


## Biotecnología, Historia y Desarrollo: Situación Actual en Nicaragua

Roberto Gonzalez-Castellanos

### Related papers

[Download a PDF Pack](#) of the best related papers 



[Introducción a la Biotecnología \(Actualizada 2018\)](#)

Roberto Gonzalez-Castellanos

[Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia \(CAR/PL\) Plan de Acción para el Mediterráneo](#)  
irais mendoza

[2 ¿Qué es la biotecnología](#)

Gladys Cogollo



Conferencia:

# **Biotecnología, Historia y Desarrollo: Situación Actual en Nicaragua**

Autor:

**Dr. Ing. Roberto A. González**



# II CONGRESO MULTIDISCIPLINARIO E INTERNACIONAL DE **AGROBIOTECNOLOGÍA 25** **de noviembre de 2011**

## **Tabla de Contenido**

### Tabla de contenido

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN .....	4
I – ETAPAS EN EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA .....	5
Biotechnología Ancestral .....	5
Biotechnología Tradicional o de Primera Generación.....	5
Biotechnología de Segunda Generación (1930 – 1970) .....	8
Biotechnología Moderna o de Tercera Generación .....	10
II – DEFINICIONES DE BIOTECNOLOGÍA.....	13
III – CLASIFICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA Y ÁREAS DE APLICACIÓN ....	17
IV – LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO.....	19
V –EXPERIENCIA EN NICARAGUA .....	20

## RESUMEN

Cuando se habla de Biotecnología frecuentemente se hace referencia a procesos que involucran técnicas de Ingeniería Genética, como la transgénesis. Sin embargo, la Biotecnología incluye a un conjunto de actividades que acompañan al hombre desde tiempos remotos en gran parte de su vida cotidiana y por eso en esta conferencia se comienza por presentar, de manera resumida, la historia de la Biotecnología y las etapas en que se acostumbra dividirla. De igual forma se revisa la evolución que ha tenido la definición de Biotecnología, hasta llegar a la definición de la OECD del año 2005 y se presenta una clasificación general convencional de la Biotecnología por sus áreas de aplicación: Biotecnología Industrial, Animal, Vegetal o Agrobiotecnología, en Salud Humana o Médica, de los Alimentos, Ambiental y Marina, aunque eso no significa que existan fronteras rigurosas entre las mismas, ni que sea la única clasificación aceptada.

Se actualiza la situación de la Biotecnología en los países en vías de desarrollo en general y en particular en el caso de Nicaragua y se aclara que una fuerte capacidad en Ciencia y Tecnología en países en vías de desarrollo no es ya un lujo, sino una absoluta necesidad si estas naciones quieren ser partícipes totales de una economía mundial de rápida formación basada en el conocimiento.

En Nicaragua el desarrollo científico y de capacidades e infraestructura para la investigación ha sido subvalorado y no ha habido una planificación estratégica para un avance significativo y progresivo de la Ciencia y la Tecnología dentro de las universidades y en el país y en general existen muchas limitaciones para el desarrollo de las actividades Científico – Tecnológicas. Sin embargo, el hecho de que esa situación es más crítica aún en Ciencias como la Biotecnología, no ha impedido que hayan ido surgiendo Centros de Investigaciones Biotecnológicas dentro de diversas universidades y en Instituciones del Estado, que existan empresas que brindan productos y servicios biotecnológicos y que se haya comenzado a obtener logros científicos.

Entre los esfuerzos realizados para el avance de la Biotecnología en el país se destacan eventos como **el II Congreso Multidisciplinario e Internacional de Agrobiotecnología**, con el cual se contribuye a fomentar el trabajo conjunto entre todos los que se dedican a la Biotecnología. Hay un gran desconocimiento sobre Biotecnología en Nicaragua.! ¡Hay que cambiar esa situación! Y todos debemos poner de nuestra parte para lograr ese objetivo.



## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de Biotecnología en la actualidad, frecuentemente se hace referencia a procesos que involucran técnicas de ingeniería genética, como la transgénesis, por ejemplo. Sin embargo, la Biotecnología incluye a un conjunto de actividades que acompañan al hombre desde tiempos remotos en gran parte de su vida cotidiana.

La Biotecnología es la culminación de más de 8000 años de experiencia humana en el uso de microorganismos y en los procesos de fermentación para hacer productos como el vino, el pan, el queso y el yogurt (Figura 1). El descubrimiento de que el jugo de uva fermentado se convierte en vino, que la leche puede convertirse en queso o yogurt, o que se puede hacer cerveza fermentando soluciones de malta y lúpulo fue el comienzo de la Biotecnología, *aunque históricamente fue vista más como una habilidad artesanal que como una Ciencia.*



Figura 1. Ejemplos de Biotecnología Ancestral.



## I – ETAPAS EN EL DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA

De manera resumida, la historia de la Biotecnología puede dividirse en cuatro Etapas: Ancestral, Tradicional, Segunda Generación y Tercera Generación.

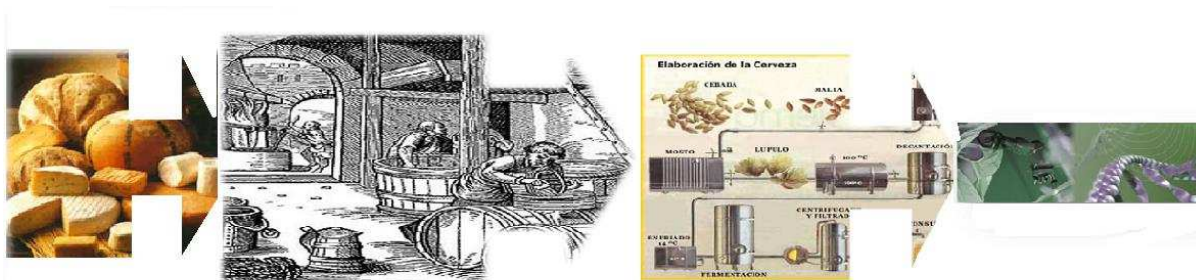


Figura 2, Se representan esquemáticamente las cuatro etapas del desarrollo de la biotecnología, comenzando a la izquierda con la Biotecnología Ancestral.

### Biotecnología Ancestral

Corresponde a la era anterior a Pasteur y sus comienzos se confunden con los de la humanidad (Figura 1). En esta época, la Biotecnología se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales y sus cruces, y a la fermentación como un proceso para preservar y enriquecer el contenido proteínico de los alimentos y producción de bebidas alcohólicas (Figura 2). Este período se extiende hasta la segunda mitad del siglo XIX y se caracteriza como la aplicación artesanal de una experiencia.

### Biotecnología Tradicional o de Primera Generación

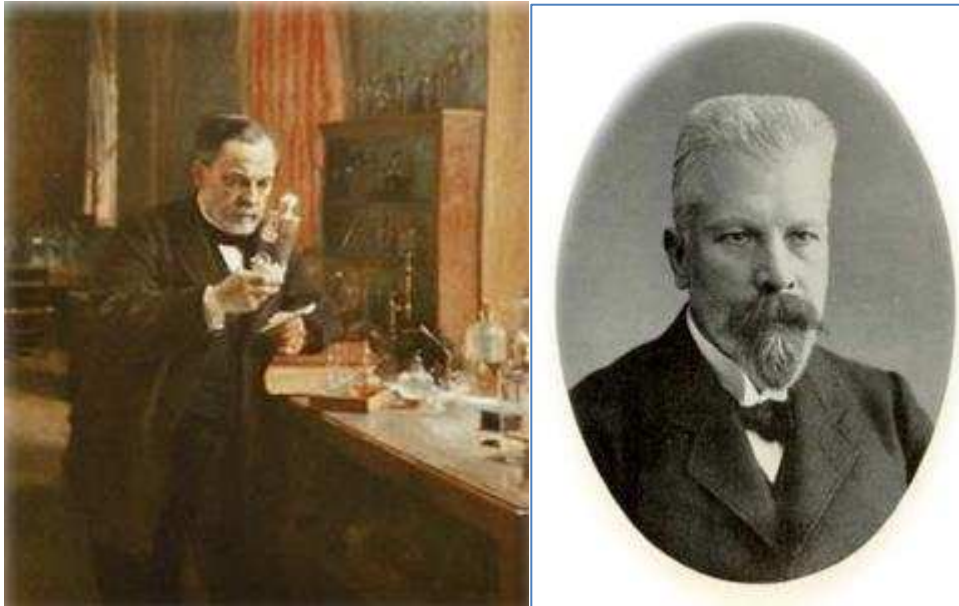
Como antecedente está la Biotecnología Industrial, que es la más antigua de las ramas de la Biotecnología. Existió antes del desarrollo de la **Microbiología**, cuando las primitivas fábricas de cerveza de los egipcios y sumerios se convirtieron en las cerveceras y otras fábricas que se desarrollaron con la Revolución Industrial (Figura 3). Y precisamente el desarrollo de la Biotecnología Industrial puso al descubierto problemas que no se podían resolver con la aplicación de la experiencia acumulada.



