

**Colección  
Gestión  
Ambiental**

**Estado del arte de la  
biotecnología en  
Colombia**

Autor  
*Gustavo Forero Acosta*



© Universidad EAN  
Carrera 11 No. 78-47  
Bogotá D.C., Colombia  
2011

### CONSEJO SUPERIOR

Cecilia Crissien de Perico  
**Presidenta**  
Carlos Mauricio Álvarez Cabrera  
**Primer Vicepresidente y Consejero Egresado**  
Roque González Garzón  
**Segundo Vicepresidente**  
  
**Consejeros**  
Hildebrando Perico Afanador  
**Presidente Honorario y Consejero Fundador**  
Carlos Alfonso Crissien Aldana  
**Consejero Fundador**

Carlos Evelio Ramírez Cardona  
**Consejero Fundador**  
Álvaro Otto Rubio Salas  
**Consejero Vitalicio**  
Martha Lucía Ramírez  
**Consejera-Empresaria de la Mediana y Gran Empresa**  
Omar Alonso Patiño Castro  
**Consejero Representante de los Docentes**  
Jennifer Marcela Flórez Blanco  
**Consejera Representante de los Estudiantes**

### DIRECTIVAS

**Rector**  
Jorge Enrique Silva Duarte  
**Vicerrector de Formación**  
José David Marín Enriquez  
**Vicerrector de Investigación**  
Carlos Largacha Martínez

**Vicerrector de Planeación**  
Rubén Darío Gómez Saldaña  
**Vicerrectora de Extensión y Proyección Social**  
María del Carmen Sanabria Carmona  
**Vicerrector Financiero y de Recursos Físicos**  
Juan Enrique Castañeda Mateus

Prohibida la reproducción  
parcial o total de esta obra sin autorización de la  
Universidad EAN

La edición de este texto estuvo a cargo de la Vicerrectoría  
de Investigación  
Grupo Gestión del conocimiento

#### **Revisión de estilo**

Rocio Santofimio

#### **Diagramación**

Alicia Casas

**Forero Acosta, Gustavo**

**Estado del arte de la biotecnología en Colombia [Recurso electrónico] / Gustavo Forero Acosta. -- Bogotá : Universidad EAN, 2011. -- (Colección Ambiental)**

**50 p.**

**ISBN: 978-958-8153-71-1**

**1. Biotecnología 2. Medio ambiente**

**660.6 CDD**



# Contenido

Justificación .....	4
---------------------	---

<b>1</b> Desarrollo histórico de la biotecnología.....	7
1.1 Áreas específicas beneficiadas con este Plan.....	10

<b>2</b> Estado de formación en biotecnología en el país.....	14
---	----

<b>3</b> Centros, grupos y líneas de investigación en biotecnología.....	16
3.1 Aplicación de la biotecnología vegetal.....	20
3.2 Principios básicos en biotecnología.....	22
3.2.1 Aplicación de la biotecnología en la producción animal....	31

<b>4</b> Líneas de investigación institucional en biotecnología.....	34
4.1 Justificación.....	34
4.2 Objetivos.....	35

<b>5</b> Implementación de un laboratorio de investigación en biotecnología.....	36
5.1 Importancia del laboratorio.....	38
5.2 Objetivos.....	39
5.3 Misión del laboratorio.....	39
5.4 Cultura organizacional.....	39
5.5 Impacto social.....	40
5.6 Impacto académico.....	40
5.7 Fortalecimiento de la investigación.....	40
5.8 Proyecto a menor escala.....	41
5.9 Proyecto a mediana escala.....	41
5.10 Proyecto a gran escala.....	41
5.11 Fortalecimiento de la extensión.....	42
5.12 Interrelación Universidad – Empresa.....	43
5.13 Requerimientos de equipos, materiales y reactivos.....	43
Bibliografía.....	47





# JUSTIFICACIÓN



Desde sus comienzos, el hombre domesticó diversas especies tanto animales como vegetales en pos de su propio beneficio y del mejoramiento de su entorno ambiental. De estas especies, es posible obtener un buen número de productos que contribuyen al adecuado sostenimiento de la población. La agricultura, la ganadería y la pesca dependen en gran parte de la explotación de organismos superiores, como también de una gama muy variada de productos que son el resultado de la actividad de diversos microorganismos; alimentos, bebidas fermentadas, solventes, antibióticos, vitaminas, enzimas y fármacos entre otros (Ancora *et al.*, 2004).

Los registros históricos indican que desde milenios se utilizan microorganismos para la elaboración de alimentos tales como el pan y los lácteos. Entre los años 1960 y 1980, el avance en el conocimiento de la biología fue cualitativamente importante, pues se logró conocer en detalle el funcionamiento de las células. Las distintas biomoléculas fueron mostrando sus capacidades y se acuñó el término de Biotecnología.

Hoy día y entendida la biotecnología como un enfoque multidisciplinario que utiliza organismos vivos o sustancias derivadas de ellos para hacer o modificar un producto, incluyendo el mejoramiento de algunas características en animales y vegetales económicamente importantes; hace que esta se constituya en una herramienta básica y útil para el desarrollo del sector agropecuario, el medio ambiente, la industria y la salud humana.





Colombia como país agropecuario, con declive en recursos pesqueros y maderables, problemas de desnutrición en la población infantil y otros casi innumerables, debe entrar a la era biotecnológica quierase o no; pues la superpoblación mundial, el hambre, la cura de enfermedades genéticas, el deterioro del suelo y del medio ambiente, etc., así lo amerita. A escala regional, contamos con una costa norte y llanos orientales, potencias en ganadería bovina; los altiplanos y valles, de tierras fértiles; las selvas húmedas del Chocó y Amazonas, cunas de megadiversidad, que requieren rápidamente de nuevas tecnologías en conservación, uso y producción agropecuaria (Agro - bio 2007).

