



asado, Presente y Futuro de la Biotecnología

Edison ■ Gil

Desde su aparición sobre la tierra, hace más de 700.000 años, el hombre ha ido acumulando conocimientos que le han permitido entender su medio circundante y transformarlo de acuerdo con sus necesidades. Esta acumulación de conocimientos, que se ha denominado ciencia, ha evolucionado con el tiempo, en la forma de generar conocimiento, actualmente se fundamenta en la experimentación y comprobación, y ha dado origen a lo que hoy en día se denomina ***Ciencia Moderna***.

Paralelamente a la ciencia, surge la técnica, considerada como el conjunto de procedimientos y medios empleados en la actividad

Edison Gil. M.Sc en Ingeniería Química. Departamento de Ingeniería de Procesos. Universidad EAFIT.
E-mail: egil@sigma.eafit.edu.co

productiva. Desde el punto de vista de su origen, no existen diferencias entre las dos, por cuanto el conocimiento, en la época primitiva estaba ligado a la sobrevivencia del hombre. Sin embargo, con el tiempo, el conocer la naturaleza y sus leyes alejaron a los científicos de la producción y su conocimiento se agrupó en lo que se denomina **Ciencia**, diferenciándolo del que llevaba a la producción de bienes y servicios y se reunió en lo que se denomino la técnica. Este trabajo independiente se dio por muchos siglos, hasta que ha raíz de la revolución industrial, a finales del siglo XVIII, se logran reunir de nuevo para dar origen a la tecnología, cuyo objetivo es el de relacionar los conocimientos de la ciencia con los de la industria para lograr la creación y modificación de los procedimientos y herramientas empleadas en la producción.

Desde entonces, los grandes inventos y cambios dados en las industrias, no han quedado solamente supeditados a las ideas espontáneas y brillantes de algunas personas, sino también de estudios sistemáticos que aprovechan los conocimientos generados por las ciencias básicas y las experiencias obtenidas de las industrias. Este nuevo enfoque metodológico ha dividido la técnica en dos épocas: La preingenieril o la técnica y la ingenieril o tecnología.

Ejemplos de esta última son los adelantos de la industria química en el siglo XIX, gracias a los descubrimientos de las leyes de la termodinámica y de acción de las masas; o los grandes inventos de Thomas Alva Edison, aprovechando descubrimientos de científicos como Ohm, Faraday y Joule entre otros.

En 1960, surge una nueva palabra que trata de relacionar los adelantos científicos de la biología celular (animal, vegetal, microorganismos, proteínas) con la industria y es la **Biotecnología**. Son muchas las definiciones que existen de biotecnología, pero la que ha mi parecer mejor se ajusta a la luz de los nuevos descubrimientos es: "La aplicación de moléculas de proteínas, de origen animal, microbial o sintéticas, en la producción de bienes y servicios integrada con los conocimientos de ciencias como biología, ingeniería química, microbiología, bioquímica, entre otras".

Aunque sólo hasta ahora se hace énfasis en la relación de la biología con la producción, ya desde la época del confitero parisiense APPERT en 1811, que utilizaba el calor para conservar alimentos, se observó que el conocimiento industrial podría ser utilizado para aclarar algunas dudas científicas y que aquel podía enriquecerse con los adelantos de las ciencias. La controversia entre sabios como NEEDHAM y SPALLANZAI, sobre la generación espontánea, el descubrimiento por parte de PASTEUR, de la presencia de microbios en el agua y en el aire, se fundamentaron en la práctica industrial de APPERT para comprobar sus hipótesis. Posteriormente estos desarrollos regresaron a la industria a través de las técnicas de desinfección y esterilización.

1. AVANCES EN LA BIOTECNOLOGÍA

¿Cuáles han sido los grandes avances en la biología que han llevado a la biotecnología a ser considerada, junto con la microelectrónica y la ciencia de los materiales, como las tecnologías sobre las cuales se soportará el desarrollo del siglo XXI?