Figura 3. Primitivo alambique artesanal.

Este fue la causa por la cual el dueño de una cervecera, que no sabía por qué no estaba fermentando su cerveza, llamara a **Pasteur** (Figura 4, izquierda) para que lo ayudara. Y **Pasteur** descubrió que la levadura era un organismo vivo y que con él competían otros organismos que convertían la cebada en ácido láctico. De ahí surge la **Microbiología Industrial**.

Y por eso se plantea que la Biotecnología Tradicional o Biotecnología de Primera Generación comienza con la identificación, por Pasteur, de los microorganismos como causa de la fermentación y el siguiente descubrimiento por parte de Büchner (Figura 4, derecha) de la capacidad de las enzimas, extraídas de las levaduras, de convertir azúcares en alcohol.



*Figura 4. Louis Pasteur, el padre de la Microbiología Industrial (izquierda); Eduard Büchner, descubridor de la capacidad de las enzimas extraídas de las levaduras de convertir azúcares en alcohol(derecha)*

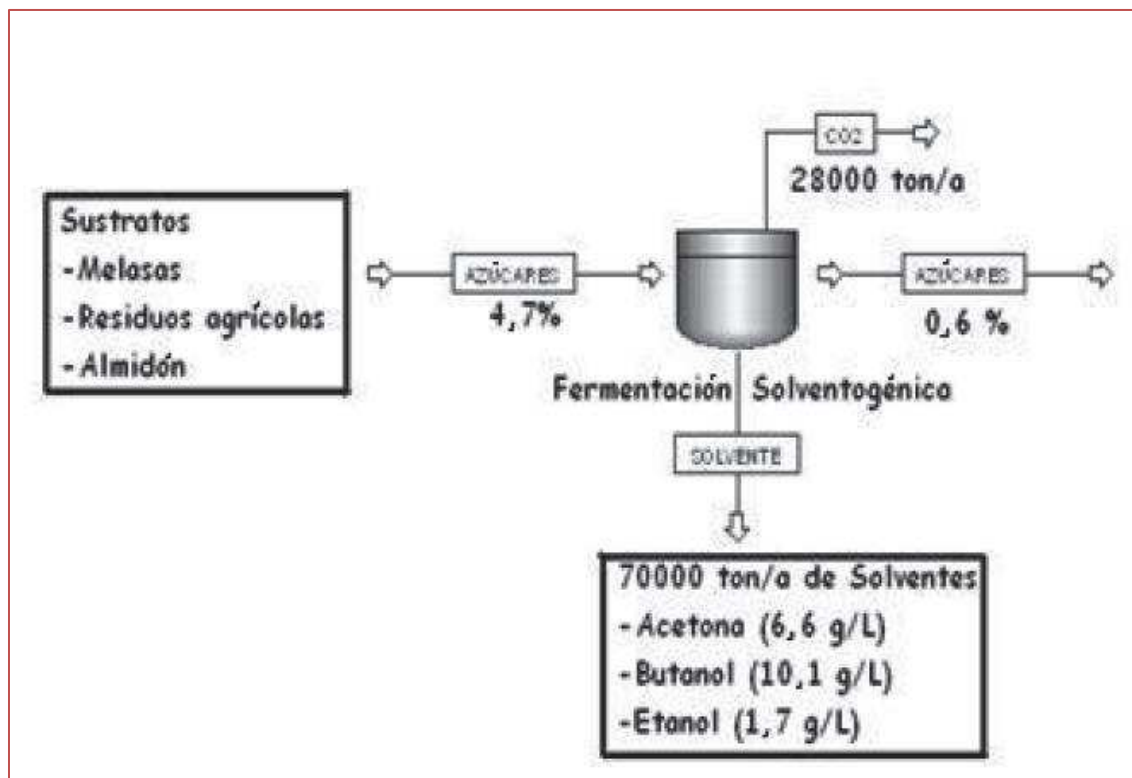
Estos desarrollos dieron un gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimenticia y al desarrollo industrial de productos como las levaduras, los ácidos cítricos y lácticos y, finalmente, al desarrollo de una industria para la producción de acetona, butanol y glicerol, mediante el uso de bacterias.

*En el periodo anterior a Pasteur, la Biotecnología se limitaba a la aplicación de una experiencia práctica que se transmitía de generación en generación.* Con Pasteur, el conocimiento científico de las características de los microorganismos comienza a orientar su utilización práctica, pero las aplicaciones industriales se mantienen fundamentalmente como artesanales, con la excepción de unas pocas áreas en la industria química y farmacéutica (como la de los antibióticos), en las cuales se inicia la actividad de I y D en el seno de las corporaciones transnacionales.

Hitos importantes en esta etapa son:

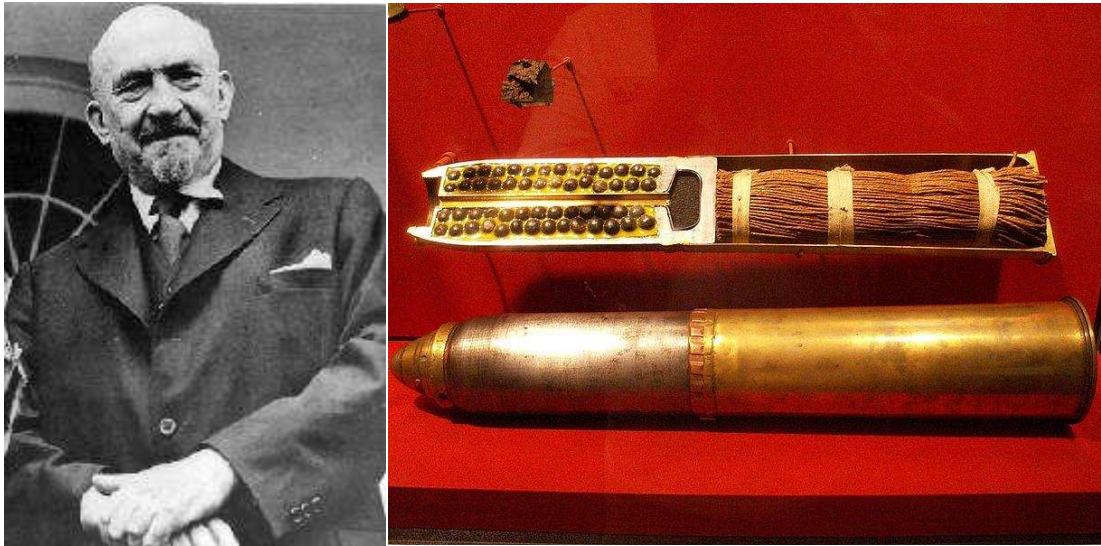
1. Descubrimientos de Pasteur aplicados a resolver problemas de la Biotecnología Industrial.

2. Desarrollo en Inglaterra, entre 1913 y 1914, del primer proceso industrial aséptico, para la producción de Acetona mediante la fermentación anaerobia de la bacteria ***Clostridium. Acetobutylicum***. El proceso es conocido como **Fermentación ABE** (fermentación aceto-butílica-etílica o fermentación acetona-butanol-etanol) y es un proceso que hace uso de la fermentación bacteriana para producir acetona, n-butanol y etanol a partir de carbohidratos tales como el almidón y la glucosa (Figura 5). El proceso fue desarrollado por el químico Chaim Weizmann (Figura 6, izquierda), y fue el principal proceso utilizado durante la primera guerra mundial para producir acetona, compuesto destinado a la producción de cordita, una sustancia esencial para la industria de guerra británica (Figura 6, derecha).



3. Desarrollo en Europa Central, en la década del 30, de la producción industrial de levadura comprimida, que fue el primer proceso aerobio a gran escala.