Aunque la mayoría de las investigaciones en el campo de la biotecnología se vienen desarrollando en los países industrializados, es importante que los países de América Latina y el Caribe aprovechen estos adelantos; de lo contrario se verían rezagados e incompetentes ante el impresionante avance tecnológico que se vivencia día a día; para esto, debe hacerse una evaluación objetiva basada en la formación de personas, profesionales y especialistas que generen, planteen y ejecuten soluciones en la producción agropecuaria, la protección del ambiente y la salud humana.


Frente a las condiciones de excepcional diversidad de especies animales, vegetales y climas de nuestro país, las oportunidades de mejoramiento de los recursos de manera sostenible basados en la tecnología biológica actual son casi innumerables; para eso es necesario proveer a la sociedad, personas con los conocimientos disciplinarios y de aplicaciones que permitan plantear nuevas estrategias de solución de los problemas de manejo de las especies genética y biológicamente importantes para el país (Bernal, 2008).

De manera general las universidades, centros de investigación, institutos y entidades enfocadas con el tema biotecnológico deben propender por:





- ▶ Ofrecer programas con profesionales que contribuyan en forma decisiva en la creación de la seguridad alimentaria; la base económica, la competitividad y calidad de los productos; la sostenibilidad ambiental y la conservación de nuestros agroecosistemas en el ámbito local, regional y nacional. La biotecnología debe abordar estas y otras temáticas desde perspectivas agrícolas, pecuarias y ambientales aplicadas.
- ▶ Aumentar la producción y crecimiento de sector agrario, pecuario, sin interferir de manera directa o indirecta en el equilibrio de los ecosistemas y el medio ambiente. La Universidad EAN desde su programa de Ingeniería Ambiental, está en capacidad de formar profesionales que apliquen los principios básicos de la biotecnología, con miras a generar conciencia en las comunidades en todos los niveles para erradicar de manera real y efectiva las problemáticas, que en relación con el medio ambiente, está generando la revolución química, biológica e industrial en nuestro país.
- ▶ Porque existe la necesidad de incrementar la productividad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la conservación de nuestros recursos de biodiversidad.



La Universidad EAN, sustentada en su amplia experiencia en el campo administrativo, de mercadeo, de negocios y ahora en el campo ambiental y teniendo en cuenta su misión y visión institucional, debe y requiere proyectarse al desarrollo requerido por el país, en torno a las ciencias biológicas. Por esto, se requiere que los profesionales posean una formación en Biotecnología, siendo esta una herramienta que permite el planteamiento de soluciones prácticas a los problemas de manejo de los recursos biológicos pertinentes al sector pecuario, agrícola y ambiental en Colombia.



Mediante este trabajo investigativo, se pretende convocar la voluntad de todos los actores sociales que son partícipes en la vida académica y administrativa de la Universidad EAN, para contribuir a la formación de profesionales capaces de interpretar las nuevas realidades del entorno científico y tecnológico en el campo agrario, pecuario y ambiental; para cualificar el recurso humano en las verdaderas necesidades del sector, mediante la implementación de tecnologías novedosas, que contribuyan a una mejor aplicación y mejoramiento de la productividad agrícola, pecuaria y sostenibilidad ambiental del país.

## 1. DESARROLLO HISTÓRICO DE LA BIOTECNOLOGÍA

La biotecnología es una de las áreas del conocimiento científico que mayor evolución ha tenido en las últimas décadas. Su desarrollo se remonta al año de 1865, cuando Gregorio Méndel propuso que los factores hereditarios, que hoy se denominan genes, se transmiten intactos de una generación a la siguiente y que en algunas generación se pueden enmascarar y no expresarse, pero no se destruyen; por lo que pueden manifestarse en las generaciones subsiguientes.

A comienzos del siglo pasado, año de 1900, se inició el mejoramiento genético de plantas, aplicable principalmente en aquellas sexualmente compatibles. En 1922, aparecieron las primeras plantaciones de semillas de maíz híbrido desarrolladas a partir de selección y cruzamiento controlados. Estas semillas de maíz híbrido, fueron responsables del crecimiento de aproximadamente el 600% de la producción americana de maíz entre 1930 y 1985. A partir de la década del 50, los descubrimientos de James Watson y Francis Crick sobre la estructura del DNA permitieron elucidar el código genético y la estructura de los ácidos nucleicos; el modelo de la doble hélice de nucleótidos apareados en sus bases nitrogenadas brindó una explicación





satisfactoria a la capacidad de duplicar, conservar y transferir la información genética (Fukuma, 2004).

A finales de la década del 70, se inició la moderna biotecnología o tecnología del DNA recombinante conocida como Ingeniería Genética. El descubrimiento de las enzimas de restricción y de las ligasas, permitieron el desarrollo de las técnicas del DNA recombinante, base fundamental para el perfeccionamiento de las técnicas modernas de biotecnología, que permiten obtener nuevos organismos vivos modificados genéticamente, los cuales pueden aplicarse en los campos agrícola, pecuario, ambiental y de la salud humana.

La información genética de los organismos utilizados es previamente manipulada, a través de un conjunto de técnicas orientadas a la modificación de los genes existentes, o a la adición de genes provenientes de otro organismo. Estos organismos sujetos a la manipulación genética son denominados organismos genéticamente modificados (OGM). El desarrollo de los OGM ha sido promovido por el potencial que representan como sistema modelo y como herramienta para el estudio de la ciencia básica y para el mejoramiento de productos y procesos (Felmer, 2004).

