo, según el “Plan de Energías Renovables 2005-2010”. La directiva europea 2003/30/CE establece un objetivo de 5,75% para 2010 y 8% para 2020. España ocupa, según datos de 2008 el séptimo lugar de los productores mundiales con 200.000Tm. La producción de bioetanol mundial está limitada por la competencia con la superficie cultivable para alimentación, por lo que la alternativa está en el biodiesel obtenido a partir de aceites industriales y el biodiesel de segunda generación, a partir de glicerina y otras materias primas

### **Tendencias en España**

- Producción a partir de aceites industriales usados
- Producción de biodiesel a partir de microalgas cultivadas en invernaderos

Producción de energía a partir de biogás generado a partir de los residuos de plantaciones orgánicas agro-industriales, o de jatrofa turca cultivada

### **Biorremediación y biodetergencia**

Limpieza de grasas y otras suciedades en suelos utilizando microorganismos que actúan sobre la suciedad del suelo y juntas

Desalinización de tierras

## **2.- La biotecnología en Asturias**

### **2.1.- Actividad Industrial**

En el cuadro siguiente se muestra, por comunidades autónomas, el porcentaje de empresas usuarias de biotecnología en cada comunidad, ordenadas de mayor a menor porcentaje de empresas; se facilita también el porcentaje de población de cada comunidad, así como la diferencia de ambos porcentajes, lo que permite comparar la distribución de empresas respecto a la distribución de población.

Asturias, con un 2,36% de las empresas usuarias de biotecnología se encuentra en el grupo de comunidades con menor número de empresas, ya que cuenta únicamente con 18 empresas usuarias de biotecnología, la mayoría PYMES, de las cuales las exclusivamente biotecnológicas (las llamadas biotecs) no pasan de cinco. Cabe destacar que el porcentaje de empresas asturianas está equilibrado con el porcentaje de población.

Asturias debería incrementar el número de empresas y, sobre todo, el tamaño de las mismas para parecerse más a las comunidades autónomas más florecientes, como son Cataluña, Madrid, País Vasco, Andalucía e, incluso, Castilla y León.

| <b>Distribución de las empresas usuarias de biotecnología y de la población en 2007<br/>por Comunidades Autónomas</b><br>(Fuente: INE [5] y [8]) |                 |                  |          |                  |                 |                  |          |
|--|-----------------|------------------|----------|------------------|-----------------|------------------|----------|
| <b>Comunidad</b>   | <b>Empresas</b> | <b>Población</b> | <b>Δ</b> | <b>Comunidad</b> | <b>Empresas</b> | <b>Población</b> | <b>Δ</b> |
| Cataluña   | 23,82%          | 15,97%           | +7,9     | Navarra          | 2,88%           | 1,34%            | +1,5     |
| Madrid   | 15,31%          | 13,62%           | +1,7     | Aragón           | 2,62%           | 2,87%            | -0,3     |
| Andalucía  | 12,17%          | 17,80%           | -5,6     | <b>Asturias</b>  | <b>2,36%</b>    | <b>2,36%</b>     | <b>0</b> |
| C.Valenciana   | 9,29%           | 10,75%           | -1,5     | Murcia           | 1,70%           | 3,10%            | -1,4     |
| País Vasco   | 9,03%           | 4,75%            | +4,3     | Canarias         | 1,57%           | 4,50%            | -3       |
| Galicia  | 7,07%           | 6,08%            | +1       | Castilla LM      | 1,57%           | 4,35%            | -2,8     |
| Castilla y León  | 7,07%           | 5,55%            | +1,5     | La Rioja         | 1,31%           | 0,69%            | +0,6     |
|  |                 |                  |          | Extremadura      | 0,92%           | 2,40%            | -1,5     |
|  |                 |                  |          | Cantabria        | 0,65%           | 1,26%            | -0,6     |
|  |                 |                  |          | Baleares         | 0,65%           | 2,29%            | -1,6     |

En cuanto a la actividad empresarial/industrial en la región asturiana, a continuación se dan algunos ejemplos de empresas biotecnológicas:

- **Plantas de biodiesel en producción:**
  - **Bionorte, S.A.** en San Martín del Rey Aurelio  
Capacidad: 4.000 Tm/año (ampliables)
  - **Asthor Biodiésel, S.A.** en Gijón

Capacidad de producción: 7.000 Tm/año

- **Plantas de biodiesel en proyecto**  
Felguera Biodiésel Gijón, en El Musel  
Natura, del Grupo Belinchón, en el Musel (Proyecto parado)
- **Empresas biotecnológicas de productos y servicios (biotecs)**
  - **EntreChem, S.L.**, en Oviedo. “Spin-off” de la Universidad de Oviedo. Ofrece:
    - Ingeniería genética para identificar y manipular rutas metabólicas de productos naturales bacterianos de interés farmacéutico (antibióticos, antitumorales, antifúngicos) o agrícola (insecticidas, herbicidas).
    - Productos enantiopuros para química médica y servicios de biocatálisis aplicada, así como síntesis a la carta de compuestos ópticamente puros.
- **Empresas de integración de tecnologías bio-nano**
  - **DropSens, S.L.**, en Oviedo, “Spin-off” de la universidad de Oviedo. Ofrece: (Bio)sensores, nanomateriales  
Consultoría, informes, proyectos de I+D+i
- **Empresas de integración de tecnologías bio-informática**
  - **BAP Health Outcomes Research, S.L.**, en Oviedo  
Servicios y productos bioinformáticos
- **Empresas que utilizan la biotecnología como herramienta**
  - **Ampligen Diagnósticos, S.L.**, en Mieres  
Identificación por ADN
  - **CEFIVA, S.L.**, en Gijón  
Reproducción humana
- **Empresas en que la biotecnología no es la actividad principal**
  - Central Lechera Asturiana, Corporación alimentaria Peñasanta, Industrias Lácteas Asturianas, S.A. (Reny Picot), Danone, Nestle España, Dupont Asturias, SL, etc
  - Otras empresas alimentarias.

## 2.2.- Actividad de investigación

En el cuadro siguiente se muestra, por comunidad autónoma, el gasto en I+D+i de las empresas y el gasto total I+D+i, que incluye, además del de las empresas, el de las administraciones públicas, el de las universidades y el de entidades sin fines de lucro; en una tercera columna aparece el porcentaje que representa el gasto total de I+D+i de cada comunidad respecto al total nacional.

| Gasto en I+D+i en 2007 por Comunidades Autónomas (en miles de €) y % sobre el total nacional<br>(Fuente: INE [5]) |                |                   |               |             |              |               |              |
|---|----------------|-------------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
| C. Autónoma   | Gasto Empresas | Gasto Total I+D+i | %             | Comunidad   | Empresas     | Total I+D+i   | %            |
| Madrid  | 120.566        | <b>369.510</b>    | <b>32,89%</b> | Galicia     | 5.519        | <b>26.811</b> | <b>2,39%</b> |
| Cataluña  | 115.153        | <b>300.259</b>    | <b>26,73%</b> | Asturias    | <b>1.475</b> | <b>12.127</b> | <b>1,08%</b> |
| C.Valenciana  | 15.365         | <b>103.940</b>    | <b>9,25%</b>  | Baleares    | 370          | <b>9.779</b>  | <b>0,87%</b> |
| Andalucía   | 26.205         | <b>103.836</b>    | <b>9,24%</b>  | Canarias    | 1.684        | <b>9.270</b>  | <b>0,83%</b> |
| País Vasco  | 56.231         | <b>78.202</b>     | <b>6,96%</b>  | Aragón      | ?            | <b>8.596</b>  | <b>0,76%</b> |
| Castilla y León   | 10.145         | <b>39.975</b>     | <b>3,56%</b>  | Castilla LM | 705          | <b>6.068</b>  | <b>0,54%</b> |
| Navarra   | 11.694         | <b>39.903</b>     | <b>3,55%</b>  | Murcia      | 1.688        | <b>6.035</b>  | <b>0,54%</b> |
| <b>TOTAL</b>  |                |                   |               | Extremadura | 1.931        | <b>4.239</b>  | <b>0,38%</b> |
|   |                |                   |               | La Rioja    | ?            | <b>3.981</b>  | <b>0,35%</b> |
|   |                |                   |               | Cantabria   | 637          | <b>637</b>    | <b>0,06%</b> |

El gasto en I+D+i de Asturias refleja dos debilidades importantes:

1. El porcentaje del total del gasto de I+D+i de Asturias respecto al total nacional (1,08%) es inferior a su cuota de población (2,36%). Asturias debería más que duplicar el gasto en I+D+i realizado en 2007 si quiere estar en un porcentaje equiparable al de su población.
2. El gasto en I+D+i de las empresas asturianas representa únicamente el 12,16% del gasto total en I+D+i en la comunidad. Este porcentaje es muy bajo comparado con el 33,5% de la media nacional. El porcentaje de I+D+i de las empresas de las CC.AA. líderes en biotecnología se muestra a continuación:

|            |        |              |        |
|------------|--------|--------------|--------|
| País vasco | 71,9%  | C.Valenciana | 14,78% |
| Cataluña   | 38,35% | Cast. y León | 25,37  |
| Madrid     | 32,63% | Andalucía    | 25,23% |