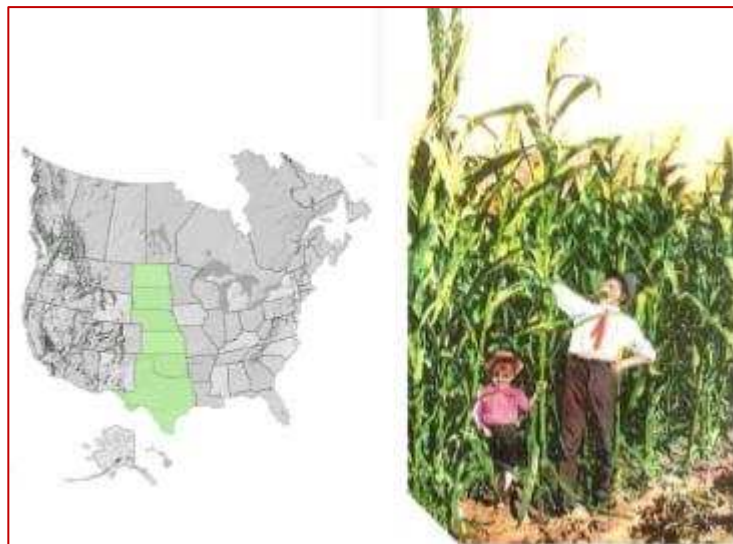




*Figura 6. Jan Weizman, creador del proceso ABE (izquierda); Proyecto de la I Guerra Mundial, con propelente cordita, confeccionado a partir de la acetona obtenida con el proceso ABE (derecha).*

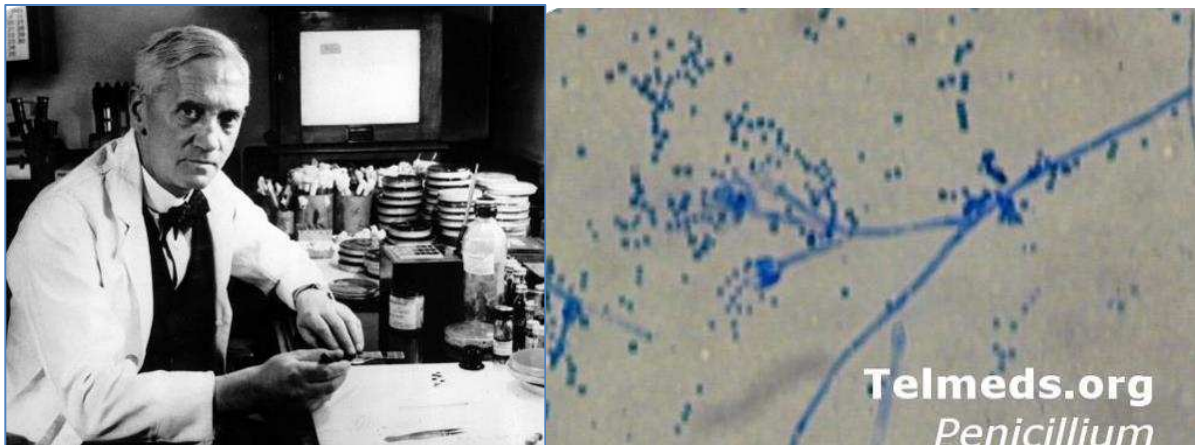
### **Biotechnología de Segunda Generación (1930 – 1970)**

Se caracteriza por desarrollos en cierto sentido opuestos, ya que por un lado la expansión vertiginosa de la industria petroquímica tiende a desplazar los procesos biotecnológicos de la fermentación, pero por otro, el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1928, sentaría las bases para la producción en gran escala de antibióticos, a partir de la década de los años cuarenta. Un segundo desarrollo importante de esa época es el comienzo, en la década de los años treinta, de la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de los Estados Unidos (*corn belt*) (Figura 7), con espectaculares incrementos en la producción por hectárea, iniciándose así el camino hacia la *Revolución Verde* que alcanzaría su apogeo 30 años más tarde.



*Figura 7. Aplicación de variedades híbridas de maíz en el llamado "corn belt" de Estados Unidos en la década de los años treinta.*

Un hito decisivo en esa Etapa fue el desarrollo de la producción industrial de la Penicilina mediante fermentación aerobia en cultivo sumergido. Los antecedentes parten del descubrimiento por Fleming en 1929 de la actividad antimicrobiana del hongo **Penicillium** (**Figura 8**), aunque no fue hasta finales de 1939 que se comienza a desarrollar un proceso para la producción de la Penicilina, en lo que trabajaron con fuerza por E. Chain, J. Florey y N. G. Heatley (Figura 9). Ya en 1940 obtuvieron un extracto y lograron hacer la primera prueba terapéutica con ratones. No obstante, en un principio se producía sólo a escala de laboratorio, en pequeñas cantidades, no homogéneo y a muy elevado precio.



*Figura 8. Fleming en su laboratorio (izquierda); Variedad del hongo penicillium con la que investigó Fleming (derecha).*



*Figura 9. Los desarrolladores del proceso industrial de producción de penicilina (de izquierda a derecha): E. Chain, J. Florey y N. G. Heatley.*

El siguiente paso fue desarrollar un proceso industrial a gran escala que permitiera obtener un producto homogéneo, de alta calidad y a bajo costo (Figura 10). De esa forma el precio de la penicilina, de un valor incalculable en 1940, bajó a US\$20 por dosis en julio de 1943 y más aún a \$0,55 por dosis en 1946. El desarrollo de ese proceso industrial (1943-1944) sentó las bases de los fermentadores de cultivo sumergido actuales que se han seguido utilizando en las Biotecnologías de Segunda y Tercera Generación)



*Figura 10. Vista de una planta de Proceso Industrial para la producción de penicilina.*

El desarrollo del proceso industrial de la penicilina (1943-1944) sentó las bases de los fermentadores de cultivo sumergido actuales (Biotecnologías de Segunda y Tercera Generación). En este proceso se utilizaron por primera vez a gran escala, los fermentadores bioreactores tipo tanque agitado, los que se han convertido en *el caballo de batalla de la industria biotecnológica* (Figura 11).

Por el trabajo realizado para el desarrollo de este proceso recibieron el Premio Nobel en 1945 A. Fleming, E. Chain y H. Florey. Sin embargo, como ha pasado muchas veces en la historia de los Premios Nobel, fue olvidado el bioquímico N.G. Heatley, encargado de la producción, de cómo cultivar la mayor cantidad posible de ***P. notatum*** para que produjera la mayor cantidad del principio activo y, finalmente, de separarlo del caldo de cultivo y purificarlo. *Sin el trabajo de Heatley no hubiera sido posible el desarrollo del proceso de producción industrial de la penicilina y sin embargo no obtuvo el premio Nóbel.*

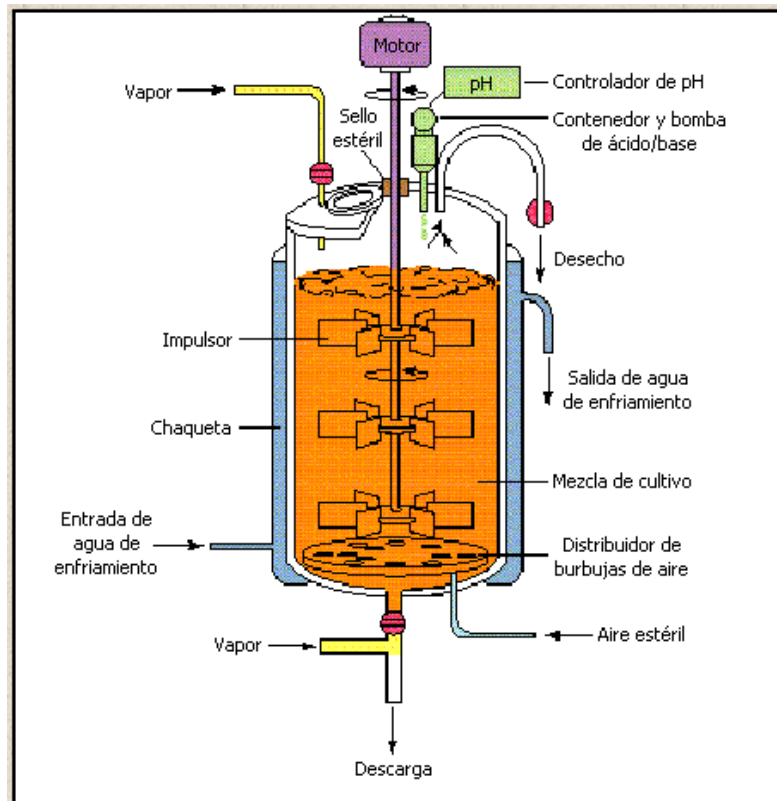
### **Biotecnología Moderna o de Tercera Generación**

(De mediados del 70 a la fecha)

Tiene como antecedente el descubrimiento de la doble estructura axial del *ácido deoxiribonucleico* (ADN) por Watson y Crick (Figura 12, izquierda) en 1953, por lo que obtuvieron el premio Nobel en 1962. Se inicia con los procesos que permiten la inmovilización de las enzimas, los primeros experimentos de Ingeniería Genética realizados por Stanley Cohen (Figura 12, centro), Paul Berg y Herbert Boyer (Figura 12,



derecha) en 1973 y la aplicación en 1975 de la técnica del *hibridoma* para la producción de *anticuerpos monoclonales*, gracias a los trabajos del científico argentino César Milstein y el alemán Georges Kohler. Milstein y Boyer obtuvieron en 1984 el Premio Nobel compartido con el danés Niels Jerne.