Actualmente, los productos y servicios de la biotecnología son tan diversos que ocupan un lugar preponderante, colocándose entre los mercados de mayor crecimiento previsto en el presente siglo. Esta importancia hace evidente la necesidad de fortalecer la capacidad de investigación en el uso de estas técnicas, con miras a producir avances científico-tecnológicos que generen bases sólidas para la producción, evaluación e impacto de los productos y procesos desarrollados.

Lo anterior, por supuesto, requiere el diseño y la instrumentación de políticas tecnológicas que reconozcan esta nueva realidad y sus características, una cantidad adecuada de investigadores







preparados para abordar los temas citados, las capacidades institucionales necesarias para desarrollar las evaluaciones, y el establecimiento de redes institucionales de investigación público-privadas. Una alianza entre los sectores público y privado y las redes institucionales nacionales y transnacionales puede proporcionar importantes beneficios a la salud, agricultura, la ganadería y por ende al bienestar de la sociedad.

La biotecnología sigue actualmente múltiples vertientes que con frecuencia son complementarias e interactivas, estas son:

- ▶ La Biotecnología agropecuaria y de producción de alimentos.
- ▶ La Biotecnología molecular.
- ▶ La Biotecnología celular aplicada a la medicina y la salud.

Colombia ha experimentado grandes avances en el uso de la industria biotecnológica en varios sectores de producción.

Según publicación del Dr. Rafael Aramendis, Ms. Sc. (2006), “Colombia lanza un plan estratégico de biotecnología que pretende facilitar la inserción de esta tecnología como componente del desarrollo socioeconómico del país”.

Apartes de esta publicación indican la evolución del establecimiento de la biotecnología en Colombia, comenzando por los años 90, cuando se concentraba en los centros de investigación, institutos y universidades, con un bajo nivel de competitividad, ya que no era incorporada al sector productivo. A partir de 1997 y con la ayuda de aportes otorgados por Colciencias, se impulsó una transformación en el campo de las investigaciones agropecuarias (pérdidas agrícolas ocasionadas por el ataque de patógenos a cultivos de importancia económica en el país: café, flores, plátano, banano, maracuyá, entre otros) y en el campo de la salud donde las pesquisas fueron





dirigidas al estudio de patologías propias del país (malaria, leishmaniasis, chagas). Los otros campos como el industrial y del medio ambiente comenzaban a surgir.

En 1999 y debido a la baja vinculación con el sector productivo y por ende la falta de competitividad, requisitos fundamentales que ya hemos mencionado, se lanzó por parte del gobierno el Plan Nacional de Desarrollo, 1999-2002 con el objetivo de "dar prioridad al incremento y la diversificación de la oferta exportable, no solamente a través del crecimiento de los actuales sectores exportadores, sino también mediante el apoyo a sectores considerados como dinámicos y estratégicos y con claras ventajas comparativas como lo son los de recursos naturales y la biotecnología". (Schuler & Orozco, 2006).

Los objetivos estratégicos de este plan estuvieron dirigidos a promover la transferencia tecnológica exitosa en empresas biotecnológicas y la generación de políticas industriales y económicas que fomentaran la inversión de capital de riesgo en biotecnología; así como también apoyar la formación de recursos humanos en todas las áreas del proceso innovativo de la misma, considerando aspectos tales como el mercadeo, la comercialización, la transferencia tecnológica y la propiedad intelectual y para promover la conformación de unidades de vinculación y transferencia tecnológica en todas aquellas instituciones que desarrollen labores en este campo.

## 1.1 Áreas específicas beneficiadas con este plan

- **Salud humana:** sistemas de diagnóstico, prevención, y tratamiento en problemas de salud de relevancia crítica nacional.



- ▶ **Sector agrícola:** estudios genómicos y de aplicación de herramientas de fitomejoramiento, así como la capacidad de innovación en biopesticidas y biofertilizantes.
- ▶ **Sector industrial:** proyectos destinados a aplicar la biotecnología para mejorar productos y/o procesos.
- ▶ **Sector pecuario:** áreas biotecnológicas para el mejoramiento animal que permitan conocer el potencial genético y productivo de las razas criollas, así como la aplicación de métodos de diagnóstico, tratamiento y prevención de patologías de interés para el sector ganadero del país.

Se inició también una importante etapa para el país, cuando se creó el Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006 "Hacia un Estado Comunitario". Apartes de este documento indican que el país cuenta con un inmenso patrimonio en materia de biodiversidad y recursos genéticos que podrían ser aprovechados con las numerosas oportunidades que brinda hoy la biotecnología moderna. Además se enuncia que "con el propósito de aprovechar las oportunidades que ofrece la biotecnología para el crecimiento, la competitividad y el desarrollo del país, se adoptará una política integral que incluya: el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica nacional alrededor de proyectos estratégicos, tanto desde el punto de vista productivo como científico; el mejoramiento de los instrumentos de fomento de la innovación tecnológica existentes; la creación de mecanismos para promover el desarrollo y competitividad empresariales en el campo de los bienes y servicios biotecnológicos; el mejoramiento de la capacidad nacional para mejorar y aplicar el marco legal; y el desarrollo de una estrategia para la divulgación y la comprensión de la opinión pública acerca de los beneficios y los riesgos asociados a la biotecnología" (Schuler & Orozco, 2006)... Disponible en: <http://www.presidencia.gov.co/planacio/index.htm>.





En la actualidad y específicamente en investigación en Ingeniería Genética, existen grupos establecidos, que “intentan colocar la tecnología de ADN recombinante al servicio de la agricultura nacional” como lo expresa el Dr. Alejandro Chaparro en el libro *Introducción a la Ingeniería Genética de Plantas*, donde hace referencia a la limitada financiación y al pequeño número de especialistas en el área, debido no solamente a la “ausencia de una verdadera política en ciencia y tecnología, sino a una cultura alejada del conocimiento” (Chaparro, 2008).