Las principales entidades públicas investigadoras en biotecnología en Asturias son:

- Universidad de Oviedo,
- Institutos universitarios IUBA, IUOPA
- SERIDA
- CSIC-IPLA

### 2.3.- Planes de desarrollo y ayudas económicas

#### Ámbito del Principado de Asturias,

- No hay ningún plan específico para el desarrollo de la biotecnología. El desarrollo de la biotecnología se engloba dentro del Plan de Ciencia Tecnología e Innovación del Principado de Asturias 2006 – 2009, que cuenta con las siguientes ayudas
  - Ayudas a empresas para la ejecución de proyectos de I+D+i en el Principado de Asturias, financiadas dentro del marco del Programa Operativo FEDER del Principado de Asturias 2007-2013 [10] y [11]. Para PYMES.  
Cuantía máxima: 20 Millones de €
  - Ayudas para la adquisición de equipamiento científico-tecnológico durante el año 2009 [12].  
Cuantía máxima: 1,8 Millones de €
  - Ayudas para la celebración de congresos y reuniones científicas durante el año 2009 [13]  
Cuantía máxima: 0,25 Millones de €
- El **IDEPA** tampoco tiene ningún programa específico para el desarrollo de la biotecnología. No obstante contempla la existencia de ocho clusters en Asturias [18], en cuatro de los cuales la biotecnología es (o puede ser) una actividad de I+D+i y/o una herramienta de producción relevante:
  - Cluster energético (biodiesel, biorrefinerías)
  - Cluster químico (bioplásticos, biopolímeros, procesos biotecnológicos de síntesis de productos químicos, producción de productos biofarmacéuticos)
  - Cluster agroalimentario (alimentos funcionales, productos nutracéuticos, enzimas industriales)
  - Cluster del conocimiento (bioinformática)

En el plan de actividades del **IDEPA 2009** [16] las referencias de interés para la biotecnología son las siguientes:

- objetivo 25) “... *De los ocho Clusters que se propone desarrollar, durante 2009 se propone: Elaborar los planes estratégicos o de viabilidad de los clusters*

*Agroalimentario, del Conocimiento y Químico con lo que los 8 clusters dispondrán de plan Estratégico o de viabilidad...”* NOTA. El pliego para la elaboración del plan estratégico del cluster agroalimentario (19) ya ha sido publicado

- objetivo 38) *“El CEEI gestiona la incubadora de empresas del Parque Tecnológico de Asturias... El CEEI en el año 2009, trabajará en la construcción de un nuevo edificio, anexo al existente, donde se ubicará una **bioincubadora**.”*  
(Nota: CEEI son las siglas de Centro Europeo de Empresas e Innovación.)
- Dentro del “subprograma 7.5 participación en programas” se menciona *“Se seguirá potenciando la participación activa en proyectos de cooperación, tanto europeos, nacionales como regionales, tales como: **BIOANCES, EIBTS, DEVA, etc.**”*  
(Nota: BioANCES es una iniciativa gestionada por ANCES -Asociación Nacional de CEEI Españoles- y Genoma España, con el objetivo de formar, asesorar, apoyar y acompañar a emprendedores que desean poner en marcha un proyecto empresarial en el ámbito de la Biotecnología)
- El **Ayuntamiento de Oviedo**, con el fin de reactivar económicamente los barrios de la ciudad, ha puesto en marcha el **Plan URBAN** [20], dotado con 16,2 millones de Euros para el período 2007-2013, de los que 11,3 millones de Euros con cargo a los fondos FEDER de la UE. Dentro de este plan se prevé la instalación de un vivero empresarial de ciencias de la salud en La Corredoria.

### Ámbito nacional

- El Plan Nacional de I+D+i 2008-2011 [14] y [15], editado por FECYT (Fundación española para la ciencia y la tecnología) propone la biotecnología como una de las áreas de acción estratégica; las otras áreas de acción estratégica propuestas son: la salud, la energía y el cambio climático, las telecomunicaciones y la sociedad de la información, las nanociencias y nanotecnología, nuevos materiales y nuevos procesos industriales. Los objetivos y líneas temáticas propuestas para la biotecnología en el Plan Nacional de Ciencia y Tecnología 2008-2011 son los siguientes:
  - Objetivos a alcanzar por la acción estratégica de biotecnología
    - Apoyar el crecimiento y consolidación del sector empresarial.
    - Impulsar la innovación en el sector privado.
    - Reforzar la cooperación público-privada y la excelencia científica.
    - Aumentar el porcentaje de los fondos del VII Programa Marco en Biotecnología.
    - Fortalecer el impacto social de la Biotecnología.
  - Líneas temáticas propuestas para la acción estratégica de Biotecnología
    - Biotecnología para la salud.
    - Biotecnología agraria y alimentaria.
    - Biotecnología industrial.
    - Bioenergía y desarrollo de biocombustibles.
    - Biotecnología ambiental.
    - Biología de Sistemas, Biología Sintética y Nanobiotecnología.
    - Línea transversal, encaminada a la generación de herramientas y métodos que puedan aplicarse en una amplia gama de objetivos temáticos.

### Ámbito de la UE

Los programas [9] a los que los proyectos de biotecnología pueden acogerse son:

- **VII Programa Marco.**  
Es la principal iniciativa comunitaria de desarrollo y fomento de la I+D+i. Se estructura en cuatro subcategorías:
  - Cooperación (15.750 millones de €),
  - Ideas (7.510 millones de €),

- Capacidades (4.097 millones de €) y
- Personas (4.700 millones de €)
- **Programa de Innovación y competitividad (CIP),**  
Tiene tres subprogramas, dos de los cuales pueden acoger proyectos de biotecnología:
  - Programa para la iniciativa empresarial y la innovación, con especial atención a las PYMES
  - Programa “Energía inteligente-Europa”
- **Programa EUREKA**  
Iniciativa intergubernamental de apoyo a la I+D+i cooperativa en el ámbito europeo. Deben ser proyectos con claro interés comercial en el mercado internacional, basados en tecnologías innovadoras. Todas las tecnologías tienen cabida. Los proyectos deben ser realizados en colaboración con al menos otra empresa de la UE
- **Programa ERA.net**  
Iniciativa EUROTRANS-BIO. La cuarta convocatoria será diseñada por PYMES de Austria, Bélgica, España (Cataluña y País Vasco), Finlandia, Francia, Alemania, Hungría, Italia y Holanda
- **Programa COST**  
Fomenta el establecimiento de la excelencia científica en nueve ámbitos, entre otros:
  - Biomedicina molecular y biología/Biotecnología,
  - Agricultura y alimentación,
  - Bosques, sus productos y servicios,
  - Materiales, física y nanociencias,
- **Fondo tecnológico**  
Es una partida especial de los fondos FEDER dedicada a la promoción de la I+D+i empresarial. En España lo gestiona el CDTI, que ha dado prioridad a las antiguas regiones del Objetivo 1, que en conjunto reciben el 90% del presupuesto. Asturias está incluida en el grupo de comunidades calificadas “Phasing Out”, junto con Murcia, Ceuta y Melilla. Conjuntamente reciben el 5% del presupuesto. Es de este fondo de donde se nutren las “Ayudas a empresas para la ejecución de proyectos de I+D+i en el Principado de Asturias” citadas anteriormente
- **Programa BIOTECSUR**  
Promueve la colaboración con los países del MERCOSUR (Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay) para proyectos cuyo objetivo sea promover el desarrollo de aplicaciones biotecnológicas para resolver problemas productivos y competitivos de las cadenas productivas de carne aviar, carne bovina, forestales y oleaginosas. Argentina es el coordinador del programa

### 3.- Oportunidades

#### 3.1.- Principales activos con los que cuenta Asturias

En Asturias, la biotecnología cuenta con las fortalezas históricas que siempre tuvieron las ciencias naturales, la ingeniería y la industria en la Región. A continuación se relacionan los actores más relevantes (fortalezas) en el campo de la biotecnología hoy día:

- **Universidad de Oviedo**
  - **Facultades**
    - Facultad de biología,
    - Facultad de química,

Facultad de medicina y Hospital Universitario Central de Asturias  
Escuela superior de ingeniería industrial