*Figura 11. Esquema de funcionamiento de los fermentadores de cultivo sumergidos utilizados en la actualidad.*

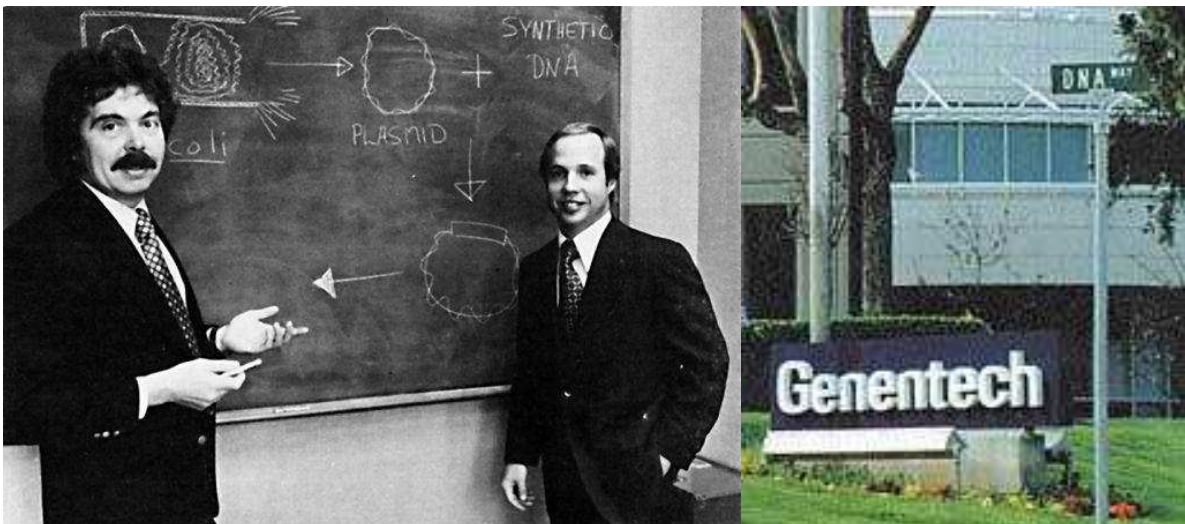


*Figura 12. Watson y Crick, descubridores de la doble estructura axial del ADN (izquierda); Cohen (centro) y Boyer (derecha), los primeros en realizar experimentos de Ingeniería Genética.*



*Figura 13. Miltein y Kohler, cuando recibían el premio Nobel en 1984.*

Un empresario norteamericano de 29 años, Robert A. Swanson (Figura 14, centro), conoció de los trabajos de Boyer y Cohen, apreció las aplicaciones potenciales de la nueva tecnología para crear nuevos productos beneficiosos y convenció a Boyer (Figura 14, izquierda) de la posibilidad de desarrollar biotecnología y llevar al mercado productos útiles a partir de la tecnología del ADN recombinante. Juntos fundaron en 1976 la compañía Genentech, que en sus orígenes fue una compañía virtual y que llegó a ser la primera compañía biotecnológica en el campo de la Ingeniería Genética (Figura 14 derecha). y en 1978 lograron producir la insulina humana recombinante.





El 15 de octubre de 1980, la joven empresa, puso en oferta sus acciones en la Bolsa de Nueva York. En tan sólo 20 minutos, sus papeles treparon de los 35 dólares de apertura, a U\$S 89. Las finanzas recibían a la primera compañía de biotecnología que ingresaba al mundo bursátil con un récord de velocidad de crecimiento jamás igualado en la historia de Wall Street. En 1982, Genentech con su socio comercial Eli Lilly & Co., lograron la aprobación de la Food & Drug Administration (FDA) para la comercialización del primer medicamento obtenido mediante Ingeniería Genética, la insulina humana comercializada como Humulin. Se había abierto un sendero por el cual transitarían en poco tiempo unas cuatrocientas firmas lideradas por empresarios de riesgo y científicos.

En este aspecto es importante tener en cuenta que si bien se tiende a asociar los procesos de fermentación con la Primera y Segunda Generación en Biotecnología y a la Ingeniería Genética con la Tercera Generación, en realidad la Ingeniería Genética no es sino uno de los recientes y espectaculares desarrollos de la Biotecnología, que no sustituye ninguna técnica preexistente, sino que más bien enriquece y amplía las posibilidades de aplicación y los usos de las técnicas biotecnológicas tradicionales.

Un aspecto fundamental de la Biotecnología Moderna es que es intensiva en el uso del conocimiento científico. En la Biotecnología de Primera y Segunda Generación la innovación biotecnológica surgió en el sector productivo; en cambio, los desarrollos de la Biotecnología Moderna se originan principalmente en los centros de investigación, generalmente localizados en el seno de las universidades.

La literatura sobre la innovación tecnológica acostumbra distinguir entre aquellas innovaciones que surgen como respuesta a una situación de mercado, y a expectativas de beneficios económicos, de aquéllas que se originan en el área de I y D como resultado de un proceso continuo y acumulativo de desarrollo científico-tecnológico. Y ha sido frecuente, en los últimos tiempos, señalar el láser y la Biotecnología como ejemplos del segundo tipo de innovación; es decir, descubrimientos científicos a los que se arriba sin una aplicación específica predeterminada en mente, pero que luego encuentran una gama considerable de aplicaciones prácticas.

Sin embargo, parece más correcto en el desarrollo de la Biotecnología Moderna considerar como complementarios ambos factores: el inherente proceso científico-tecnológico y aquél que corresponde a incentivos económicos. Así, en el caso de la Biotecnología, aun cuando ésta nace en el ámbito de la Investigación y Desarrollo, de las muchas aplicaciones posibles, las que se desarrollan primero son aquellas que ofrecen expectativas de importantes beneficios económicos en un plazo más o menos breve.

## **II – DEFINICIONES DE BIOTECNOLOGÍA**

La Biotecnología no es una Ciencia Básica; es un enfoque multidisciplinario que involucra varias disciplinas y ciencias. La Biotecnología abarca hoy un área amplia del conocimiento que surge de la Ciencia Básica (Biología Molecular, Microbiología, Biología Celular, Genética, etc.), de la Ciencia Aplicada (Técnicas inmunológicas y bioquímicas, así como técnicas basadas en la Física y la Electrónica), y de otras tecnologías (Fermentaciones,

Separaciones, Purificaciones, Informática, Robótica y Control de Procesos) Se trata de una red compleja de conocimientos donde la Ciencia y la Tecnología se entrelazan y complementan. (Figura 15).