La Biotecnología ha tenido avances impresionantes en los últimos años. Todos los progresos logrados dentro de las áreas directamente implicadas con la Biotecnología tales como la biología molecular, la ingeniería genética, el cultivo de células y tejidos animales y vegetales, son también, en cierto sentido, progresos de la propia Biotecnología. Estos avances son el resultado de la investigación que realizan fundamentalmente grupos académicos y de desarrollo tecnológico en empresas transnacionales; y en ambos casos los equipos de investigación están conformados por especialistas con fuertes atributos intelectuales, una amplia preparación técnica y humanística, y una gran capacidad de organización y administración de los recursos disponibles para la investigación.

Por otra parte, en el siglo XX y parte del XXI se ha gestado una nueva revolución que afecta en gran medida todos los aspectos de la vida humana. Se visualiza ya la perspectiva de acabar con la enfermedad, de seleccionar a voluntad la inteligencia, belleza o productividad de cualquier organismo animal o vegetal, de diseñar nuevas formas de vida que en cultivo produzcan las más complejas sustancias medicinales o alimenticias requeridas, o de llegar a modificar los organismos existentes, mediante transgénesis, mejoramiento, terapia génica, clonación, entre otros, de manera que adquieran las más útiles características de adaptación, productividad o salud inimaginables (Barcena. *et al.*, 2004).



Otro aspecto de la revolución científica que nos obliga a entrar en ella, es su diferencia fundamental con las demás revoluciones tecnológicas hasta hoy experimentadas por la humanidad, como la electrónica y la industrial; las cuales requieren de ingentes capitales de trabajo para su implementación; capitales de los cuales careció el tercer mundo y por lo cual permaneció marginado como usuario pasivo, no aportante ni beneficiario de los réditos, pero si absorbente de los perjuicios inherentes a tales revoluciones.

En Colombia desde 1987, cuando la Federación Nacional de Cafeteros organizó un foro sobre la biotecnología como perspectiva para el mejoramiento de la agricultura tropical con participación de importantes personalidades nacionales y extranjeras (Canadá, EE.UU., Argentina, Costa Rica e Israel), se viene mencionando la importancia de incluir la Biotecnología en la formación básica universitaria en Colombia.

En ese Foro se estableció que era fundamental la formación del recurso humano reforzando las áreas básicas prerequisite para la biotecnología, como la microbiología, la biología celular y molecular; así mismo, la química, la bioquímica, la genética básica y la ingeniería genética. Además era necesario revisar los programas curriculares de las universidades para adaptarlos a la nueva situación, sobre todo aquellos relacionados con las ciencias básicas en las áreas de Medicina, Veterinaria, Química Farmacéutica y Biología en general.






## 2. ESTADO DE FORMACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA EN EL PAÍS

---

En el mundo, el proceso biotecnológico inició hace unos 10.000 años, cuando se empezaron a domesticar las plantas seleccionando la progenie superior y reutilizándola, con lo cual se dio un paso importante en el desarrollo agrícola a mediados del siglo pasado con la formulación de las leyes mendelianas, que condujeron al uso en gran escala de la hibridación de plantas y la utilización de progenies superiores. La Biotecnología de plantas alcanza importancia en la década de los 40; ya iniciando los 60 se expande el uso de la nueva Biotecnología que desempeña un papel importante en el desarrollo agroindustrial; en los años 70 se dan las primeras aplicaciones en biología celular y en los 80, se sigue con la biología molecular (Barbas, 2004).



Áreas como la agrobiotecnología, pueden incidir profundamente en el desarrollo de uno de los sectores económicos más importantes para la región, pues son pocas las excepciones, ya que las exportaciones agrícolas son las más importantes en América Latina. Las capacidades de investigación y desarrollo en la región se ubican principalmente en biotecnologías tradicionales (fermentaciones, cultivo de tejidos y células, inmunología, manipulación de embriones y otros), antes que en biotecnologías modernas o moleculares. En Latinoamérica se realiza investigación y desarrollo en Biotecnología en los siguientes países, de acuerdo a su importancia relativa: Cuba, Brasil, Argentina, Chile, México, Venezuela, Costa Rica, Uruguay, Colombia y Perú (Ximena, 2004).

A nivel de Colombia, en el Programa Nacional de Biotecnología, Colciencias considera que para mejorar la competitividad del



aparato productivo del país, es necesario contar con una base científica y tecnológica sólida; para esto se requiere conformar una comunidad científica fuerte, dinámica e integrada a los procesos corrientes del saber mundial, con capacidad de negociación y con disponibilidad para apoyar los procesos de gestión de la industria nacional. Existe unanimidad de criterios entre el Programa Nacional propuesto por Colciencias y las necesidades expresadas por los distintos estamentos de la comunidad científica, en lo relacionado con la capacitación en Biotecnología a nivel de pregrado y posgrado en las universidades que poseen programas de Biología y Ciencias Básicas (Colciencias, 2005).

Por otro lado, no existen programas académicos consolidados de pregrado en Biotecnología a nivel nacional, excepto en la Universidad del Tolima, donde tentativamente se está montando uno que es muy parecido al de Biología de la Universidad Nacional; es decir Biología enfatizada hacia la Biotecnología. En la Universidad Inca, el programa de Biología General hace énfasis en Biotecnología; y en la Universidad de Antioquia, se ofrecen los programas de pregrado, maestría y doctorado en Biología, pero no referencian énfasis en Biotecnología. La UNAD, ofrece una especialización en Biotecnología Agraria, pero aún no ha iniciado actividades académicas; y la Universidad Nacional de Colombia, ofrece el doctorado en Biotecnología.