Los inicios podemos situarlos en los trabajos de Gay Lussac en 1815 sobre la fermentación etanólica, enriquecidos en 1860 por PASTEUR con el descubrimiento de los microorganismos y la vacuna contra la rabia. Posteriormente, en 1882, con KOCH quien descubrió el bacilo de la tuberculosis y la coloración diferencial de bacterias; los trabajos de TYNDAL que permitieron descubrir las esporas y otros investigadores que en esa época aislaron un gran número de microorganismos que posteriormente sirvieron de base a desarrollos industriales en el campo de la fermentación.

Un aporte trascendental se dio al descubrir los principios de la bioquímica, de la enzimología microbiana y la biología molecular. Los trabajos de MICHER en 1888 permitieron descubrir los ácidos nucleicos, BUCHNER en 1897 descubrió la función de las enzimas en las fermentaciones, STANLEY descubrió en 1935 los virus, WATSON y CRICK presentaron el esquema de conformación espacial del ADN en 1953, CARLSON expuso su teoría de los genes en 1966 y en 1973 STANLEY y BOYER, de la Universidad de Stanford y California respectivamente, lograron llegar a la cima de la genética microbiana, al trasladar parte de la información genética almacenada en el ADN de una bacteria a otra. Este descubrimiento, permitió hacer modificaciones directas a una célula, aceleró la posibilidad de modificar y expresar los cambios del ADN, reemplazando en gran medida técnicas de radiación o mutación químicas empleadas

anteriormente. Es aquí donde los seres humanos han visto la posibilidad de utilizar estos conocimientos en la producción de bienes y servicios dándole un gran desarrollo a la biotecnología.

A menudo durante discusiones entre biólogos e ingenieros surge la suposición optimista de que el desarrollo futuro de las industrias de procesos bioquímicos seguirá, en gran medida, al de las industrias de procesos

químicos. En tales afirmaciones está implícita la hipótesis de que el ingeniero bioquímico debe jugar en tal desarrollo un papel similar al que ha realizado el ingeniero químico en la industria de procesos químicos. Al ingeniero bioquímico le concierne la investigación, el desarrollo, el diseño, la

construcción y el funcionamiento de los procesos que incluyen materiales biológicos; la producción de alimentos, bebidas, compuestos medicinales, la depuración de aguas residuales y control ambiental entre otros. El ingeniero bioquímico requiere de sólidos conocimientos en ciencias biológicas (bioquímica y microbiología), ciencias físicas (química y física), matemáticas e ingeniería química.

2. ¿DESDE CUÁNDO SE PRODUCEN BIENES Y SERVICIOS A PARTIR DE LAS ENZIMAS?

Si observamos a nuestro alrededor, comprobamos que las enzimas a través de las células han originado grandes cambios sobre

En 1960, surge una nueva palabra que trata de relacionar los adelantos científicos de la biología celular (animal, vegetal, microorganismos, proteínas) con la industria y es la Biotecnología. Son muchas las definiciones que existen de biotecnología, pero la que ha mi parecer mejor se ajusta a la luz de los nuevos descubrimientos es: "La aplicación de moléculas de proteínas, de origen animal, microbial o sintéticas, en la producción de bienes y servicios integrada con los conocimientos de ciencias como biología, ingeniería química, microbiología, bioquímica, entre otras".

la tierra. El oxígeno del aire, se originó probablemente por transformación biológica de compuestos oxigenados. Las plantas y animales dieron origen por transformación microbiana al petróleo, los grandes yacimientos de caliza y las islas coralinas son formaciones de residuos de seres vivos; las tierras arables y productoras lo son gracias a los seres que han transformado su composición haciéndolas más ricas en nutrientes (el humus posee aproximadamente una tonelada de bacterias por hectárea). Los hombres de las cavernas almacenaban carne para mejorar su sabor y producían bebidas alcohólicas de granos y frutos. Durante las diferentes civilizaciones desarrolladas en el período A.C., se fabricaba queso y yogur a partir de leche, se producían salsas a partir de semillas y se coció pan. También durante este tiempo, se produjo vino de fruta y la elaboración de la cerveza reunía las características propias de una ocupación profesional. Es difícil o imposible encontrar un lugar sobre el planeta en el cual los seres vivos no hayan tenido influencia. Aún en las aguas termales, donde se encuentran altas temperaturas, existen microorganismos que transforman compuestos de azufre; o en las profundidades marinas, donde no llega la energía solar, existen altas presiones y concentraciones de sales, se encuentran bacterias que transforman la materia orgánica en proteína y residuos solubles. Estos son algunos de los ejemplos que muestran el gran potencial de la biología. Son muchas las sustancias que se han producido y pueden producirse empleando las enzimas. La tarea está en identificar los bienes a producir, las enzimas a emplear y los procesos que aceleran su producción y logran dar productos de alta calidad y rentabilidad.