- **Titulaciones postgrado**
  - Máster en biotecnología alimentaria y Máster en bioquímica
- **Hospitales Universitario Central del Principado de Asturias**
- **Institutos universitarios**
  - **IUBA** (Instituto universitario de biotecnología de Asturias), con las unidades siguientes:
    - Biocatálisis y Bioingeniería,
    - Biomedicina y Salud animal,
    - Biotecnología de Microorganismos,
    - Biotecnología de las plantas
  - **IUOPA** (Instituto universitario de oncología del Principado de Asturias), con los grupos siguientes:
    - Biología molecular del cáncer,
    - Biosíntesis de moléculas antitumorales,
    - Epidemiología, prevención, tratamiento y biomonitorización en oncología,
    - Investigación en oncología quirúrgica;
    - Receptores y mediadores celulares; Regulación hormonal y celular
    - Oncología molecular
  - **OTRI** (Oficina de transferencia de resultados de investigación de la Universidad de Oviedo), “ventanilla única” para la I+D+i para las empresas, que en su oferta de conocimiento incluye, entre otros:
    - Biotecnología y medicina
    - Medioambiente y energía
    - Industria de procesos
- **Servicios de investigación del Gobierno del Principado de Asturias**
  - **SERIDA** (Servicio regional de investigación y desarrollo agroalimentario), con las áreas de investigación siguientes:
    - Producción animal, nutrición pastos y forrajes,
    - Salud animal, genética y reproducción animal
    - Cultivos hortofrutícolas y forestales
- **CSIC (Consejo superior de investigaciones científicas)**
  - **CSIC-IPLA** (Instituto de productos lácteos de Asturias), con los departamentos siguientes:
    - Tecnología y biotecnología de productos lácteos (microbiología molecular, fermentos lácticos y conservación, micotoxinas en alimentos),
    - Microbiología y bioquímica de productos lácteos (probióticos, prebióticos y exopolisacáridos, y fisiología y genética de BAL&B)
  - **Centro Nacional de Competencia de la Leche y Derivados**
- **Entidades, fundaciones y empresas públicas de desarrollo regional**
  - **IDEPA** (Instituto de desarrollo económico del Principado de Asturias)
  - **FYCIT** (Fundación para el fomento en Asturias de la investigación científica aplicada y la tecnología)
  - **CEEI-PA** (Centro europeo de empresas e innovación del Principado de Asturias)
  - **SRP** (Sociedad regional de promoción del Principado de Asturias, S.A.)
  - **ASTURGAR SGR** (Sociedad de garantía recíproca de Asturias)
- **Asociaciones privadas sin fines lucrativos**
  - **FADE** (Federación asturiana de empresarios)
  - **SIBI** (Sociedad internacional de bioética)

- **ASINCAR** (Asociación de investigación de industrias cárnicas)
- **LILA** (Laboratorio interprofesional lechero de Asturias)
- **Hospitales públicos y privados de la Comunidad**, que son importantes centros de investigación y usuarios de biotecnología para la salud humana
- **Empresas y actividades usuarias de la biotecnología**
  - Empresas biotecnológicas (biotecs)
  - **Sector agroalimentario** relativamente relevante; es un importante usuario de la biotecnología y que puede desarrollar una significativa actividad de I+D+i en el terreno de la biotecnología alimentaria (alimentos funcionales, nutricoséuticos, procesos y agentes de fermentación, conservación, etc.)
  - **Empresas potenciales usuarias de biotecnología** (químicas, farmacéuticas, etc.)
  - **Actividades forestales, agrícolas y ganaderas** que pueden beneficiarse de la biotecnología
  - **Sectores de Energía e Industria**, que pueden utilizar la biotecnología de forma significativa para producción de biocarburantes y otros productos de biorrefinería

Junto al impresionante catálogo de “fortalezas” (pocas CC.AA. pueden presentar un catálogo semejante) existen también algunas “debilidades” de la biotecnología en Asturias, como son:

- Escasa presencia de la biotecnología en el tejido empresarial
  - Las Industrias específicamente biotecnológicas son pequeñas y poco numerosas
  - Las industrias químicas/farmacéuticas asturianas se basan principalmente en la fabricación y síntesis tradicionales. Apenas han introducido procesos biotecnológicos para la fabricación de productos químicos y/o farmacéuticos
- Gran desequilibrio entre la I+D+i en entidades públicas y la I+D+i en empresas, motivado por
  - el pequeño tamaño de las empresas, que no les permite hacer I+D+i por sus propios medios
  - la existencia de sectores cubiertos o fuertemente asistidos por los servicios públicos (universidades, salud pública, ganadería, agricultura, forestal, etc.)
- Dificultad para transferir el conocimiento y la tecnología desarrollada en las entidades públicas a la empresa privada, por diversas causas:
  - poco interés por parte de las empresas en la I+D+i de las entidades públicas y/o falta de iniciativa para explotar sus resultados
  - falta de orientación (o de colaboración) hacia las empresas en los proyectos de investigación de las entidades públicas, lo que provoca un bajo número de patentes de interés industrial que faciliten la transferencia del conocimiento
  - escasa iniciativa empresarial de los investigadores del sector público para crear empresas que exploten sus conocimientos (únicamente se han producido dos spin-off biotecnológicas)
- No hay grandes empresas (biotecs, químicas, farmacéuticas, biodiésel), que sirvan de referencia nacional e internacional para atraer la inversión y la creación de otras empresas
- Excesiva regionalización
  - escaso impacto fuera de Asturias de los logros en biotecnología de las empresas asturianas. A título de ejemplo, en los populares informes correspondientes al año 2008 de ASEBIO [6] y ALITER [7], muy conocidos en el ámbito de la biotecnología española, no se reseñan patentes, avances o éxitos de las empresas biotecnológicas asturianas
  - Pocos o nulos resultados prácticos resultantes de la relación, colaboración o asociación con otras entidades biotecnológicas (clusters, agrupaciones, órganos de gobierno, empresas, etc.) de otras CCAA o de otros países
  - Dificultad para conseguir mercado: el mercado regional es muy reducido; el mercado

nacional también es pequeño para determinados desarrollos y el mercado internacional es siempre de difícil acceso (para todos)

- Carencia de un enfoque, visión o plan global que contemple el desarrollo de la biotecnología de la Comunidad en su conjunto.

También hay algunas “amenazas” para la biotecnología en Asturias. La principal quizá provenga de aquellas CC.AA. que están apostando y dando un gran impulso al desarrollo de la biotecnología. Estas comunidades representarán una gran competencia para los productos y servicios biotecnológicos que pudieran desarrollarse y ofrecerse desde las empresas y entidades de Asturias.

Si Asturias no fuera capaz de progresar a un nivel suficiente en biotecnología, las debilidades y amenazas de hoy se convertirán en barreras insalvables en un futuro próximo, entre otras cosas porque los competidores comenzarán a captar los más valiosos recursos humanos, técnicos y económicos de la región.

### **3.2.- Oportunidades de desarrollo que puede ofrecer la biotecnología**

Las oportunidades de desarrollo que para Asturias pueda ofrecer la biotecnología deberán estar relacionadas con los recursos naturales, fortalezas industriales y capacitación científica presentes en la Comunidad. A continuación se detallan algunas áreas de posible interés biotecnológico para la región. Estas oportunidades han sido seleccionadas del capítulo “The state of the Bioeconomy today” del informe de la OCDE titulado “The bioeconomy to 2030 Designing a policy agenda”[3], del que se proporciona un extenso extracto en el anexo.

#### **Biotecnología vegetal**

- **Ámbito Forestal.** Asturias posee extensos (y difíciles) bosques, con oportunidades para:
  - La selección y mejora de variedades de utilidad forestal, orientadas a preservar el medio ambiente, a la producción de maderas; o de rápido crecimiento, para obtener maderas con destino a la construcción, fabricación de papel o para biomasa para generación de energía o producción de biocombustibles
  - La mejora de los procesos de cuidado y aprovechamiento del bosque (tala, entresaca, limpieza, empaquetado, transporte, etc.), aunque no son estrictamente biotecnológicos, son fundamentales para la explotación racional del bosque y la preservación del medio ambiente
- **Agricultura.** Poco extensa en Asturias, pero con algunas especies de interés (maíz, fabes, manzanas), que podrían ser objeto de:
  - Selección y mejora de variedades de interés regional, de forma que sean más resistentes y más tolerantes a los factores ambientales adversos, o que tengan mejor calidad, aspecto o rendimiento respecto a su utilización posterior (nutrición animal, gastronomía, producción de sidra, etc.)
  - Mejora de procedimientos de cultivo
  - Investigación de nuevos cultivos (p.ej.: microalgas) para biocombustibles
- **Diagnóstico de enfermedades y plagas.** Puede ofrecer oportunidades para
  - Desarrollo de kits de diagnóstico de uso fácil “in situ” por personal no especializado

#### **Biotecnología animal**

- **Ganadería.** Asturias posee una cabaña significativa, productora de leche y carne. La biotecnología podría utilizarse en:
  - Reproducción de especies ganaderas de interés regionales mediante MAS (Marked Assisted Selection)
  - Diagnóstico (kits de diagnóstico) y/o tratamiento de enfermedades (biomedicamentos)

y biovacunas)

- Mejora de las variedades de insectos de interés como polinizadores

**Salud humana.-** Posiblemente la salud humana el área que ofrece el mas amplio y universal campo de oportunidades. Pueden encontrarse innumerables oportunidades, particularmente en los campos siguientes:

- La oncología, las enfermedades neurológicas, infecciosas, inflamatorias y cardiovasculares, focalizan el interés de la biotecnología para el desarrollo de medicamentos y de productos sanitarios y de diagnóstico
- La investigación aplicada de células madre, la ingeniería de tejidos, que están en fase experimental, con pocos productos todavía en el mercado
- La farmacogenética, que puede conducir hacia las terapias personalizadas en función del perfil genético del individuo
- La fabricación de kits para diagnóstico “in vitro” es muy floreciente, ya que las exigencias desde el punto de vista de los ensayos clínicos requeridos son mucho menores comparadas con los requisitos para los productos destinados a los diagnósticos “in vivo”
- La participación en los siempre costosos ensayos clínicos que deben realizar las empresas antes de validar sus nuevos medicamentos para su uso.