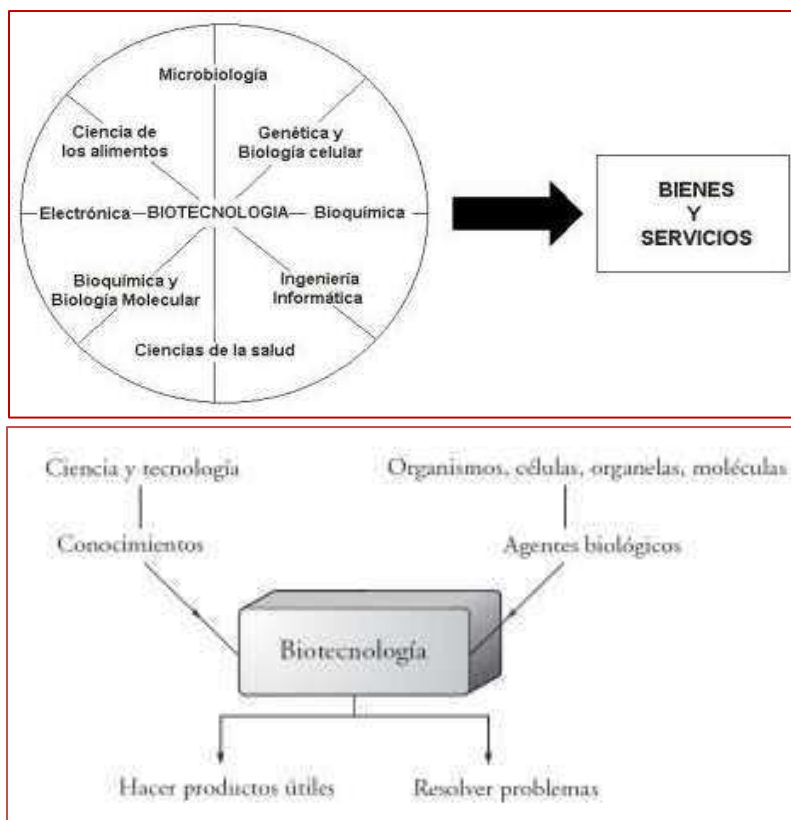


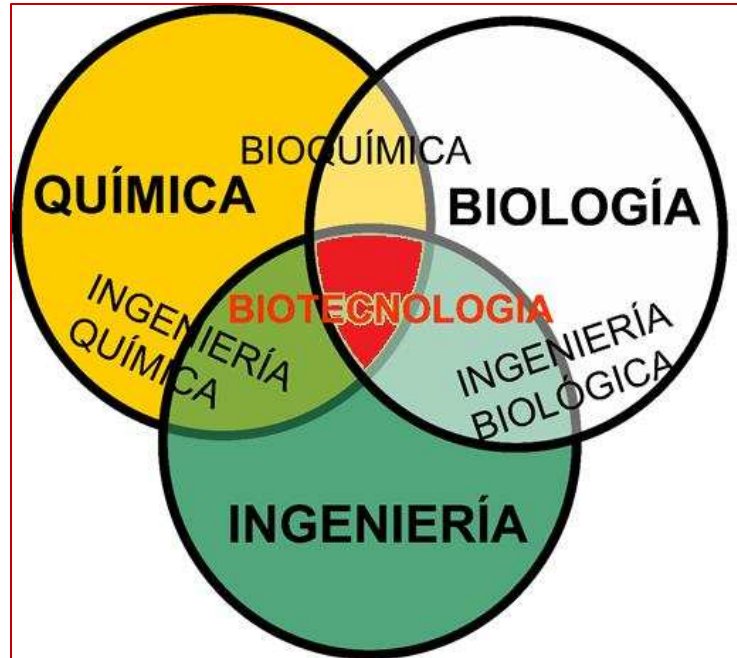
Figura 15. Biotecnología como red compleja de conocimientos con el objetivo de obtener bienes o servicios.

En base a lo anterior, de forma simplificada la Biotecnología Moderna se considera constituida por la integración de la Biología, la Ingeniería y la Química. Y más específicamente de la Ingeniería Química, la Bioquímica y la Ingeniería Biológica (Figura 16).

El creciente interés que en los últimos años ha despertado la Biotecnología, tanto en los medios académicos como en la actividad económica, se ha traducido, entre otras cosas, en una proliferación de definiciones. Esta relativa abundancia es reflejo, por un lado, del carácter multidisciplinario de la Biotecnología (Microbiología, Ingeniería Química, Bioquímica y Química) y, por el otro, de la dificultad que existe para fijar estrictamente sus límites.

La primera definición que conocemos se le debe a Karl Ereky, un ingeniero agrónomo húngaro que en 1914 desarrolló un gigantesco plan de cría de porcinos para sustituir las prácticas tradicionales por una industria agrícola capitalista basada en el conocimiento científico. En 1919 Ereky definió a la Biotecnología, como **la ciencia de los métodos que permiten la obtención de productos a partir de materia prima, mediante la**

**intervención de organismos vivos.** Para él, la Era Bioquímica reemplazaría a la Edad de Piedra y del Hierro.



*Figura 16. Biotecnología Moderna integrada por la Ingeniería Química, la Bioquímica y la Ingeniería Biológica (Parte sombreada en rojo, que intercepta las ciencias constituyentes).*

Definiciones posteriores de la Biotecnología:

- a. **Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, Organization for Economic Cooperation and Development):** Biotecnología es la aplicación de los principios de la ciencia y la ingeniería al tratamiento de materias por agentes biológicos en la producción de bienes y servicios (1982).
- b. **Oficina de Evaluación Tecnológica (OTA, Office of Technology Assessment):** Biotecnología, en un sentido amplio, incluye cualquier técnica que utiliza organismos vivos (o parte de ellos) para obtener o modificar productos, mejorar plantas y animales, o desarrollar microorganismos para usos específicos (1984).
- c. **Federación Europea de Biotecnología (EFB, European Federation of Biotechnology):** Biotecnología es el uso integrado de la bioquímica, la microbiología y la ingeniería genética para poder aplicar las capacidades de microorganismos, células cultivadas animales o vegetales o parte de los mismos en la industria, en la salud y en los procesos relacionados con el medio ambiente (1988).
- d. **Convenio sobre Diversidad Biológicas de las Naciones Unidas:** Biotecnología es toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos, para usos específicos (1992)
- e. **Organización de la Industria Biotecnológica (Biotechnology Industry**

**Organization, BIO):** En un sentido amplio, biotecnología es “bio” + “tecnología”, es decir, el uso de procesos biológicos para resolver problemas o hacer productos útiles (2003).

Se observa que con el tiempo el concepto adquiere una expresión más simple. Las definiciones más recientes ya no hacen referencia a los procesos tecnológicos involucrados, tal vez porque, además de ser complejos y diversos, evolucionan muy rápidamente.

Más recientemente la **OECD** actualizó su definición y plantea que:

**La Biotecnología Moderna es la aplicación de la Ciencia y la Tecnología en organismos vivos, también como de sus partes, productos y modelos, para alterar materiales vivos y no vivos, para la producción de conocimiento, bienes y servicios. (OECD, 2005).**

Esta definición simple de Biotecnología es deliberadamente amplia. Cubre la moderna Biotecnología, pero también muchas actividades tradicionales. Por esta razón la definición simple debe ir siempre acompañada de la definición detallada por actividad lo que permite hacerla más operativa para propósitos de medición.

Para la definición por actividad la OECD define una lista de técnicas biotecnológicas, la que debe funcionar como una guía interpretativa para la definición simple. La lista es indicativa más que exhaustiva y es de esperar su cambio en el tiempo conforme la colección de datos y las actividades biotecnológicas evolucionen.

1. **DNA/RNA:** Genómica, Fármaco-genómica, investigación de genes, Ingeniería Genética, secuenciación, síntesis y amplificación de DNA/RNA, expresión génica y uso de tecnología *ADN antisentido*.
1. **Proteínas y otras Moléculas:** Secuenciación, síntesis e ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo hormonas); métodos de liberación de fármacos mejorados; proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, señalización e identificación de receptores celulares.
2. **Cultivo de Células y tejidos;** Ingeniería de Tejidos: Cultivo de células y tejidos, ingeniería de tejidos (incluyendo tejidos hospederos -andamios- de células e ingeniería biomédica) fusión celular, vacunas, estimulantes del sistema inmune, manipulación de embriones.
3. **Técnicas de Procesos Biotecnológicos:** Fermentación por medio de bioreactores, bioprocesamiento, biofiltración, biopastas o biopulpas, biodecolorantes, biodesulfurización, bioremediación y fitoremediación.
4. **Genes y vectores de RNA:** Terapia génica, vectores virales.
5. **Bioinformática:** Construcción de bases de datos de genomas, secuencias de proteínas; modelación de procesos biológicos complejos incluyendo biología de sistemas.
6. **Nanobiotecnología:** Aplicación de herramientas y procesos de nano/micro fabricación para construir instrumentos para estudiar biosistemas y sus aplicaciones en liberación de fármacos, diagnóstico, etc.

Otro aspecto importante que define la OEDC en sus documentos de 2005 y 2006 es la clasificación de las Empresas Biotecnológicas según el sector o campo de aplicación, en

las cuatro siguientes categorías:

1. Salud (humana y animal)
2. Agroalimentaria: incluye aplicaciones en agricultura y piscicultura; Silvicultura y procesamiento de alimentos
3. Industria Medio Ambiental: incluye procesos industriales; recursos naturales y aplicaciones medioambientales.
4. Otros: servicios y plataformas tecnológicas, Bioinformática y otras aplicaciones que no se clasifican en los anteriores.