En vista de la naturaleza prolífica de los microorganismos, hay aproximadamente 100 millones en cada gramo de suelo fértil, y su ubicuidad en la superficie de la tierra, sería realmente sorprendente que estos organismos no hubieran ejercido una influencia significativa en las actividades del hombre, incluso en ausencia del conocimiento de su misma existencia. El potencial de los microorganismos implica una habilidad para lograr cualquier conversión que involucre compuestos orgánicos solubles en agua, por medio de complejas secuencias de reacciones catalizadas por enzimas.

3. ESTADO ACTUAL DE LA BIOTECNOLOGÍA

El desarrollo de la biotecnología se encuentra bajo el liderazgo de países con gran trayectoria investigativa en ciencias básicas como E.U., Japón, Alemania, Francia y Gran Bretaña, por cuanto, son los que cuentan con la infraestructura y experiencia necesaria para lograr que los conocimientos acumulados durante varios años puedan ser transferidos a la industria. Durante el primer semestre de 1985, por ejemplo, el 50% de las patentes adjudicadas en biotecnología correspondieron a E.U., 20% a Japón y el 30% restante a países como Alemania, Gran Bretaña, Hungría, Suiza y Holanda.

De otra parte, gracias a las implicaciones que la biotecnología ha tenido en todos los campos de la actividad humana, la labor investigativa y de implementación industrial se ha racionalizado dividiéndola en áreas de interés como:

- Área de la salud: Humana, vegetal y animal.
- Área de agricultura y cultivo de tejidos.
- Área de alimentos y bebidas.
- Área de productos químicos.
- Área energética.
- Área ambiental.
- Área metalúrgica.

Cada una de estas áreas con diferentes expectativas hacia el futuro inmediato. El área farmacéutica, por ejemplo, representa actualmente el 77% del mercado biotecnológico, contra 4.2% de la agricultura, representará a comienzos del próximo siglo el 45% del mercado, mientras la segunda se incrementará en un 46% aproximadamente.

El desarrollo de la biotecnología se encuentra bajo el liderazgo de países con gran trayectoria investigativa en ciencias básicas como E.U., Japón, Alemania, Francia y Gran Bretaña, por cuanto, son los que cuentan con la infraestructura y experiencia necesaria para lograr que los conocimientos acumulados durante varios años puedan ser transferidos a la industria.

4. ÁREA DE LA SALUD

Médica y Farmacéutica

En esta área se han dado grandes avances biotecnológicos en los últimos años. Sobresalen la producción industrial de insulina por células modificadas por ingeniería genética; producción de interferon y hormonas para el crecimiento; empleo de levaduras o bacterias para la generación de vacunas contra la hepatitis B, sustituyendo la sangre humana que presenta grandes riesgos. Se ha

producido el factor VIII o proteína de la sangre a partir de células clonadas de mamíferos. Vacunas contra enfermedades venéreas como gonorrea y cistitis están siendo probadas. La nueva técnica desarrollada por el investigador colombiano doctor Manuel Elkin Patarroyo para la producción de la vacuna contra la malaria, también podrá ser empleada para la producción de vacunas contra otras enfermedades que aquejan el mundo de la tuberculosis. En el Instituto Nacional de Salud, actualmente se viene trabajando en la síntesis y caracterización de diferentes vacunas, las cuales van a prestar grandes beneficios hacia la población humana y animal. Para los países del tercer mundo, se han considerado prioritarias 30 vacunas para humanos y 20 para animales, las cuales deben ser desarrolladas por métodos biotecnológicos.