Luego, si hablamos como tal de una carrera profesional enfocada mayormente hacia la Biotecnología, cabe mencionar que a nivel país existen registrados dos programas de pregrado: uno denominado Biología con énfasis en Biotecnología, ofrecido por la Corporación Universitaria Minuto de Dios en Bogotá; y otro llamado Ingeniería Agroecológica y Biotecnológica, ofrecido en la Universidad Diego Luis Córdoba, en Quibdó (Chocó), y el doctorado de la Universidad Nacional enfocado a Biotecnología.







Por explicaciones y sugerencias de profesionales idóneos en el tema biotecnológico, no se amerita en el país una carrera de pregrado en Biotecnología, pues los pocos existentes en Latinoamérica han tenido bajo éxito e igualmente no ha sido fácil su implementación; pero si sugieren que se implementen cursos de extensión, cursos libres, cursos dentro de los currículos de diferentes programas académicos; igualmente, diplomados y hasta especializaciones que den cuenta de la importancia, conocimiento y nivel de desarrollo de nuestro país en esta área del conocimiento; y de aquí si partir a crear programas de pregrado y doctorado preferiblemente en esta área. (Forero, 2008).

### 3. CENTROS, GRUPOS Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA.....

La actividad de investigación en Biotecnología en Colombia según sus diferentes campos de aplicación, se puede distribuir así: campo vegetal y agrícola con 39 entidades; campo ambiental con 12 entidades; campo animal con 5 entidades. También existe investigación en área de la salud humana y área industrial, pero esta es relativamente escasa.

La mayor parte de la investigación biotecnológica se desarrolla en el campo vegetal y agrícola, principalmente por la empresa privada. Esto se ha relacionado con el mayor peso relativo que tiene el sector agrícola en el desarrollo del país y también con las potencialidades que este sector ofrece en términos de su aprovechamiento a través de la Biotecnología. La biotecnología vegetal experimenta hoy una evolución rápida que ha suscitado gran interés en la mayor parte del mundo. El impacto de la biotecnología afecta a las especies cultivadas y su potencial en términos del desarrollo tecnológico. Sin embargo todavía existe una brecha grande en la formación básica de la biología







celular y molecular, además, de las aplicaciones tecnológicas que esta conlleva. (Pérea, 2004).

El cultivo de tejidos vegetales es importante no sólo porque es el área de la biotecnología que tiene actualmente mayor aplicación práctica en la agricultura, sino por ser una herramienta versátil para el estudio de los problemas básicos y aplicados en la biología de las plantas; este constituye el puente necesario para llevar las manipulaciones genéticas desde el laboratorio hasta el campo.

Desde hace más de 100 años, en las investigaciones de fisiología vegetal se ha utilizado la técnica de cultivo de tejidos, órganos y células vegetales, que consiste en cultivar en medios nutritivos adecuados y en forma aséptica, ápices de raíz y de tallo, primordios de hoja, primordios o partes inmaduras de flores, frutos inmaduros, órganos aislados, embriones maduros o inmaduros, segmentos de órganos de tallo y hoja y algunas veces ovarios, óvulos, anteras y polen.

Los primeros intentos en esta técnica fueron realizados por Sacks en 1860 y Knops en 1861 quienes observaron que los principales nutrientes de las plantas superiores eran sustancias inorgánicas, y prepararon una solución nutritiva que las contenía, la cual ha sido utilizada por muchos investigadores desde entonces.

Posteriormente, Haberlandt en 1898 realizó un intento de cultivo de células aisladas en tres géneros de monocotiledóneas: *Erithronium*, *Ornithogalum* y *Tradescantío*, sin obtener éxito, ya que no observó división celular. Al publicar su trabajo en 1902 declara que los cultivos posteriores deben encauzarse hacia el estudio de las condiciones bajo las cuales las células aisladas sufren división, proporcionando información sobre las interrelaciones e influencias de las células e introduciendo el concepto de totipotencialidad celular; pues decía que si las células vegetales son totipotentes sería posible modificar su





ambiente y nutrición después de aislarlas para recapitular las secuencias del desarrollo; es decir, que si existe tal propiedad, esta podría ser explotada.

En 1922, Haberlandt y Kotte cultivaron ápices radiculares de chícharo y maíz en un medio enriquecido con sales orgánicas, glucosa, peptona, asparagina y varios aminoácidos, partiendo de la idea de obtener condiciones alimenticias semejantes al del floema. Con la misma idea, Robbins en 1922, enriquece el medio de cultivo con glucosa, agar y sales inorgánicas para el cultivo de ápices radiculares de varias especies.

Los progresos logrados en los 30 años siguientes a los experimentos de Haberlandt fueron muy pocos, pues varios investigadores reportaron trabajos desafortunados en cultivo de células aisladas. Sin embargo, el trabajo pionero fue el de White en 1934 con cultivo de ápices de raíz de tomate (*Lycopersicum esculentum*) en un medio líquido conteniendo sales inorgánicas, extracto de levadura y sacarosa, en donde obtuvo un crecimiento activo. Posteriormente demostró que el extracto de levadura se podía sustituir por tres vitaminas del grupo B: tiamina, piridóxina y niacina.



En 1936, Robbins estudió el efecto de los microelementos inorgánicos y señaló que el zinc, manganeso y boro son necesarios para el cultivo de ápices radiculares. En 1937, White descubre la importancia de la vitamina B para el crecimiento de las raíces, importancia que comparte con la auxina AIA (ácido indolacético). En el mismo año, Gautheret estudia el efecto de los factores ambientales del desarrollo vegetal en sus medios de cultivo. Nobecourt entre 1937 y 1938) obtiene proliferación celular en cultivos de raíces de zanahoria y es el primero en obtener callosidades con crecimiento limitado. Gautheret en 1938, también cultiva raíces de zanahoria, pero modifica el medio de Nobecourt en la glucosa, vitamina B (tiamina), cisteína hidroc্লorada y AIA.