**Alimentación.-** De especial interés para Asturias, para el sector agroalimentario ya son hoy día

- La investigación de alimentos funcionales
- La investigación y producción de productos nutracéuticos

**Biotecnología industrial.-** Puede haber oportunidades para la fabricación de

- **Determinados productos químicos**
  - Producción de volumen (a bajo precio y margen) de ciertos productos, como son algunos ácidos orgánicos
  - Producciones más cortas de productos de química “fina” (con alto precio y margen) como son enzimas, solventes, aminoácidos, vitaminas, antibióticos, biopolímeros, etc. necesarios para la fabricación de medicamentos
- **Biomateriales**
  - Bioplásticos biodegradables obtenidos a partir de biopolímeros tales como polisacáridos, poliuretanos, poliésteres y poliamidas (nylons). Estos productos tienen alta demanda mundial
- **Enzimas industriales, de interés para**
  - La fabricación de alimentos y bebidas (pan, quesos y bebidas fermentadas). Se utilizan microorganismos MG, seleccionados con técnicas MAS y selección de alta capacidad, para la obtención de enzimas específicas y para mejorar la eficiencia del proceso de producción de enzimas
  - Alimentación animal, ciertas enzimas mejoran la asimilación de ciertos componentes
  - Fabricación de detergentes, tejidos y pulpa de papel
- **Productos y servicios para aplicaciones medioambientales**
  - Biorremediación mediante microorganismos
  - Biosensores. Utilizan un agente biológico inmovilizado para medir o detectar la presencia de un determinado compuesto químico
- **Biocombustibles y productos de biorrefinería**
  - En EE.UU. a 1 de enero de 2009 había 172 biorrefinerías de etanol, con una capacidad de producción de 40.000 millones de litros, equivalente al 4,5% de su consumo de gasolinas
  - Las nuevas plantas industriales, de segunda generación, utilizan subproductos como la glicerina o biomasa directamente (biomasa no alimentaria, residuos agrícolas,

- microalgas y algas marinas, jatrofa, etc.) mediante fermentación celulósica
- Las biorrefinerías, además de biocarburantes, pueden producir alimentos, piensos, bioplásticos y una amplia gama de productos químicos
- El foco de la investigación está en la fermentación celulósica y en el uso de microorganismos. Las técnicas de diseño de rutas metabólicas y de biología sintética para el diseño de microbios pueden producir grandes avances en este terreno

### 3.3.- La Biotecnología en Asturias. Una actividad “horizontal” por desarrollar

Hemos visto que la biotecnología tiene campos de aplicación en el ámbito forestal, en la agricultura, en la ganadería, en la salud humana, en los medicamentos, en la alimentación, en la industria químico/farmacéutica, en la energía, en el medio ambiente, etc. Por tanto, la biotecnología, al igual que las TIC o la nanotecnología, **es una tecnología horizontal** que, además de su expresión industrial genuina, “las biotecs”, dinamiza, impulsa y beneficia múltiples sectores de la economía de una forma directa, como potenciales usuarios, y a todos los sectores de una forma indirecta.

Por otra parte, la biotecnología, como las TIC, es una tecnología clave para cimentar el desarrollo económico en un modelo diferente, basado en el uso de una tecnología sofisticada, en la alta capacitación de los recursos humanos, en el alto valor añadido de los productos resultantes y en la sostenibilidad de los procesos.

Asturias debería tomar en consideración las oportunidades que ofrece la biotecnología e intensificar las actuaciones para progresar en este terreno, que ofrece riqueza y puestos de trabajo cualificados. La cuestión es cómo hacerlo. Para responder a esta cuestión, es necesario considerar el punto en el que se encuentra la biotecnología en Asturias, el punto al que se quiere llegar y el camino a seguir. A continuación se aborda esta cuestión.

Tomando el gasto en I+D+i como indicador de la situación de la biotecnología en España en 2007, últimos datos conocidos según el INE (5), y combinándolos con los datos de población (8), pueden situarse las CC.AA. en un diagrama de dispersión de dos dimensiones (ver gráfico siguiente), en el que la posición de cada comunidad autónoma, por lo que respecta a I+D+i en biotecnología, se establece de la siguiente manera:

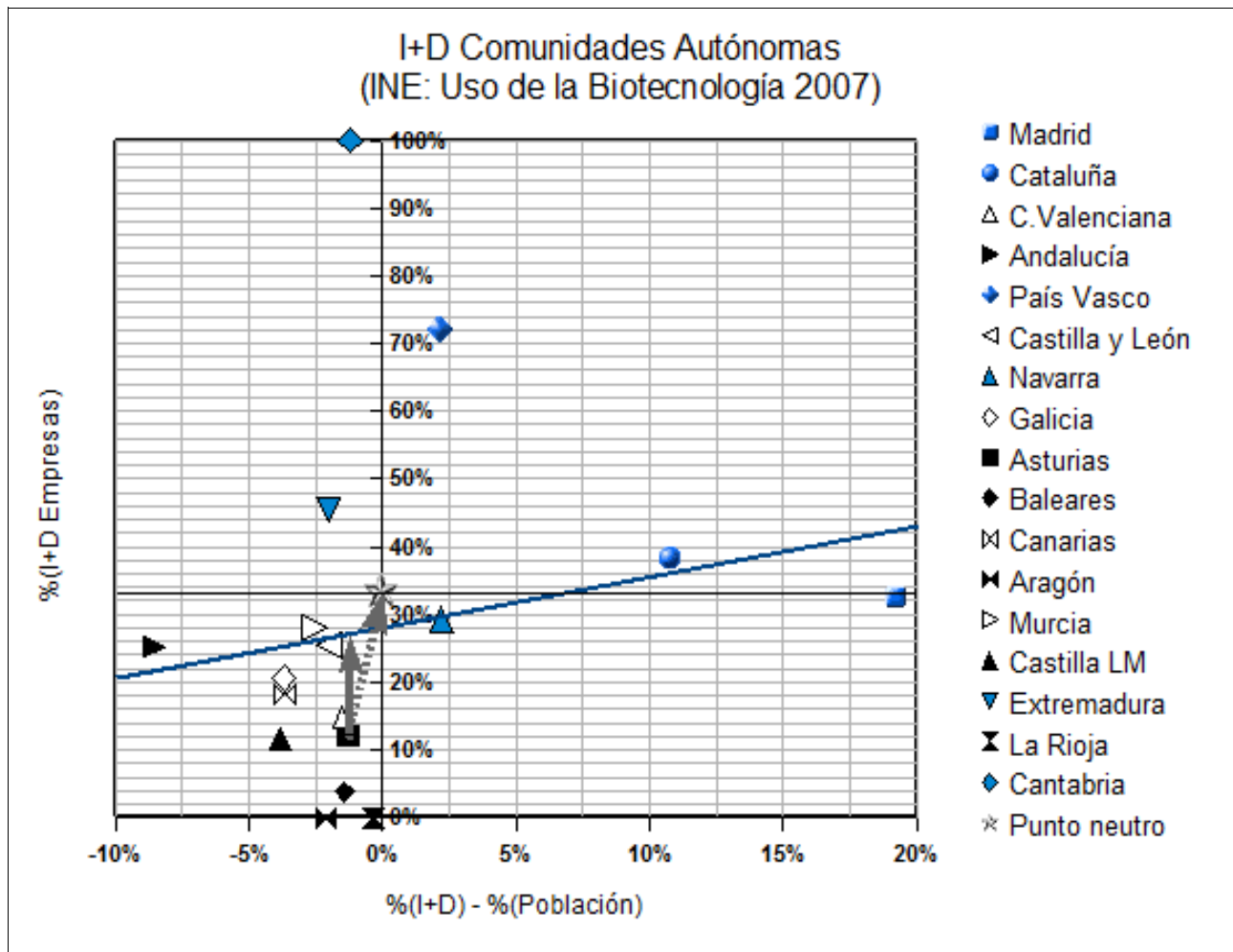
- En el eje X se considera **el esfuerzo relativo en I+D+i** de cada comunidad, medido por la diferencia entre el porcentaje de gasto en I+D+i realizado por la comunidad autónoma y el porcentaje que representa su población, ambos respecto al total nacional. En la figura se ha rotulado como “%(I+D+i)-%(Población)”
- En el eje Y se considera **el porcentaje de gasto en I+D+i realizado por las empresas** en relación al gasto total en I+D+i realizado por la comunidad autónoma. En la figura se ha rotulado como “%I+D+i Empresas”

Así, por ejemplo, el punto que representa a Asturias en el gráfico es el (-1,28%, 12,16%). Quiere decir que el porcentaje de gasto en I+D+i de Asturias está 1,2 puntos por debajo del porcentaje de su población, y que el 12,16% del gasto en I+D+i en Asturias lo realizaron las empresas (el 87,84% restante fue gastado por las entidades públicas). El punto de situación de Asturias se representa por un cuadrado negro.