Explicitamente no se consideran como Empresas Biotecnológicas:

1. Las firmas de servicios que solo proporcionan investigación rutinaria por contrato (diagnósticos y pruebas diversas) o servicios de consultoría o asesoría.
2. Los proveedores de equipos y otros proveedores de bienes, así como tampoco se considerarán a los distribuidores de productos e insumos biotecnológicos.
3. Los usuarios finales de productos y procesos biotecnológicos

### III – CLASIFICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA Y ÁREAS DE APLICACIÓN

Las aplicaciones de la Biotecnología se pueden ser clasificadas en siete amplias áreas (Figura17):

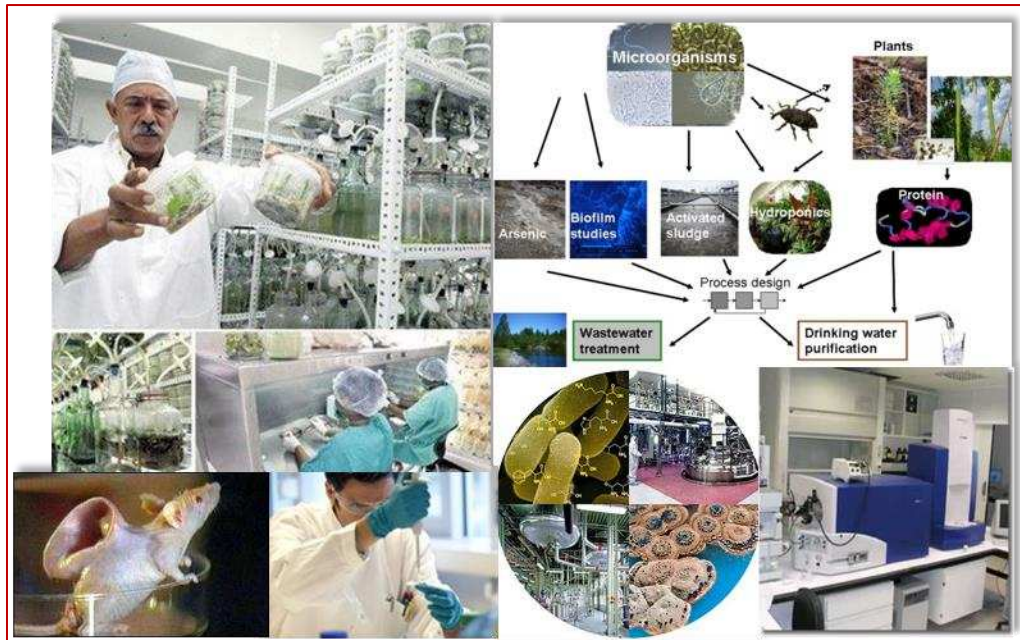


Figura 17. Cuadro resumen de las Áreas de Aplicación de la Biotecnología.

1. Biotecnología Industrial
2. Biotecnología Animal
3. Biotecnología Vegetal o Agrobiotecnología
4. Biotecnología en Salud Humana o Médica



5. Biotecnología de los Alimentos
6. Biotecnología Ambiental
7. Biotecnología Marina (puede considerarse parte de la Biotecnología Animal)

Sin embargo, todas estas divisiones son convencionales, por lo cual no se puede pensar en fronteras rigurosas entre ellas.

Finalmente es importante señalar que, además de las definiciones mencionadas, en los últimos años se ha comenzado a utilizar una agrupación de las actividades biotecnológica en *colores*. Ya en el 12th Congreso Europeo de Biotecnología en 2005 se usaron 4 categorías de colores para las actividades biotecnológicas. En la actualidad, los que más se utilizan son los siguientes: **Gris**, (industrial); **roja** (farmacéutica); **verde** (alimentaria y agricultura y medioambiente) y **azul** (Marina., En la Tabla a continuación se muestra la agrupación en colores de varias ramas de la Biotecnología (Tabla 1)

*Tabla 1. Agrupación en colores de varias ramas de la Biotecnología.*

- **Red** Health, Medical, Diagnostics
- **Yellow** Food Biotechnology, Nutrition Science
- **Blue** Aquaculture, Coastal and Marine Biotech
- **Green** Agricultural, Environmental Biotechnology – Biofuels, Biofertilizers, Bioremediation, Geomicrobiology
- **Brown** Arid Zone and Desert Biotechnology
- **Dark** Bioterrorism, Biowarfare, Biocrimes, Anticrop warfare
- **Purple** Patents, Publications, Inventions, IPRs
- **White** Gene-based Bioindustries
- **Gold** Bioinformatics, Nanobiotechnology
- **Grey** Classical Fermentation and Bioprocess Technology

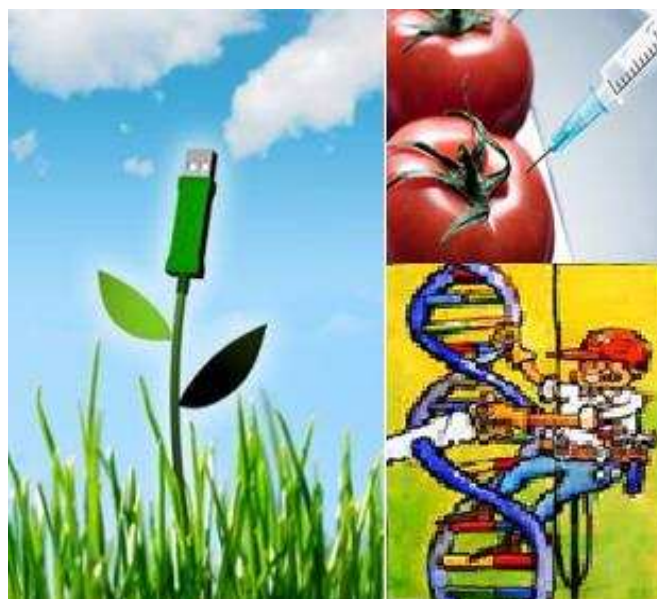
En este caso hay que tener en cuenta que *la categorización de la Biotecnología por colores es una clasificación independiente de aspectos científicos-tecnológicos, pero que ha permitido promover la percepción pública favorablemente y la comprensión de las aplicaciones biotecnológicas para la causa de la ciencia, desarrollo y el actual y futuro desarrollo del futuro de la humanidad.*

## IV – LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

A nivel mundial el interés por la Biotecnología es indudable, como se ve a través del frecuente abordaje de tales temas en los periódicos, libros y medios de comunicación. Algunos descubrimientos útiles serán una consecuencia directa del uso de las técnicas de Ingeniería Genética que logren transferir determinados genes (a veces incluso genes humanos) a un determinado microorganismo apropiado, para hacer el producto que es precisamente requerido en el mercado. Determinadas proteínas humanas y algunos enzimas requeridos en Medicina se conseguirán de esta forma, en el futuro.

Otros muchos beneficios, serán el resultado de la fabricación mediante técnicas de fermentación, de anticuerpos específicos para fines analíticos y terapéuticos. Estos anticuerpos monoclonales se producirán mediante el crecimiento de células en grandes tanques de cultivo, utilizando el conocimiento biotecnológico adquirido por el cultivo de microorganismos en grandes fermentadores, como por ejemplo la producción de antibióticos como la penicilina.

Así y todo, la Biotecnología suscita opiniones y sentimientos encontrados. Mientras algunos sectores la perciben como una tecnología basada en un sólido conocimiento científico, para otros se trata de una actividad antinatural y peligrosa (Figura 18). El enfrentamiento de partidarios y opositores ocurre con menos frecuencia en el terreno de las razones que en el de las pasiones, sean éstas políticas, religiosas o ideológicas. Al discutir si la Biotecnología es progresista o reaccionaria, buena o mala, se olvida que lo que caracteriza a una tecnología es el uso que hacemos de ella.



*Figura 18. Figuras que, de una forma u otra, critican a las aplicaciones genéticas.*

Algunos productos y procesos que eran impensables hace treinta años entran en la vida cotidiana sin que sus bases científicas y tecnológicas hayan penetrado en nuestra cultura a través de una divulgación amplia que abarque también a todos los niveles del sistema educativo. No existe ninguna posibilidad de construir una sociedad moderna si sus integrantes ignoran los aspectos más generales de la ciencia y la tecnología. El desconocimiento aumenta el riesgo de rechazar tecnologías promisorias que pueden abrir perspectivas nuevas para un desarrollo sostenible en áreas tan críticas como la salud, la producción de alimentos, la energía y el medio ambiente.

Por tratarse de un conjunto de tecnologías diversas, el uso de la Biotecnología, dejó de ser un lujo para convertirse en una absoluta necesidad para todas las naciones, sobre todo en países en desarrollo. O sea que la Biotecnología no se restringe necesariamente a los países desarrollados. Existe un espacio que los países emergentes pueden ocupar, en función de sus riquezas naturales, siempre que existan prioridades económicas y políticas definidas claramente. *La condición fundamental es contar con instituciones competentes que formen una masa crítica de investigadores y personal técnico entrenado.*

China e India cuentan hoy con una industria biotecnológica avanzada y diversificada. También América Latina, donde se concentra principalmente en Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba y México. Países como Uruguay y Venezuela también tienen actividad en algunas áreas, así como, en menor escala, Ecuador, Costa Rica, Paraguay, Perú y Bolivia. En la región, unas 500 empresas inciden en varios sectores: medio ambiente e industria, agro-alimentos y pecuaria, salud animal y humana.