Nobecourt y Gautheret en Francia, al igual que White en Estados Unidos en el año 1939, reportan un crecimiento indefinido en tejido de raíz, donde se observa la formación de callosidades sembradas en un medio semisólido.

Van Oberbeek, Concklin y Blakeslee en 1941, utilizaron la leche de coco para el cultivo de embriones de cocos y datura, observando resultados semejantes. Caplin y Steward en 1948, dieron a conocer el efecto tan pronunciado que ejerce la leche de coco en células aisladas de raíces de zanahoria, donde observaron crecimiento de células diferenciadas. Años más tarde, usando la leche de coco en combinación con 2 4-D, promueven la división celular en especies cuyo desarrollo fue muy difícil.

**Figura 1**  
**Representación esquemática de la historia del cultivo de tejidos vegetales**



**Fuente.** Pierik, 1990.

Murashige y Skoog (1962) desarrollaron un medio nutritivo con el que lograron un crecimiento rápido en tejidos de tabaco. En la actualidad, las sales inorgánicas de ese medio de cultivo se usan con bastante éxito en casi todas las especies. Los trabajos progresaron lentamente hasta 1963, cuando White organizó





el Primer Congreso Internacional de Cultivo de Tejidos en la Universidad de Pensylvania. En este congreso, investigadores en esta nueva área de la ciencia presentaron trabajos, cuadros completos apoyados con discusiones informales y problemas definidos para ser resueltos empleando las investigaciones en cultivo de tejidos.

Desde el año 1970 se ha realizado un gran número de investigaciones enfocadas a estudios de embriogénesis, organogénesis, hibridación, diferenciación, fitopatología, citología, mutagénesis, producción de metabolitos secundarios y más recientemente, estudios de transformación genética y mejoramiento asistido por marcadores moleculares.

### 3.1 Aplicaciones de la biotecnología vegetal

Varias estrategias se aplican en biotecnología para obtener plantas tolerantes a virus, patógenos e insectos, resistentes a los herbicidas y adquirir una mayor calidad nutricional.

La introducción de genes dentro de las plantas es una técnica muy promisoría para lograr plantas tolerantes a infecciones virales. El término protección cruzada ha sido utilizado para identificar la protección obtenida por una planta después de su inoculación con una cepa benigna de un virus, que la protegería de la infección causada por una cepa virulenta del mismo virus; es posible conferir tolerancia a los virus utilizando métodos que regulen la expresión de la ARN viral, una vez se halle este dentro de la célula.

Hay dos estrategias prometedoras para inducir en las plantas resistencia a los insectos: la resistencia conferida por la toxina de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y la acción de los inhibidores de proteasas inducidos por heridas causadas en la planta. La bacteria *B. thuringiensis* produce un polipéptido activo el





cual es tóxico para muchas especies de insectos; las plantas regeneradas produjeron suficiente toxina para asegurar la protección contra el ataque de los insectos. (Pérez, *et al.*, 1999).

Aunque las plantas tienen contenidos de los aminoácidos esenciales menores que en los animales; una estrategia para corregir estos defectos es la síntesis de genes que codifiquen para proteínas (homopoliméricas que contengan un solo tipo de aminoácidos) o para proteínas conformadas por la repetición de 2 ó 3 aminoácidos esenciales; se han sintetizado y clonado los genes (Sp44, Sp47) que codifican para los polipéptidos poseedores de un alto contenido de los aminoácidos esenciales más limitantes de una dieta a base de cereales y tubérculos.

Parece evidente por lo expuesto hasta aquí, que las técnicas de la manipulación genética son importantes en el contexto general de la agricultura moderna; la biotecnología agrícola se encargará de conectar áreas básicas de la biología molecular y la biología celular con las prácticas agrícolas tradicionales; esta labor de conjunto producirá las nuevas variedades de plantas que se cultivarán en los próximos años.

Muy por debajo de este grupo se encuentran las demás áreas, con un nivel de importancia media, ellos son los campos ambiental y de salud humana; sobresale aquí la participación del Estado en la ejecución de trabajos en estas ramas. Por último se encuentran las áreas animal e industrial, con un reducido número de entidades. El 47 % de las empresas privadas que hacen biotecnología están ubicadas en Bogotá; el 14 % en Medellín; el 8 % en Cali; el 6 % en Barranquilla; el 3 % en Manizales y el resto en otras ciudades.





## 3.2 Principios básicos en biotecnología animal

Desde el punto de vista histórico los estudios de embriología en mamíferos resultaron cruciales para el desarrollo de esta tecnología. Los primeros trabajos experimentales en embriología de mamíferos fueron realizados en conejos por sus características biológicas favorables, como por ejemplo, el tamaño significativamente grande del óvulo, lo que facilita su manipulación. Algunos de esos trabajos iniciales incluyeron: la descripción de los estadios embrionarios antes de la implantación descritos en 1875 por Van Beneden; la transferencia de embriones para el oviducto descritos en 1890 por Heape; la realización de un video de las divisiones de una mórula en cultivo realizado por Lewis y Gregory en 1929.

A continuación veremos otros de los momentos claves relacionados con esta tecnología (Ancora, *et al.*, 2007).

- ▶ 1865. Gregor Méndel inicia la Era de la Genética con los estudios de las características de la descendencia en el guisante.
- ▶ 1919. Karl Ereky, un ingeniero húngaro, usa por primera vez el término Biotecnología.
- ▶ 1938. Basado en sus experimentos, Spemann propone el experimento fantástico de clonar células somáticas de adultos empleando métodos de transferencia nuclear. La falta de tecnología hace que el experimento fracase.
- ▶ 1941. George Beadle y Edward Tatum, demuestran que un gen produce una proteína (comparten el Premio Nóbel de Medicina en 1958).