Hay un punto singular en el diagrama, el (0%, 33,5%), denominado “punto neutro”, representado en el gráfico mediante una estrella de cinco puntas. En este punto, el porcentaje de gasto en I+D+i de una comunidad iguala al porcentaje de su población y el porcentaje de gasto de I+D+i realizado por sus empresas iguala al porcentaje medio de gasto en I+D+i realizado por todas las empresas a nivel nacional (33,5%).

También se ha representado en el gráfico la recta de regresión, o “línea de tendencia”, mediante una línea azul. La ecuación que representa a dicha línea es  $y = 0,75x + 28$

El “punto neutro” permite organizar el espacio del gráfico en cuatro cuadrantes trazando dos líneas, una horizontal y otra vertical, que pasen por dicho punto.



- El cuadrante superior derecho podría calificarse como el cuadrante de la “excelencia”. En él están las pocas CC.AA. en las que el porcentaje de gasto en I+D+i es superior al porcentaje de su población, al tiempo que el porcentaje de gasto en I+D+i realizado por sus empresas es superior al la media nacional. En 2007, sólo hay dos CC.AA. en este cuadrante: Cataluña y País Vasco. Es de destacar la posición de esta última comunidad autónoma por el elevado porcentaje de participación de las empresas privadas en el I+D+i biotecnológico.
- El cuadrante inferior derecho podría considerarse como el cuadrante del “gasto público”. Ocupando este cuadrante están Madrid y Navarra, si bien ambas. están en el límite superior, a punto de pasar al cuadrante de la “excelencia”. Las CC.AA. en este cuadrante se caracterizan por tener un porcentaje de gasto en I+D+i en biotecnología superior a la cuota de su población, pero con un porcentaje de participación de las empresas privadas en el gasto de I+D+i inferior a la media nacional; es decir, se trata de CC.AA. con un alto protagonismo de las instituciones públicas en el ámbito de I+D+i de la biotecnología.
- El cuadrante superior izquierdo podría ser caracterizado como el cuadrante del “sector privado”, ya que en él están las CC.AA. que con un gasto en I+D+i inferior a la cuota de

población, sin embargo la participación de las empresas en el gasto es superior a la media nacional. Es decir, en estas comunidades son las empresas privadas las que “tiran” del I+D+i biotecnológico. Los ocupantes de este cuadrante son Extremadura y Cantabria, esta última con el 100% del gasto de I+D+i realizado por las empresas (probablemente por carencia de datos de la estadística del INE).

- El cuadrante inferior izquierdo, están las CC.AA., entre ellas Asturias, que no “destacan” ni por la cuantía de su gasto en I+D+i, ya que su porcentaje está por debajo del porcentaje de su población, ni por el porcentaje de participación de las empresas privadas, que se sitúa por debajo de la media. En el símil ciclista, sería “el pelotón”, en el que están la mayoría de los corredores, algunos de ellos esforzándose por llegar a la cabeza del mismo (punto neutro) para, desde allí, “saltar” aproximándose a los “escapados”.

La principal dificultad a gestionar por las CC.AA. que ocupan el cuadrante inferior izquierdo, no es tanto que el gasto en I+D+i esté por debajo de su cuota de población (cada cual gasta lo que quiere y puede según sus prioridades), como que la mayor parte del gasto sea realizado por las entidades públicas. En el caso de Asturias, esta característica está muy acusada, ya que Asturias está situada entre las tres CC.AA. con menor participación de las empresas en el gasto de I+D+i en biotecnología (se excluye a Aragón y a La Rioja, ambas representadas con un 0% de participación de las empresas debido a carencia de datos de la estadística del INE).

Como se ha comentado, una de las alternativas para las CC.AA. del cuadrante inferior izquierdo que quieran ganar posiciones en esta “carrera de la biotecnología”, sería la de intentar alcanzar la “cabeza del pelotón”, es decir aproximarse al “punto neutro”, desde su situación actual. Para el caso de Asturias, la alternativa de alcanzar el “punto neutro” se representa, en el gráfico, por una flecha a trazos que parte del punto que representa a Asturias y llega al “punto neutro”.

Los resultados de la evaluación para Asturias del escenario correspondiente a la posición del “punto neutro” en el año 2007 (ver cuadro siguiente), no pueden ser más desalentadores, ya que, además de tener que duplicar el gasto total en I+D+i, habría que pasar del 12,16% de participación de las empresas al 33,5%. Esto significa que se precisarían unas 108 empresas usuarias de biotecnología. Es decir, se precisarían 90 empresas más (de nueva creación o ya existentes) usuarias de la biotecnología, además de las 18 empresas que ya lo son, para poder realizar el gasto de I+D+i resultante del escenario considerando el gasto medio en I+D+i en biotecnología de las empresas en Asturias.

| <b>Evaluación de escenarios para Asturias</b>                   |                       |   |                                     |
|---|-----------------------|---|-------------------------------------|
|   | <b>Situación 2007</b> | <b>Escenario<br/>“Línea de<br/>tendencia”</b> | <b>Escenario<br/>“Punto neutro”</b> |
| <b>% gasto I+D+i de Asturias sobre el total I+D+i de España</b> | <b>1,08%</b>          | <b>1,08%</b>                                  | <b>2,36%</b>                        |
| Gasto I+D+i Asturias (miles de €)                               | 12.127                | 12.127  | 26.507                              |
| <b>- % realizado por empresas</b>                               | <b>12,16%</b>         | <b>27%</b>                                    | <b>33,5%</b>                        |
| - Gasto I+D+i realizado por empresas de (miles de €)            | 1.475                 | 3.274,3                                       | 8.880                               |
| - Número de empresas  | 18                    | 40  | 108                                 |
| <b>- % realizado por entidades públicas</b>                     | <b>87,84%</b>         | <b>73%</b>                                    | <b>66,5%</b>                        |
| - Gasto realizado por ent. públicas (miles de €)                | 10.652                | 8.852,7                                       | 17.627                              |

Una segunda alternativa para Asturias, algo menos exigente, consistiría en dar prioridad a aumentar

el porcentaje de participación de las empresas en el gasto de I+D+i hasta un porcentaje adecuado, manteniendo el gasto total en I+D+i constante. Es decir, equivaldría a que Asturias progresara en el gráfico verticalmente hacia arriba hasta alcanzar un punto significativo ¿cuál?; precisamente el situado en el corte con la denominada “línea de tendencia”, lo que ocurre en el punto (-1,28%, 27%). Esta alternativa se representa en el gráfico por la flecha continua de color gris que parte de Asturias y llega a la “línea de tendencia”. En el cuadro anterior se proporciona también la evaluación del escenario correspondiente al punto de corte vertical con la “línea de tendencia” para Asturias, para el año 2007. Los datos son algo más asumibles, ya que el número de empresas usuarias de la biotecnología que se hubieran necesitado en 2007 hubiera sido del orden de 40, es decir, algo más del doble de las existentes. Lo más notable es que Asturias, en este escenario, hubiera “mejorado” su posición en la “carrera del I+D+i” sin necesidad de incrementar su gasto total.

Respecto de los puestos de trabajo que pudieran crearse, los ratios de 2007 indican que, por término medio, en España, cada millón de Euros de gasto en I+D+i realizado por las empresas usuarias de biotecnología está sustentado por 275 puestos de trabajo, de los cuales, unos 14 son puestos de I+D+i (8 investigadores y 6 auxiliares). Análogamente, pueden establecerse ratios para las entidades públicas. Sería atrevido estimar los puestos de trabajo en Asturias en base únicamente a los ratios anteriores y a las cifras de I+D+i correspondientes al escenario que se elija; se precisaría, además, hacer algunas otras consideraciones, que exceden del ámbito de este documento.