Otro campo que tiene que ver con la salud es la producción de anticuerpos, los cuales son proteínas producidas por ciertas células del cuerpo y que son la base del sistema inmunológico de humanos y animales. Antes para su producción, se requería la contaminación de un animal que produjera el anticuerpo, pero ahora aprovechando la hibridación de células inmortales (mielomas o cancerosas) con células productoras de anticuerpos se pueden producir gran cantidad de éstos en corto tiempo, denominándose en ese caso "*Anticuerpos Monoclonados*". La propiedad de los anticuerpos de reaccionar contra antígenos específicos ha hecho que se utilicen como elementos de diagnóstico, los cuales facilitan la detección oportuna y económica de enfermedades infecciosas en animales, plantas y humanos.

Muchas de las enfermedades para las cuales se investigan la síntesis de vacunas, deben considerar la posibilidad de desarrollar kits de diagnóstico con anticuerpos monoclonales, para detectar su presencia. De acuerdo con Genetic Engineering News de 1993 (en Biotechnology Progress, 11, 1, 1995) en 1992 el mercado de anticuerpos en E.U. fue de U.S

\$600 millones y se espera que para el 2000 ascienda a U.S \$4 billones.

Algunas de las vacunas prioritarias para el tercer mundo se relacionan en la **Tabla 1** y en la **Tabla 2**. Se presentan algunas de las enfermedades o patógenos para los cuales se requiere desarrollar anticuerpos para diagnóstico o detección.

TABLA 1
Algunas de las vacunas prioritarias para el tercer mundo

ENFERMEDAD	ESTADO DE DESARROLLO	PRIORIDAD DE FONDOS
HUMANOS:		
Respiratoria bacterial	Falla	Alta
Dengue	Ningún desarrollo	Alta
Rabia	Resultados variables	Alta
Infección clamidial	Ningún desarrollo	Alta
Malaria	Baja protección	Alta
Leishmaniasis	Ningún desarrollo	Alta
Tuberculosis	Cuestionable	Alta
Meningitis	Buen desarrollo	Media
Hepatitis A	Ningún desarrollo	Media
Hepatitis B	Buen desarrollo	Baja
ANIMALES:		
Tuberculosis	Cuestionable	Alta
Rabia	Efecto variable	Media
Enfermedad de Newcastle	Poco desarrollo	Media
Encefalitis	Buen desarrollo	Baja
Brucelosis	Desarrollo mediano	Baja

* Priorities in Biotechnology Research for International Development, National Academy Press, Washinton, 1982.

TABLA 2

Enfermedades o patógenos para los cuales se debe desarrollar prioritariamente kits de diagnóstico con anticuerpos

SALUD HUMANA:

BACTERIAL: *Mycobacterium tuberculosis*, *Pneumococos*, *Salmonella*, hemophilus.

PROTOZOARIA: Ascariasis, amebiasis, schistosomiasis, toxoplasmosis.

VIRAL: Hepatitis B, Rabia, Herpes, Influenza.

SALUD ANIMAL:

BACTERIAL: Brucelosis, salmonelosis, tuberculosis bovina.

PROTOZOARIA: Babesiosis, coccidiosis.

VIRAL: Newcastle, diarrea bovina.

SALUD VEGETAL:

BACTERIAL: *Pseudomonas solanaceum* de la papa.

VIRUS: Virus de la papa, virus del mosaico del tabaco, virus de la tristeza cítrica, virus del mosaico de la yuca, virus del mosaico de la caña de azúcar, virus del arroz, virus del coco.