- ▶ 1949. Hammond mantiene embriones de ratón en cultivo in vitro.
- ▶ 1953. James Watson y Francis Crick, proponen la doble hélice como estructura para la molécula de ADN (reciben el Premio Nóbel de Medicina en 1962, que comparten con Maurice Wilkins).
- ▶ 1966. Lin, describe la exitosa microinyección de gotas de aceite y g -globulina bovina dentro de cigotos murinos.
- ▶ 1969. Herbert Boyer, da inicio al estudio de las enzimas de restricción (aisló la enzima EcoRI de *Escherichia coli*).
- ▶ 1972. Inicio de la tecnología del ADN recombinante-Ingeniería Genética. Paul Berg recombina ADN del virus SV40 con ADN de *Escherichia coli*.
- ▶ 1973. Stanley Cohen y Herbert Boyer, realizan la primera experiencia de Ingeniería Genética aplicada a un microorganismo, la bacteria *Escherichia coli*. Este fue considerado el primer organismo genéticamente modificado y se constituyó en la primera alarma a nivel mundial contra la Ingeniería Genética.
- ▶ 1974. Paul Berg y diez destacados nombres de la biología, publican en las revistas *Science* y *Proceedings of National Academy of Sciences* una carta moratoria donde proponen la suspensión de todos los experimentos de Ingeniería Genética, hasta la realización de un estudio donde se evalúen los riesgos y se tomen las correspondientes decisiones.
- ▶ 1975. Conferencia de Asilomar, California (consecuencia de la carta moratoria) que reúne más de 100 científicos. Se decide que los experimentos que puedan tener como finalidad la guerra bacteriológica sean suspendidos, mientras que los







otros, clasificados en tres grados de riesgo, sólo puedan ser realizados con precauciones proporcionales.

- ▶ 1977. Gordon transfiere MARN y ADN en huevos de *Xenopus* y observan un procesamiento correcto del ácido nucleico y producción de proteínas.
- ▶ 1978. La bacteria *E. coli* es usada para producir insulina humana por los científicos de Genentech.
- ▶ 1980. Gordon, Ruddle y otros colaboradores, inyectaron ADN de ratón en uno de los pronúcleos de un cigoto de la misma especie, dando inicio a una nueva era en la manipulación genética de embriones de mamíferos.
- ▶ 1981. Gordon y Ruddle demostraban la integración y transmisión estable a través de la línea germinal de genes inyectados en pronúcleos de cigotos de ratón obtenidos por fecundación in vitro.
- ▶ 1981. Evans y Kaufman obtienen células embrionarias totipotentes de ratón.
- ▶ 1982. Palmiter y sus colaboradores, obtuvieron ratones transgénicos gigantes al inyectar en el pronúcleo de un cigoto el gen de la rata que codifica para la hormona del crecimiento.
- ▶ 1982. La insulina humana, denominada Humulin, es el primer medicamento genéticamente modificado, aprobado por la *Food and Drug Administration* (FDA), en los Estados Unidos. Cerca de 5% de los diabéticos eran alérgicos a la insulina de cerdo, anteriormente utilizada.
- ▶ 1983. Palmiter y sus colaboradores, obtuvieron también ratones transgénicos gigantes cuando el transgén introducido era el gen humano que codifica para la hormona de crecimiento.







- ▶ 1983. McGrath y Solter desarrollan una nueva técnica para experimentos de transferencia nuclear en ratón.
- ▶ 1984. La *Polymerase Chain Reaction* (PCR) es descrita por Kary Mullis (Mullis ganó el Premio Nobel de Química en 1993).
- ▶ 1985. La empresa Genentech es la primera empresa de Biotecnología que lanza al mercado su primer producto biofarmaceutico: La ProTropin una hormona del crecimiento.
- ▶ 1985. Hammer y colaboradores, obtienen animales de granja transgénicos (conejos, ovejas, cerdos) con el transgén de la hormona del crecimiento humano.
- ▶ 1986. La OCDE publica el informe *Recombinant DNA: Safety Considerations (Blue Book)* que resultó del trabajo del grupo *Ad Hoc* creado en 1983. Este informe refuerza la posición en la defensa de la seguridad y mecanismos de monitoreo del riesgo de los OGM en las aplicaciones a la industria, ambiente y agricultura.
- ▶ 1987. Thomas y Capecchi, obtienen los primeros ratones *knockout* por recombinación homóloga.
- ▶ 1989. Clark y otros colaboradores, obtienen ovejas transgénicas con el gen humano del factor IX de coagulación de la sangre mediante microinyección de ADN en el pronúcleo del cigoto.
- ▶ 1990. Primera oveja transgénica (Tracy). Contiene un gen humano que le permite secretar en la leche el inhibidor de la alfa-1 proteinasa humana; una glicoproteína importante en el tratamiento del enfisema pulmonar.