Pasando de los términos puramente aritméticos al terreno práctico, el razonamiento anterior se traduciría en **la recomendación de que el desarrollo de la biotecnología en Asturias se realice prioritariamente incrementando el número de empresas usuarias de biotecnología**, de este modo se aumentaría el porcentaje de participación de las empresas asturianas en el gasto en I+D+i en biotecnología de la región. Para ello se recomienda:

- Estimular proyectos de I+D+i de innovación biotecnológica en las empresas ya existentes en los sectores relacionados con la biotecnología (forestal, agricultura, ganadería, sanidad y reproducción animal, sanidad humana, agroalimentarias, químicas/farmacéuticas, informáticas, energía, medio-ambiente, etc)
- Transferir o externalizar servicios o actividades biotecnológicas prestados por entidades públicas a empresas privadas, existentes o de nueva creación, siempre que sea aconsejable y factible.
- Favorecer la creación de nuevas empresas usuarias de biotecnología
  - “spin-offs” desde el sector público
  - empresas tuteladas por la incubadora de bioempresas
  - captación para Asturias de empresas de biotecnología de nueva creación, dando facilidades para su establecimiento en la región,

Teniendo en cuenta la “transversalidad” de la biotecnología, la importancia que tiene para el desarrollo de un nuevo modelo de crecimiento económico y la complejidad para el aprovechamiento de las oportunidades que ofrece, debido a que se presentan en múltiples sectores y actividades, sería muy recomendable que el Gobierno del Principado de Asturias contara con algún tipo de **“estrategia” y/o “plan” para el desarrollo de la Biotecnología**. De otro modo sería muy azarosa la transformación de las oportunidades potenciales en realidades, al estar muy dispersas en un elevado número de organizaciones, clusters, sectores y empresas, cada uno de ellos con sus propios objetivos y planes, muchas veces contrapuestos.

Por último, subrayar que, para el desarrollo industrial de la biotecnología, Asturias cuenta con cierta fortaleza biotecnológica en el sector público y también con algunas empresas privadas relevantes. **Contando con semejantes fortalezas, Asturias no puede permitirse el lujo de desaprovechar el**

**impulso económico que supondría el desarrollo de la actividad industrial de la biotecnología.** Asturias debería intentarlo, al menos con el mismo empeño y tesón que lo hace con otros sectores.

## 5.- Bibliografía

- (1).- The BioEconomic Summit  
Santa Clara, CA  
June 25, 2009  
Web page  
<http://www.baybio.org/institute/wt/open/BioEconomy-Summit>
- (2).- I Congreso ibérico de biología y sociedad  
“bio<sup>3</sup>- biología, biotecnología, bioeconomía”  
I Foro Iberoamericano de Bioeconomía  
<http://www.cobextremadura.es/>
- (3).- OECD  
**The bioeconomy to 2030. Designing a policy agenda**  
2009  
ISBN-978-92-64-03853-0  
<http://browse.oecdbookshop.org/oecd/pdfs/browseit/0309041E.PDF>
- (4).- agrodigital.com  
**Biotecnología agraria – Informe USDA sobre la situación en la UE**  
25/11/2008  
<http://www.agrodigital.com/PIArtStd.asp?CodArt=60665>
- (5).- INE (Instituto Nacional de Estadística)  
<http://www.ine.es/>  
> INEbase > Ciencia y tecnología > Investigación y desarrollo tecnológico ...  
... > Estadísticas sobre actividades de I+D > Uso de la biotecnología Año 2007 y Año 2006  
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=/t14/p057/bio/2007&file=pcaxis>
- (6).- Asociación Española de Bioempresas (ASEBIO)  
**Informe anual 2008**  
Junio 2009  
<http://www.asebio.com/publicaciones/index.cfm?pub=2>
- (7).- ALITER Escuela internacional de negocios  
**Anuario de biotecnología en España 2008-2009**  
9/03/2009  
<http://www.aliter.org/>
- (8).- INE (Instituto Nacional de Estadística)  
<http://www.ine.es/>  
> INEbase > Demografía y población: Estimaciones y proyecciones > Estimaciones de la población actual > Resultados detallados serie 2002:2009 > Población por comunidad autónoma, sexo y edad  
<http://www.ine.es/jaxiBD/tabla.do?per=01&type=db&divi=EPOB&idtab=4>
- (9).- USDA Foreign Agricultural Service  
GAIN (Global Agriculture Information Network) Report  
**EU-27 Biotechnology Annual 2008**  
<http://www.fas.usda.gov/gainfiles/200810/146296234.pdf>
- (10).- BOPA (Boletín oficial del Principado de Asturias) nº 155  
**Bases reguladoras de la convocatoria de la investigación en empresas**  
Bases de las convocatorias públicas de ayudas a empresas para la ejecución de proyectos de I+D+i, financiadas dentro del marco del programa operativo FEDER del Principado de Asturias 2007-2013  
6/7/2009  
<http://www.ficyt.es/pri/docs/BasesReguladorasIE.pdf>
- (11).- BOPA (Boletín oficial del Principado de Asturias) nº 169  
**Bases de la convocatoria de Investigación en empresas 2009**  
**Convocatoria pública de ayudas a empresas para la ejecución de proyectos de I+D+i en el Principado de Asturias durante el periodo 2009-2012 cofinanciadas dentro del programa operativo FEDER del**

**Principado de Asturias 2007-2013**

[22/07/2009](#)

<http://www.ficyt.es/pri/docs/BasesIE09.pdf>

- (12).- BOPA (Boletín Oficial del Principado de Asturias) nº 48  
**Convocatoria pública de ayudas para la adquisición de equipamiento científico-tecnológico durante el año 2009 cofinanciadas dentro del programa operativo FEDR del Principado de Asturias 2007-2013**  
27/02/2009  
<http://www.ficyt.es/pri/docs/BasesEquipamiento09.pdf>
- (13).- BOPA (Boletín Oficial del Principado de Asturias) nº 60  
**Convocatoria pública de concesión de ayudas para la celebración de congresos y reuniones científicas durante el año 2009**  
13/03/2009  
<http://www.ficyt.es/pri/docs/convocatoriaincongresos2009.pdf>
- (14).- **Página web del “Plan Nacional de ciencia y tecnología 2008-2011”**  
<http://www.plannacionalidi.es/plan-idi-public/>
- (15).- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)  
**Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica 2008 – 2011**  
Diciembre 2007  
[http://www.plannacionalidi.es/plan-idi-public/documentos/plan\\_nacional\\_08-11.pdf](http://www.plannacionalidi.es/plan-idi-public/documentos/plan_nacional_08-11.pdf)
- (16).- IDEPA  
**Plan de actividades del IDEPA 2009**  
[http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria\\_descargas\\_idepa/Plan\\_Actividades\\_2009.pdf](http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria_descargas_idepa/Plan_Actividades_2009.pdf)
- (17).- IDEPA  
**[Página principal](#) > **[Productos de información](#)** > **[Flash sectorial](#)**  
<http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/productos/flashsectorial/>**
- (18).- IDEPA  
**[Página principal](#) > **[Servicios a empresas](#)** > **[Innovación](#)** > **[Clusters](#)**  
[http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/servicios/innovacion/clusters/index.jsp?  
csection=2&section=2&pos1=4&pos2=11&pos3=1](http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/servicios/innovacion/clusters/index.jsp?csection=2&section=2&pos1=4&pos2=11&pos3=1)**
- (19).- IDEPA  
**Pliego de prescripciones técnicas que han de regir la contratación del servicio para la elaboración del "Plan estratégico para el periodo 2009-2012 del cluster de la industria agroalimentaria del rincipado de Asturias" (Expte.: C/033/2008)**  
[http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria\\_descargas\\_idepa/03308\\_P.P.Tecnicas.pdf](http://www.idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria_descargas_idepa/03308_P.P.Tecnicas.pdf)
- (20).- lne.es  
El plan «Urban» echa a andar con la licitación de obras en Ventanielles y La Corredoria  
[25/03/2009](#)  
[http://www.lne.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2009032500\\_31\\_738933\\_\\_Oviedo-plan-Urban-echa-andar-licitacion-obras-Ventanielles-Corredoria](http://www.lne.es/secciones/noticia.jsp?pRef=2009032500_31_738933__Oviedo-plan-Urban-echa-andar-licitacion-obras-Ventanielles-Corredoria)

# ANEXO

## Estado actual de la biotecnología, según la OCDE

Extracto del capítulo titulado “The State of the Bioeconomy today” del informe “The bioeconomy to 2030 – Designing a policy agenda” recientemente publicado por la OCDE [3]

### 1.- Biotecnología verde (o vegetal)

#### Agricultura

- Desarrollo de semillas -hasta ahora, algodón, maíz, soja y colza- obtenidas mediante MG (Modificación Genética) , o por otros medios, para conseguir alguna o varias de las características siguientes:
  - tolerancia a los herbicidas,
  - resistencia a las plagas,
  - mejora del rendimiento mediante una mayor tolerancia a la sequía, salinidad del agua, el frío, etc., mejor calidad, aspecto, olor, sabor
  - mejora de la calidad, por ejemplo: color o sabor, valor nutricional (contenido de almidón o grasas), o contenidos de valor farmacéutico o industrial
  - mejores características de interés biotecnológico

#### Forestal

- El desarrollo de plantas MG está mucho más retrasado, debido a la mayor complejidad genética de los árboles y al mayor tiempo de crecimiento requerido. Por el momento únicamente hay plantaciones de chopo en China. Las características buscadas para las plantas MG de aplicación forestales son:
  - maderas que reduzcan el coste de la fabricación de papel
  - árboles de rápido crecimiento, para construcción, fabricación de pulpa de papel o papel, y también para producción de biocombustibles.