La importancia de la Biotecnología para los países en desarrollo se precisa en un documento emitido por el **Consejo de Inter Academias (Inter Academia Council)**, organización que une a 18 Academias de Ciencias y organizaciones equivalentes en todo el globo, incluyendo a EEUU, Brasil, México, Europa, Asia, Australia, Costa Rica entre otros. Este Consejo declara explícitamente que “una fuerte capacidad en ciencia y tecnología en países en vías de desarrollo no es ya un lujo, sino una absoluta necesidad si estas naciones quieren ser partícipes totales de una economía mundial de rápida formación basada en el conocimiento, además reafirma el papel preponderante de las instituciones de Educación Superior en el desarrollo de la educación y la investigación científica en el seno de sus instancias”.

## V –EXPERIENCIA EN NICARAGUA

En Nicaragua el desarrollo científico y de capacidades e infraestructura para la investigación ha sido subvalorado y no ha habido una planificación estratégica para un avance significativo y progresivo de la Ciencia y la Tecnología dentro de las universidades y en el país. No hay presupuesto para la actividad investigativa, no hay estímulo institucional a los cuadros que realizan investigaciones, hay falta de integración entre la docencia, la investigación y la extensión, y por sobre todo existe un desconocimiento de las pocas políticas de investigación presentes. Esta situación es más crítica aún en ciencias como la Biotecnología.

Y a pesar de todos los percances, en el campo de la Biotecnología han ido surgiendo Centros de Investigación dentro de diversas universidades ya sea por iniciativas y fondos obtenidos por investigadores individuales o grupos que contaron con el apoyo directo y muchas veces indirecto, de autoridades universitarias.

### Desarrollo de la Biotecnología en las Universidades



Figura 19. Universidades y Centros de Investigación en Biotecnología.

Como hitos en el desarrollo de la Biotecnología en las Universidades (Figura 19) se tiene:

1. La **UNAN-León** fue una de las primeras en fundar Laboratorios de Investigación en diversas áreas y posteriormente crear varios Centros en áreas médicas y agrícolas principalmente, en los cuales se comenzó a desarrollar la Biotecnología, principalmente la Biotecnología Vegetal.
2. La **Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)** en el año 1992 dio los primeros pasos para el desarrollo de líneas de investigación en áreas de Biotecnología Industrial y Ambiental, fundando uno de los primeros Laboratorios de Biotecnología en el país.
3. La **Universidad Centroamericana (UCA)** respaldó la iniciativa de crear el primer Laboratorio de Biología Molecular en el país, el Centro de Biología Molecular (CBM), fundado en 1998, el que se estableció en la Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente de la Universidad Centroamericana (UCA) en 1999, con fondos y donaciones de la **Fundación New England Biolabs**, la OMS, la **Universidad de California de San Francisco**, la **Fundación Pew** y otros fondos privados y propios de la Universidad Centroamericana. El **CBM** fue el primer centro de investigación molecular del país.
4. La **Universidad Nacional Agraria (UNA)** fundó su Laboratorio de Biología Molecular en el 2001 con apoyo de la colaboración sueca (ASDI).

5. La **Escuela Internacional de Agricultura y Ganadería de Rivas (EIAG – Rivas)** crea su Laboratorio de Cultivo de Tejidos en el año 2006.
6. La **UNAN - Managua** creó el Laboratorio de Tecnología de los Alimentos (LABTECA) en enero del 2007, el que ha estado trabajando en Micro-propagación Vegetal y Estudios de Biodiversidad Genética.
7. La **Universidad Politécnica de Nicaragua (UPOLI)** creó el Centro de Biotecnología (CEBiot) en marzo de 2007 2007, con énfasis en la Biotecnología Industrial y Ambiental. Trabaja en el desarrollo de aditivos probióticos y prebióticos para la producción animal y para la alimentación y salud humanas y lleva a cabo investigaciones relacionadas con la utilización de la biomasa como fuente de energía renovable.
8. La **UNAN - Managua** creó el Laboratorio de Biotecnología en enero de 2008 con énfasis en la Biotecnología Ambiental, que realiza investigaciones en Biorremediación, Tecnología de Enzimas y Producción de Bioplásticos.

### Desarrollo de la Biotecnología en Instituciones del Estado

El desarrollo de la Biotecnología en las instituciones del Estado se ha centrado en el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el cual se creó, en el año 2007, el Centro de Investigación Agropecuaria y Biotecnología (CNIAB) con financiamiento del Fondo Común de Donantes para infraestructura y equipamiento y del Programa de Formación de Capital Humano en Agro biotecnología Nicaragua-Finlandia (NIFAPRO), para la formación de sus investigadores. En el 2009 recibió los primeros 4 MSc. formados por NIFAPRO y al final del Programa (2012) el CNIAB debe contar con 12 investigadores (10 MSc. y dos PhD.).

Con relación a la formación de recursos humanos, las Universidades públicas han recibido el apoyo de SAREC, a través de un Programa de Doctorados que se mantiene vigente hasta la fecha, mediante el cual se han formado un valioso grupo de investigadores en Biotecnología. Además, los Centros y Laboratorios existentes han venido formando cuadros y generando líneas de investigación, aunque lo han hecho de manera individual y aleatoria, sin contar con ningún apoyo nacional para la coordinación de dichas actividades.

### Empresas Biotecnológicas en Nicaragua

El desarrollo empresarial en el campo de la Biotecnología ha estado muy limitado en Nicaragua y además no se cuenta con información suficiente sobre las empresas de Biotecnología, tanto las nacionales como las extranjeras radicadas en Nicaragua. Con la información disponible se pueden mostrar, como ejemplos de Empresas con vinculación a la Biotecnología, las siguientes:

1. **Empresa Minerales de Nicaragua C.A. S.A. (EMINICA)** – Empresa fundada en 1998 cuya línea son los productos fermentados y minerales activados, utilizados como suplementos proteicos y energéticos para la alimentación animal, obtenidos por fermentación de melazas, caña de azúcar, pulpa de café y residuos de cosechas.



Tienen varias marcas de fábrica entre las que se destacan MUSS, LACTIBIOL, FESCAFE y SUPROV. Han recibido apoyo de FUNICA y tienen colaboración con el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba.

2. **Empresa Agroecoservicios** – Empresa dedicada a productos por fermentación a partir del EM procedente de Japón, que está basado en bacterias ácido lácticas, levaduras y extractos vegetales, para usar los preparados como probióticos en camarón, avicultura y ganadería y como activadores fermentativos en ensilaje.
3. **Grupo Bioscientífica de Nicaragua** – Empresa biotecnológica internacional con sede en Managua, que identifica, aísla y extrae activos botánicos para uso en productos farmacéuticos, cosméticos y nutricionales. Colabora con Fundación CECALLI y con el CBM de la UCA.
4. **Environmental Protection and Control (EPC)** – Empresa radicada en Nicaragua en 2005 como extensión de la empresa panameña ***Ocean Pollution Control***, enfocada en la atención de incidentes ambientales tanto terrestres como marítimos y en la Gestión Ambiental Industrial. Entre otras tareas llevan a cabo la contención de derrames de combustible terrestres y marítimos, realizan la remediación, limpieza y recuperación de sitios contaminados, dan tratamiento in situ de aguas y sitios contaminados, realizan biorremediación ex sito, y disponen de áreas de tratamiento y disposición final de pasivos ambientales.

### Colaboración nacional en el campo de la Biotecnología

Con vistas a impulsar el desarrollo de la Biotecnología en Nicaragua, se ha comenzado a potenciar la colaboración entre los Centros y Laboratorios dedicados a la Biotecnología en Nicaragua y la empresa privada, con la constitución, en mayo de 2008, del Instituto de Biotecnología de Nicaragua (INBION). La idea de creación del INBION surgió de la necesidad de optimizar recursos materiales y humanos nacionales de una manera más racional y efectiva, integrando a un grupo de científicos altamente calificados dentro de los tres grupos claves (Industria, Gobierno y Academia) para impulsar el desarrollo de la Ciencia y Tecnología nicaragüense, teniendo como fin ulterior el incentivar cualitativa y cuantitativamente el desarrollo socio-económico del país.

El INBION constituyó la primera iniciativa para integrar la Biotecnología en Nicaragua. Al INBION se incorporaron 6 Universidades (UNAN – Managua, UNAN – León, UNI, UNA, UPOLI y EIAG – Rivas), una empresa privada (GENERIFAR S.A.) y un Instituto de Investigación Estatal (INTA). El INBION funciona de manera virtual ya que no tiene una sede física permanente y está dirigido por un Consejo de Directores conformado por las autoridades, previamente definidas, de las diferentes instituciones miembros que dirigen la investigación científica dentro del área de Biotecnología (Figura 20).