6. ÁREA DE LA AGRICULTURA Y CULTIVO DE TEJIDOS

En esta área la biotecnología tiene incidencia desde la adecuación de la tierra, la selección de la semilla, hasta la conservación de los cultivos y la cosecha. En ella gracias a la ingeniería genética y el cultivo de tejidos, se pueden lograr microorganismos que asimilan nitrógeno del aire, bacterias y hongos que transforman el material del suelo en nutrientes asimilables por las plantas, microorganismos que producen insecticidas o destruyen larvas, multiplicación asexual (duplicación) in vitro de células de grandes plantas, para lograr gran cantidad de plántulas en corto tiempo, espacio reducido y libres de patógenos; preservación de germoplasmas de especies en vías de extinción, obtención de variedades resistentes a determinadas plagas, obtención

de subproductos con facilidades para el procesamiento (sin semillas, formas regulares, entre otras).

En el cultivo de tejidos se puede tomar un explante (células en suspensión, polen, callo, etc.) y mediante la multiplicación asexual lograr reproducir miles de plantas en el laboratorio para ser estudiadas a nivel agronómico o ser llevadas explotación comercial. Esto es lo que se conoce como micropropagación. Una de las ventajas adicionales de la micropropagación es la de poder obtener cruces que superan las limitaciones del proceso sexual. Estos cruces se logran por fusión de protoplastos, por transferencias, por ingeniería genética (introduciendo genes de especies muy diferentes, hongos, bacterias), o por cultivo de embriones obtenidos por hibridación.

El uso de bioinsecticidas es una práctica que se exige, con mayor frecuencia en el mercado internacional, para comercializar los productos de origen vegetal. E.U. se encuentran registrados más de 1000 microorganismos que pueden ser empleados para el control de insectos. Grandes empresas multinacionales como Monsanto, Biotechia, Ecogen, entre otras, se encuentran trabajando con microorganismos del suelo, especialmente *Streptococcus* y *Bacillus Thuringensis* para combatir algunas larvas y mejorar la calidad de los suelos.

Científicos de Mogen International han introducido a plantas de tomate, genes para la producción de proteínas antifúngicas que las han hecho resistentes al *Fusarium*. Por otro lado, dos empresas de Norte América (agrocetus y Calgene) están tratando de introducir genes de la planta de índigo al algodón, para sí obtener algodón azul y eliminar el impacto ecológico que causan los colorantes empleados en la tinción de las telas de algodón.

El nitrógeno, que constituye cerca del 80% de la atmósfera de la tierra, es un nutriente limitante en la agricultura. Pocos microorganismos como cianobacterias, actinomicetes y bacterias (que contienen la enzima nitrogenasa) pueden emplear el nitrógeno gaseoso, transformándolo a una forma asimilable.

6. ÁREA DE ALIMENTOS

En la industria de alimentos y bebidas la mayor incidencia de la biotecnología en los últimos años ha sido en la producción de

edulcolorantes y de enzimas para proceso. En 1970 los japoneses aislaron la enzima Glucosa-isomerasa y produjeron, a partir de almidón, jarabe de fructosa con un poder edulcolorante superior al del azúcar. Esta situación hizo reducir el mercado del azúcar y bajar sus precios.

Con el surgimiento del aspartamo, edulcorante producido a partir del ácido aspártico y la fenil alanina y conocido comercialmente como Nutrasweet, ha creado un nuevo competidor del azúcar e incluso de la sacarina. Las compañías productoras de bebidas dietéticas están combinando sus formulaciones empleando mezclas de aspartamo y sacarina o solamente aspartamo.

En lo concerniente a los procesos de producción de cerveza, jugos y a la extracción de aceites, el empleo de enzimas hidrolíticas a permitido disminuir los costos y mejorar los productos finales.

Otra fuente de alimentos son las algas y cianobacterias que permiten ser explotadas en pequeñas granjas y producen proteína superior a la de muchos vegetales. Una de ellas es la cianobacteria *Spirulina* o la *Spirulina Platensis* que posee entre 60 a 70% más proteína que la soya.

Los sabores que adquieren los alimentos se deben a transformaciones enzimáticas o microbianas que sufren los componentes. En los quesos, por ejemplo, el Romano y el provolone, la formación de ácido butírico por acción de lipasas les proporciona sus características organolepticas. En otros quesos, su aroma y sabor se deben al ácido producido por propionibacterias.