#### Diagnóstico de enfermedades y plagas

- En la actualidad se dispone de diagnósticos para la mayoría de las enfermedades, casi mil, de las cuales, el 90% están producidas por virus, hongos o bacterias; la mayoría de las pruebas tienen que ser realizados en laboratorios especializados por personal cualificado. El objetivo de muchas de las investigaciones actuales es el desarrollo de “kits” de diagnóstico de uso fácil para poder realizar los ensayos en tiempo-real, en el campo, por personal no especializado.

### 2.- Biotecnología roja (o animal)

#### Salud y mejora animal

- Reproducción animal.
  - La aplicación biotecnológica más difundida es el MAS (marker-assisted selection) con el fin de mejorar la precisión y velocidad de los programas de reproducción. Se utiliza con ganado (cerdos y otros) y con peces. En la acuicultura europea, las variedades MAS representan el 15% de la facturación de los criaderos (el 30% en los de trucha y salmón, y un 10% en los de ostras).
  - La I+D+i de animales MG busca mejorar las características nutricionales de productos como la leche o la carne, o disminuir el impacto de los residuos de la cría animal a gran escala; en peces, se pretende acelerar el crecimiento o la resistencia al frío, a los virus y a las bacterias.
- Clonación.
  - Todavía es cara y sus aplicaciones están en fase experimental
- Diagnóstico y tratamiento de enfermedades (solamente unos pocos biomedicamentos y biovacunas han sido aprobados para uso animal)
  - El desarrollo de productos para diagnóstico animal se basa en los test genéticos o inmunológicos desarrollados para para la salud humana, con ligeras variaciones. Hay dos mercados: el de los animales de compañía (mascotas), que es el que más gasta por cabeza y el de los animales de granja. La biotecnología ha proporcionado también varios diagnósticos para la acuicultura que utilizan el ADN para detectar virus patógenos en peces y crustáceos.
  - En 2007, se disponía de 160 kits de diagnóstico veterinario, 39 de los cuales basados en biotecnología, capaces de detectar 57 enfermedades, pero solamente 26 de las 91 señaladas por la OIE como de consecuencias socio-económicas o sanitarias serias.
  - Otras aplicaciones
    - Identificación por el ADN de peces, para seguimiento, control y gestión de especies

migratorias, a fin de regular su pesca, o para determinar los factores que mejoran la supervivencia de ejemplares de especies salvajes reproducidos en criaderos y puestos en libertad

- Aplicaciones biotecnológicas para la mejora de los insectos polinizadores (en fase de investigación). El objetivo es reducir la viabilidad reproductiva de los insectos perjudiciales y mejorar la resistencia a enfermedades y plagas de los insectos valiosos como polinizadores.

### Salud humana

- Terapias, que pueden ser agrupadas en tres grupos
  - Fármacos: anticuerpos monoclonales, proteínas recombinantes, aminoácidos, vacunas y hormonas, producidos por microorganismos o por células de organismos superiores o por OMG vegetales
  - Tratamiento experimentales (con muy pocos productos en el mercado todavía): ingeniería de tejidos, investigación basada en células madre, vacunas terapéuticas específicas para atacar células tumorales, terapias gen/antisense/ARNi que manipulan los genes y sus funciones
  - Fármacos de molécula pequeña, normalmente producidos por síntesis química. La biotecnología puede usarse en investigación pre-clínica, para suministrar los medios para determinar nuevos objetivos terapéuticos en la exploración de nuevas moléculas candidatas para medicamentos. La biotecnología recombinante o la ingeniería de rutas metabólicas pueden utilizarse para fabricar precursores y formas quirales de medicamentos de molécula pequeña, así como para obtener medicamentos que no pueden ser sintetizados debido a su elevado coste.
- Tests de diagnóstico
  - los tests de diagnóstico biotecnológico se utilizan tanto para diagnóstico de enfermedades genéticas como no genéticas. Pueden ser “in vivo” o “in vitro”.
    - Los tests “in-vivo”, la mayoría para el diagnóstico de cáncer, tienen una presencia en el mercado muy baja, ya que son muy poco numerosos debido a la dificultad de los ensayos clínicos (solamente 13 han sido aprobados y 11 están en desarrollo o en ensayo clínico)
    - Los test “in vitro”, por el contrario, son muy numerosos. Su cuota del mercado mundial de productos biotecnológicos es del 30%.
  - los test “in vitro” son de dos tipos básicamente: inmunológicos y genéticos
    - Los tests inmunológicos se basan en la especificidad de un anticuerpo para combinarse con una molécula objetivo. Se han generado anticuerpos específicos para una amplia gama de moléculas; son utilizados para detectar signos de enfermedades o de sustancias extrañas en sangre y orina. Un popular test inmunológico para diagnosticar el embarazo utiliza mAbs (anticuerpos monoclonales) para detectar la presencia de una determinada hormona en la orina de la mujer.
    - Los tests genéticos pueden identificar genes específicos y determinar la presencia o ausencia de mutaciones o cambios en el material genético de un individuo. Se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones como la selección de embriones durante la fertilización “in vitro” previa a su implantación; la exploración de fetos, niños o adultos para determinar el perfil personal de riesgo de sufrir determinadas enfermedades, de pasar por ciertas condiciones médicas o, incluso, para detectar agentes infecciosos como el virus del papiloma humano. Los tests genéticos tienen cada vez mayor capacidad para explorar varios genes simultáneamente, por ejemplo, un test de siete genes se utiliza ya para evaluar el riesgo de cáncer de mama.
    - La página web de GeneTest tiene catalogados cerca de 1.600 enfermedades con test genéticos disponibles, muchos de ellos específicos para enfermedades raras; otros tests evalúan factores genéticos de riesgo de sufrir enfermedades relativamente comunes como cáncer, SIDA/VIH o anemia.
- Farmacogenética
  - La farmacogenética se basa en la forma en que los fármacos y los genes interactúan. Solamente un pequeño número de fármacos han sido aprobados; están orientados a individuos con unas características genéticas muy específicas. Estos fármacos son utilizados en la práctica clínica con tres propósitos:
    - para identificar individuos que responden o no a un tratamiento
    - para ayudar a establecer la dosificación para los individuos que responden al tratamiento
    - para identificar la susceptibilidad de reacciones adversas a los fármacos y la posible exclusión de ciertos pacientes de los tratamientos
  - En el límite, la farmacogenómica y la farmacogenética pueden conducir hacia una medicina personalizada, en la que los tipos de fármacos y dosificación dependen del perfil genético del individuo.
  - La farmacogenética requiere biomarcadores genómicos validados. Hasta la fecha la FDA ha

identificado 27 marcadores, validados para 25 fármacos

- Alimentos funcionales y nutracéutica
  - Un alimento funcional es similar al alimento convencional, pero conteniendo componentes bioactivos beneficiosos para algún propósito; un nutracéutico es un producto extraído de los alimentos, de las plantas o de las algas marinas, que se vende en forma de medicamento, y que es capaz de producir un beneficio fisiológico o cierta protección contra alguna enfermedad crónica
  - Algunos nutracéuticos, como los aceites de pescado, o alimentos funcionales con nutrientes o vitaminas añadidos son utilizados desde antiguo; han sido y son elaborados sin recurrir a la biotecnología
  - La biotecnología se utiliza para producir y seleccionar plantas o animales con niveles incrementados de ciertos nutrientes o componentes funcionales. Estos alimentos pueden ser consumidos directamente o ser utilizados para extraer los componentes para su uso posterior. No hay datos de la cuota de mercado de estos alimentos y productos biotecnológicos, pero se presume muy baja, ya que en los países desarrollados con dieta diversificada no hay gran necesidad para este tipo de productos; no obstante los consumidores pueden aceptar pagar un sobreprecio si creen que son beneficiosos para la salud
  - Algunos alimentos funcionales biotecnológicos son: leche con vitamina D, pan con ácido fólico añadido, alimentos con grasas mejoradas o tomates con mayor nivel de antioxidantes
- Dispositivos médicos
  - Comprenden equipamiento e instrumentos quirúrgicos para diagnóstico “in vitro”, o ingeniería de tejidos, o biosensores que utilizan proteínas para detectar moléculas, o biosensores enzimáticos de larga duración por ejemplo los utilizados con las bombas de insulina para monitorizar el nivel de azúcar en sangre.