La tarea de unir el trabajo de ese grupo de instituciones, aunque muy necesaria para el desarrollo de la Biotecnología en el país, es una tarea difícil y el INBION no pudo lograr su estabilización después varios años de funcionamiento. Se lograron avances en la organización, se realizaron gestiones encaminadas a obtener su personalidad jurídica. Finalmente, los logros del INBION sirvieron de base para la creación de la Comisión Nacional

de Biotecnología, que es la que está trabajando en la actualidad en esas tareas.

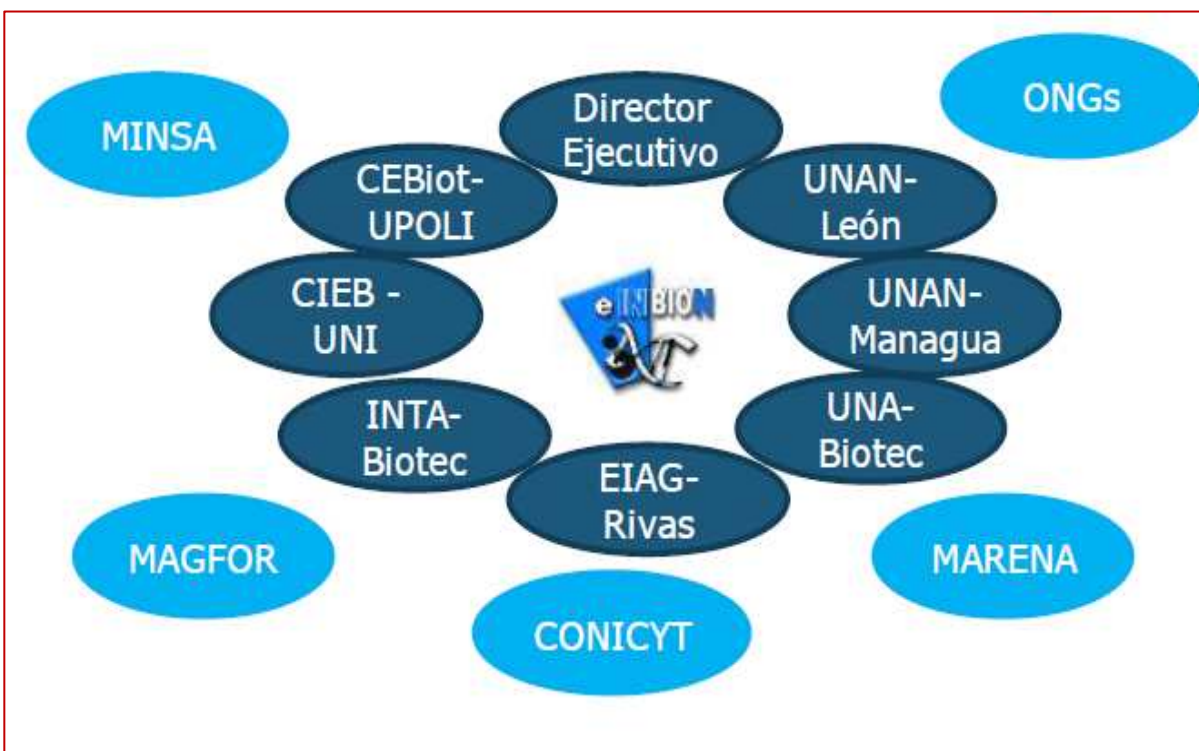


Figura 20. Estructura del INBION, primer intento de unificar el desarrollo de la Biotecnología en Nicaragua.

Entre las tareas que promovió el INBION con vistas a lograr un mayor conocimiento sobre la Biotecnología y la unión entre los interesados en esta Ciencia, estuvo el desarrollo de Cursos y Eventos Científicos. Como ejemplo de Curso de Divulgación se tiene el desarrollado por el CEBiot UPOLI del que se han dado dos ediciones en la UPOLI, una en la UNAN Managua y otra en la UNA. El primer Curso fue de carácter interno en la UPOLI, pero ya la II Edición participaron como cursistas profesores, investigadores y estudiantes de la UPOLI, UNA, UNI y UNAN Managua, del IICA y de la Empresa GENERIFAR y contó con profesores de la UPOLI, UNA, UNAN – Managua, la Universidad Mariano Gálvez de Guatemala (UMG) y la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). La edición en la UNAN Managua se adaptó a las características de esa Universidad y tuvo también participación de otras Universidades y ONG. De igual forma se desarrolló el Curso en la UNA y está pendiente desarrollar cursos similares otras universidades y organismos.

Con relación a los Eventos Científicos, se han realizado dos Encuentros nacionales. El primero fue el *Primer Taller Nacional de Productos Biológicos para la Producción Animal* que se llevó a cabo en la UNA, organizado por el CEBiot, con el auspicio del INTA y del IICA, el 20 de mayo de 2010. El segundo fue el *Taller Nacional de Micropropagación*, organizado por la UNA y desarrollado en sus instalaciones, el 27 de abril de 2011. Además, entre los esfuerzos realizados para el avance de la Biotecnología en el país se destacan eventos como el **II Congreso Multidisciplinario e Internacional de Agrobiotecnología**, al cual se presentó la primera versión de esta conferencia.

Con todas esas tareas se contribuye que cada vez más nicaragüenses se interesan por los alcances de esta fascinante Revolución Tecnológica y a fomentar el trabajo conjunto entre todos los que se dedican a esta fascinante Ciencia en Nicaragua. Sin embargo, todavía hay un gran desconocimiento sobre Biotecnología en Nicaragua

¡Hay que cambiar esa situación! Y todos debemos poner de nuestra parte para lograr ese objetivo.

Eso es todo.

Muchas gracias.

### ***Tabla Ilustraciones***

Figura 1. Ejemplos de Biotecnología Ancestral.....	4
Figura 2, Se representan esquemáticamente las cuatro etapas del desarrollo de la biotecnología, comenzando a la izquierda con la Biotecnología Ancestral.....	5
Figura 3. Primitivo alambique artesanal. ....	5
Figura 4. Louis Pasteur, el padre de la Microbiología Industrial (izquierda); Eduard Büchner, descubridor de la capacidad de las enzimas extraídas de las levaduras de convertir azúcares en alcohol(derecha) .....	6
Figura 5. Ejemplo de producción industrial (moderno) de Acetona-Butanol.....	7
Figura 6. Jan Weizman, creador del proceso ABE (izquierda); Proyecto de la I Guerra Mundial, con propelente cordita, confeccionado a partir de la acetona obtenida con el proceso ABE (derecha).....	8
Figura 7. Aplicación de variedades híbridas de maíz en el llamado "corn belt" de Estados Unidos en la década de los años treinta. ....	8
Figura 8. Fleming en su laboratorio (izquierda); Variedad del hongo penicillium con la que investigó Fleming (derecha). ....	9
Figura 9. Los desarrolladores del proceso industrial de producción de penicilina (de izquierda a derecha): E. Chain, J. Florey y N. G. Heatley. ....	9
Figura 10. Vista de una planta de Proceso Industrial para la producción de penicilina. ....	10
Figura 11. Esquema de funcionamiento de los fermentadores de cultivo sumergidos utilizados en la actualizad. ....	11
Figura 12. Watson y Crick, descubridores de la doble estructura axial del ADN (izquierda); Cohen (centro) y Boyer (derecha), los primeros en realizar experimentos de Ingeniería Genética.....	11
Figura 13. Miltein y Kohler, cuando recibían el premio Nobel en 1984. ....	12
Figura 14. Boyer (izquierda) y Swanson (centro) en los análisis previos a fundar Genentech; Vista exterior de la empresa Genentech, la primera compañía biotecnológica en el campo de la Ingeniería Genética, creada por Swanson y Boyer (derecha). ....	12
Figura 15. Biotecnología como red compleja de conocimientos con el objetivo de obtener bienes o servicios.....	14
Figura 16. Biotecnología Moderna integrada por la Ingeniería Química, la Bioquímica y la Ingeniería Biológica (Parte sombreada en rojo, que intercepta las ciencias constituyentes). ....	15
Figura 17. Cuadro resumen de las Áreas de Aplicación de la Biotecnología. ....	17
Figura 18. Figuras que, de una forma u otra, critican a las aplicaciones genéticas. ....	19
Figura 19. Universidades y Centros de Investigación en Biotecnología.....	21
Figura 20. Estructura del INBION, primer intento de unificar el desarrollo de la Biotecnología en Nicaragua. ....	21