7. ÁREA DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

A principios de este siglo, se produjeron compuestos orgánicos estructuralmente simples, en procesos generalmente anaerobios, tales como: acetona, etanol, ácido láctico, entre otros. Luego se desarrollaron procesos aerobios, tales como: la producción de ácido cítrico, ácido glucónico entre otros.

El ácido cítrico, se obtenía anteriormente a partir del limón, actualmente se obtiene a partir de azúcar empleando un hongo, el *Aspergillus Níger*. El ácido glutámico, el ácido láctico, el ácido itacónico y el tartárico, están siendo producidos actualmente por fermentación de glucosa y sacarosa, generando una alternativa económica diferente a la presentada cuando estos mismos productos se obtenían a partir de la leche, uvas, trigo o derivados del petróleo.

La compañía japonesa Nitton Chemical, instalará una planta productora de acrilamina por fermentación. Este producto es utilizado en la fabricación de polielectrolitos, los cuales se producen en la actualidad químicamente por reacción entre el ácido sulfúrico y el acrilonitrilo con catalizadores de cobre, en plantas con capacidades de 40000 ton/año, sin embargo, ahora, empleando los microorganismos, trabajando a temperatura ambiente y presión atmosférica, se montará una planta con un tamaño diez veces menor, una rentabilidad mayor y de menor impacto ambiental.

Los biocosméticos, biopolímeros que reemplazan a compuestos naturales, biomonomeros que amplían las posibilidades de copolime-

rización e inclusive sistemas de revelado fotográfico enzimático, son algunas de las alternativas que nos depara la biotecnología en el campo de los productos químicos.

8. ÁREA AMBIENTAL

La gran cantidad de residuos, producto de la actividad humana, han sido tratados desde la antigüedad. Los romanos en los años 100 A.C. ya trataban biológicamente sus aguas. Con el desarrollo industrial, se incrementaron las descargas, entonces se desarrollaron procesos aerobios y anaerobios para su degradación. Debido al alto costo de los tratamientos, se hizo necesario buscar nuevas alternativas que logren disminuir las tasas retributivas y obtener subproductos que hagan rentable la inversión.

La degradación no se ha limitado a desechos domésticos, otros de tipo industrial como residuos sólidos de la agroindustria, efluentes líquidos de alta carga, y derivados del petróleo, están siendo investigados. Se ha dado especial atención a la identificación de microorganismos que logren transformar el petróleo y sus derivados rápidamente, con el fin de disminuir el impacto causados por los derrames de petróleo y desechos de proceso. Hasta ahora la degradación de residuos se ha realizado por microorganismos naturales, sin embargo, según estudios realizados por Bussines Communications Co. El uso de microorganismos aislados y mejorados genéticamente se incrementará en los próximos años.

9. ÁREA ENERGÉTICA

A raíz de la crisis energética de los años 70, la investigación sobre aplicación de la

biotecnología en la generación de energía tuvo un gran interés. La producción de etanol, a partir de sustratos renovables, como sustituto parcial o total de la gasolina fue uno de los proyectos bandera a nivel mundial. Nuevas técnicas de fermentación, mejoramiento genético de levaduras para resistir mayores concentraciones de etanol o degradar una gama amplia de sustratos, o empleo microorganismos tales como: *Zymomonas mobilis* y *Pachysolen tannophilus*, son algunos de los temas que se han estudiado y se siguen estudiando.

Las tecnologías para la generación de biogas a partir de residuos de minas de carbón fueron desarrolladas en la Unión Soviética. En la Universidad West de Inglaterra, se investigó la posibilidad de producir combustible sólido a partir del alga *Chlorella*. El alga se cultiva en un bioreactor especial denominado Biocoil, posteriormente se seca y se tritura para obtener partículas entre 40 y 70 micrones que son utilizadas como combustible en calderas en sustitución del ACPM.

Una nueva línea de investigación relacionada con los combustibles, es la eliminación del azufre inorgánico y orgánico presente en el carbón y en el petróleo, mediante procesos biotecnológicos. Esta tecnología permitirá disminuir la contaminación producida por este tipo de combustibles.