### 3.- Biotecnología blanca (o industrial)

#### Fabricación de productos químicos

- En muchos casos los procesos biotecnológicos compiten con otros métodos de producción, como la síntesis química tradicional. La biotecnología puede ser utilizada para
  - producción masiva de ciertos productos, con bajo precio y margen, como son algunos ácidos orgánicos (3 millones de toneladas/año)
  - para producciones más cortas de productos más selectos, con altos precios y márgenes, como son enzimas, solventes, aminoácidos, ácidos orgánicos, vitaminas, antibióticos y biopolímeros; estos productos suelen ser utilizados en la fabricación de medicamentos
  - biocarburantes,
- Los procesos biotecnológicos pueden sustituir uno o más pasos dentro del proceso de síntesis con ciertas ventajas como pudieran ser condiciones de producción menos estrictas (baja temperatura y presión, PH menos agresivo), menor consumo de energía, menos residuos, menor impacto ambiental). A pesar de ello, el uso de la biotecnología en la producción química es muy bajo debido tanto a los altos costes de enzimas y biorreactores, como a los costes necesarios para la modificación de las instalaciones existentes para su adaptación a los procesos biotecnológicos. Por todo ello, la USDA estima que en 2005 los procesos biotecnológicos produjeron sólamante el 1,77% de la producción química mundial, estimada en 1,2 billones de \$. Las investigaciones actuales buscan reducir los costes de los procesos biotecnológicos

#### Producción de biomateriales

- Los biomateriales más importantes hasta la fecha, además de los biomateriales clásicos, como la madera o el algodón, son los bioplásticos obtenidos a partir de biopolímeros. Actualmente la investigación se centra más en los bioplásticos biodegradables que en los no biodegradables.
- Los biopolímeros más utilizados en la fabricación de bioplásticos son (de mayor a menor avance técnico): polisacáridos, poliuretanos, poliésteres y poliamidas (nylons)
- Algunas plantas MG podrían proporcionar ciertos componentes útiles en la obtención de biopolímeros. Por ejemplo, cierta hierba que crece en las praderas de EE.UU. (*panicum virgatum*, o switch-grass), es capaz de producir el 3,7% de su peso en PHB (un tipo de poliéster), pero se requeriría un 5% como mínimo para que resultara rentable.
- La producción estimada de biopolímeros en EE.UU. para 2008 es de 225.000 toneladas. A pesar de ello, esta cantidad representa una cantidad pequeñísima de la producción total de biopolímeros (en 2003, en Japón, representó en 0,07% de la producción, y en la UE es prácticamente nula)

#### Enzimas industriales

- Alimentos, bebidas y piensos
  - Las encimas se utilizan habitualmente en la fabricación de alimentos y bebidas (quesos, pan, bebidas

fermentadas). La utilización de micro organismos MG en la producción de enzimas mejora la eficiencia del proceso. Se utilizan MAS y selección de alta capacidad para seleccionar los micro organismos capaces de producir enzimas específicas o para optimizar el proceso de producción de enzimas.

- En alimentación animal, algunas encimas mejoran la digestibilidad y asimilación de ciertos componentes. Por ejemplo, la enzima fitasa, añadida a los piensos descompone la fitasa de los alimentos liberando el fosfato; de este modo se mejora la asimilación de fósforo por el animal y reduce la emisión de fósforo al medio ambiente, disminuyendo así la contaminación del agua
- Detergentes, tejidos, pulpa y papel
  - La utilización de enzimas en los detergentes se viene haciendo desde 1930; proporcionan muchas ventajas, tales como mejor rendimiento, menor consumo de energía y agua en el lavado debido a la utilización de bajas temperaturas, menor impacto medioambiental al reducir el vertido de subproductos perjudiciales.
  - En la industria textil, las enzimas fueron rápidamente utilizadas para eliminar el almidón y las impurezas, como la cera, del algodón, entre otras utilidades.
  - En la industria papelera (pulpa y papel) las enzimas se utilizan desde hace dos décadas, para modificar el almidón en la fabricación de papeles satinados, y para descomponer la lignina a fin de reducir el uso de blanqueadores. También se utilizan para reducir la brea, que puede crear agujeros en el papel y producir alteraciones en la maquinaria de producción; y para facilitar el reciclado del papel, eliminando residuos pegajosos y mejorando el proceso de destintado.

### **Aplicaciones medioambientales**

- Biorremediación. Se utilizan micro-organismos para reducir, eliminar, contener o transformar en productos benignos los contaminantes presentes en el suelo, sedimentos, agua o aire. El I+D+i actual se centra en mejorar la capacidad y resistencia (a las toxinas y metales) de los micro organismos para neutralizar los contaminantes, dada la complejidad y variedad de los mismos, las condiciones extremas de los lugares que requieren biorremediación.
- Biosensores. Son dispositivos que utilizan un agente biológico inmovilizado (enzima, antibiótico, orgánulo, o una célula completa) para detectar o medir un compuesto químico. Las actividades de I+D+i y de producción de biosensores es muy reducida por ahora.

### **Bioteología en las actividades extractivas**

- La bioteología puede ser utilizada en la obtención de minerales metálicos, y también para mejorar la extracción de petróleo. Por ahora, la actividades de I+D+i y comerciales son muy limitadas.
- La bioteología utiliza bacterias para obtener metales, principalmente oro y cobre, de los minerales; otra técnica es la bio-oxidación, que utiliza bacteria para liberar metales encapsulados. Las tasas de recuperación de metales pueden llegar al 85-95%, en el caso del oro, muy superiores al 15-30% de tasas de recuperación tradicionales. Las ventajas son: requerimientos bajos de inversión, consumo de energía, cualificación de los operarios, utilizable en lugares remotos.
- En extracción de petróleo, la tecnología MEOR (Microbial enhanced oil recovery) utilizan micro-organismos para producir ácidos grasos que fluidifican el petróleo contenido en las rocas porosas y aumentan la presión, facilitando su extracción. La tasa de recuperación por este método puede llegar al 80%, en lugar del 15-50% tradicional. En la actualidad se está utilizando en varios campos de pequeña escala, en los que la tecnología es competitiva.
- Hasta ahora, los micro-organismos utilizados en metalurgia y en extracción de petróleo son de origen natural. No hay información de que se estén utilizando técnicas de bioteología para modificar los micro-organismos para hacerlos más eficaces.

### **Biorrefinerías y biocombustibles**

- Una biorrefinería es una factoría que integra procesos de conversión de biomasa y equipos para producir carburantes, electricidad y productos químicos a partir de biomasa, de forma análoga a las refinerías de petróleo.
- Muchas industrias tradicionales ya usan biomasa para producir ciertos productos (papel, alimentos, aditivos) sin recurrir a modernas técnicas de bioteología, y generan electricidad a partir de los residuos. Esto ocurre también con la producción de bioetanol de caña de azúcar, que se basa en un proceso de fermentación tradicional, quemando luego los residuos para producir electricidad. Un buen número de biorrefinería más modernas utilizan la enzima amilasa para descomponer el almidón en azúcares para su posterior fermentación y producción de etanol.
- Las biorrefinerías pueden producir, además de biocarburantes, alimentos o piensos, y una amplia gama de plásticos y de productos químicos. Las nuevas refinerías se están diseñando para utilizar biomasa no alimentaria o sus residuos, como hierbas, residuos agrícolas, microalgas o algas marinas
- En EE.UU, al 1 de enero de 2009, había 172 biorrefinerías de etanol, con una capacidad de producción de 40

mil millones de litros, equivalente al 4,5% del consumo de gasolinas.

#### **Variedades de cultivos para biocarburantes**

- La biotecnología puede reducir el coste de los biocarburantes incrementando el rendimiento de las plantas, la resistencia a factores adversos, disminuyendo el uso de pesticidas, etc. No obstante la cuota de I+D+i en biocarburantes dedicada a investigar nuevas variedades de plantas es bastante reducida (sólo el 5% del total de patentes de biocarburante de 2007 fueron de nuevas variedades de plantas).
- En la producción de biocarburantes, además la utilización de maíz, soja y colza, se están investigando hierbas, madera y biomasa de bosques en general que pueden producir biocarburantes y otros productos por fermentación celulósica. La principal dificultad es la eliminación de la lignina de la biomasa para liberar la celulosa para su fermentación, lo cual conduce las investigaciones hacia la producción de variedades bajas en lignina.
- La jatrofa de la India y el sorgo dulce de China son también plantas potencialmente útiles para la producción de biocarburantes.
- La producción en masa de biocarburantes ha hecho surgir la preocupación por el impacto en el medio ambiente y en el precio de los alimentos. Esto ha conducido el interés de las investigaciones biotecnológicas hacia la fermentación celulósica y hacia el uso de microbios en la producción de biocarburantes. Las técnicas de ingeniería de rutas metabólicas y de biología sintética para el diseño microbios pueden producir un amplio rango de potenciales biocombustibles y productos.