10. CONCLUSIONES

Se puede observar que la biotecnología es una ciencia que tiene aplicación en todos los campos, es una ciencia de las cuales se viene hablando desde hace mucho tiempo, sin

embargo, los trabajos son relativamente incipientes. El impacto de la biotecnología en la industria, no puede medirse solamente por la cantidad de productos potenciales, sino además por el aumento de las industrias y mercados de los productos obtenidos.

La biotecnología en los últimos años ha crecido en tres modalidades:

- En investigación y desarrollo
- Industrias con alto nivel tecnológico
- Industrias con intermedio y bajo nivel tecnológico.

Las industrias de investigación y desarrollo, consideradas como pequeñas industrias, están encargadas de aplicar la ingeniería genética al desarrollo de nuevos procesos. La conforman en alto porcentaje, empresas creadas por investigadores de las universidades. Las grandes industrias conscientes de la importancia de tener un grupo científico para el desarrollo de sus productos han entrado como accionistas de las mismas.

Se puede observar que la biotecnología es una ciencia que tiene aplicación en todos los campos, es una ciencia de las cuales se viene hablando desde hace mucho tiempo, sin embargo, los trabajos son relativamente incipientes. El impacto de la biotecnología en la industria, no puede medirse solamente por la cantidad de productos potenciales, sino además por el aumento de las industrias y mercados de los productos obtenidos.

Las industrias de alto nivel biotecnológico, producen bienes con alto valor agregado, destinado a la salud o aditivos para alimentos.

Requieren de grandes inversiones, plantas sofisticadas, estricto control y mantenimiento. Este grupo lo conforman empresas con tradición biotecnológica como ABBOT (E.U.), Ajinomoto (Japón), CECA (Francia) y otras que han desviado su producción normal hacia la biotecnología como Sumitomo Chemical del Japón, Glass Corning de Estados Unidos, Cianamid, Monsanto, I.C.I., Dupont, entre otras.

Un primer diagnóstico de la biotecnología en Colombia, realizado por la Universidad Nacional con la colaboración de Colciencias en el año de 1983, mostró que en el campo industrial los únicos productos biotecnológicos que se obtenían era el etanol, ácido cítrico, cerveza, levadura, derivados lácteos y algunas vacunas, estas últimas con tecnologías de mediados de siglo.

En el campo investigativo instituciones como el ICA, VECOL, CIAT, CENICAÑA, CENICAFE, el Instituto Nacional de Salud, la Universidad Nacional y la Universidad del Valle, cuentan con alguna experiencia y desarrollos en ingeniería genética, producción de vacunas y tratamientos de residuos.

En los últimos años la biotecnología en Colombia ha evolucionado sustancialmente. En el campo industrial han surgido nuevas empresas, como las productoras de penicilinas sintéticas, productoras de vacunas con nuevas

tecnologías, industrias de tratamientos de residuos. En el campo investigativo los temas se han multiplicado, en forma apreciable, incluso con reconocimiento a nivel mundial, como lo es la vacuna contra la malaria obtenida por el doctor Manuel Elkin Patarroyo.

Como vemos la biotecnología es una ciencia que tiene alta proyección en Colombia, debido a su situación geográfica, fauna, flora y en general a su biodiversidad. Teniendo en cuenta estas características, el departamento de Ingeniería de Procesos de la Universidad EAFIT, ha adoptado ésta área investigativa como una de sus líneas de profundización, avizorando el futuro que nos depara este campo.

BIBLIOGRAFÍA

- B. Atkinson. (1985). *Biochemical Reactors*. London: Pion Limited.
- B.P. Wasserman. (1984). *Thermostable Enzyme Production*. En: *Food Technology*, 38, 2, 78.
- I.L. Gatfield. *Production of Flavor and Aroma Compounds by Biotechnology*. En: *Food Technology*, 42, 10, 110, 1988.
- National Research Council. (1982). *Priorities in Biotechnology Research for International Development*. En: *Proceedings National Academic Press*, Washington.
- UNIDO. *Genetic Engineering and Biotechnology Monitor*, 3 vols. 1.