- ▶ 1991. Wright y colaboradores, obtienen ovejas transgénicas con el gen humano de la 1-antitripsina mediante microinyección de ADN en el pronúcleo de cigotos.
- ▶ 1991. Ebert y colaboradores, obtienen cabras transgénicas con el gen ATPH humano (activador tisular de plasminógeno) mediante microinyección de ADN en pronúcleo de cigoto.
- ▶ 1991. Krimpenfort y colaboradores, obtienen vacas transgénicas con el gen humano de la lactoferrina mediante microinyección de ADN en el pronúcleo de cigotos.
- ▶ 1993. Nagy y Rossant, obtienen ratones quiméricos por co-cultivo de embriones.
- ▶ 1993. Schedl y colaboradores, obtienen ratones transgénicos con cromosomas artificiales de levaduras.
- ▶ 1994. Brinster y colaboradores, obtienen ratones transgénicos por trasplante de espermatogonias.
- ▶ 1994. Por primera vez hay una autorización (FDA – Estados Unidos) para un cultivo comercial de un alimento genéticamente modificado: el *FlavrSavr*™ (Calgen), un tomate de vida prolongada con maduración tardía, para evitar la producción de una enzima que participa en el proceso de senescencia. La aprobación tardó cuatro años de sucesivas investigaciones de toxicología y seguridad realizadas por la misma compañía y varias universidades independientes
- ▶ 1996. Primera autorización para la comercialización de un alimento transgénico en Europa: El concentrado de tomate de la empresa Zeneca.
- ▶ 1996. Desarrollo de los chips de ADN, GeneChip®.





- ▶ 1997. Schnieke y colaboradores, obtienen ovejas clónicas transgénicas por transferencia nuclear a partir de células fetales diferenciadas.
- ▶ 1997. La Unión Europea, autoriza la comercialización del maíz genéticamente modificado de Novartis.
- ▶ 1997. Nacimiento del primer mamífero clonado a partir de células adultas: la oveja Dolly. En febrero de 1997, el embriólogo Ian Wilmut, del Roslin Institute Therapeutics (Escocia), anunció el nacimiento de un clon de oveja (Dolly) que fue concebido a partir de una célula de glándula mamaria de una oveja adulta, cuyo núcleo fue implantado en un ovocito enucleado de otra oveja. El embrión resultante fue implantado en el útero de una tercera oveja. Así, Dolly nació y el 13 de abril de 1998 tuvo una hija (Bonnie) por vía natural, probando que el clon es capaz de reproducirse. Sin embargo, Dolly murió en febrero de 2003 debido a envejecimiento precoz.
- ▶ 1997. Científicos del mismo Instituto, clonaron dos ovejas genéticamente modificadas (Polly y Molly). Estas ovejas poseían un gen humano responsable por la síntesis del factor IX de la coagulación sanguínea, Esta proteína es segregada en la leche de estas ovejas y después es purificada para ser utilizada en pacientes hemofílicos.
- ▶ 1997. Primera planta transgénica con un gen humano: El tabaco productor de la proteína C humana, una enzima (proteasa) que desempeña un papel crítico en el mecanismo natural de la coagulación
- ▶ 1998. La Unión Europea autoriza el cultivo del maíz genéticamente modificado en Europa.
- ▶ 1999. Secuenciación del genoma de *Drosophila melanogaster*.





- ▶ 1999. Yanagimachi y colaboradores, obtienen ratones transgénicos mediante la co-inyección de cabezas de espermatozoides y ADN exógeno.
- ▶ 1999. Por imposición del Parlamento Europeo, todos los países de la EU, excepto España, Irlanda y Portugal, asumen una moratoria de 18 meses para la aprobación de semillas genéticamente modificadas.
- ▶ 2000. Secuenciación del genoma humano parcialmente completa.
- ▶ 2000. El equipo conducido por Ingo Potrykus del Swiss Federal Institute of Technology en Zurich y Peter Beyer de la University of Freiburg en Alemania, anuncian la producción del arroz dorado, genéticamente modificado, enriquecido con beta-caroteno que es transformado en el cuerpo humano en vitamina A.
- ▶ 2000. La PPL Therapeutics (la empresa que ayudó a clonar a Dolly) anuncia la clonación de 5 cerditos genéticamente modificados y con un gen *knocked out*, que hace que los órganos de estos cerdos no sean rechazados en el caso de trasplantes en humanos.
- ▶ 2004. Más de cien países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), presentes en una conferencia internacional en Kuala Lumpur, llegan a un acuerdo para regular estrictamente las exportaciones de los OGM. Aunque, con la oposición de los Estados Unidos y de otros países exportadores, es aprobado un sistema riguroso destinado a regular el transporte, el embalaje y la identificación de las cosechas, alimentos y otros productos transgénicos.
- ▶ 2005. Un embrión humano es clonado en Inglaterra y vive por unos pocos días. Los mismos son usados como fuentes de





células. Los científicos no dejan a los embriones convertirse en bebés clonados humanos, dado que dicha acción es considerada ilegal y prohibida por casi todo el mundo. El trabajo consiste en la creación de células específicas y útiles destinadas a enfrentar determinadas enfermedades.

- ▶ 2005. Se crea una nueva versión de arroz dorado con un contenido incrementado de pro-vitamina A.
- ▶ 2005. Científicos rusos y japoneses esperan reproducir mamuts a partir de las patas del animal extinto, descubiertas en la región de Yakutsk al norte de Rusia.
- ▶ 2006. El mejor caballo campeón de carreras de barriles Scamper ha sido clonado en Austin, Texas. Este legendario caballo perteneciente a la estrella de rodeo Charmayne James, ahora tiene un joven gemelo gracias a la compañía de clonación ViaGen. El nacimiento se produjo en Texas el 8 de Agosto de este año.
- ▶ 2007. La controversia sobre la clonación, la investigación en células madre (*stem cells ES*) y cultivos genéticamente modificados, continúa.


El mejoramiento genético de especies económicamente importantes ha aportado conocimientos significativos acerca de la biología durante milenios. Hasta hace poco, el entrecruzamiento de especímenes fue el único mecanismo de mejoramiento genético. Sin embargo desde el desarrollo de las técnicas de ADN recombinante, cambió radicalmente, ya que genes independientes e incluso genes pertenecientes a otras especies lejanas en la escala evolutiva, pueden ser específicamente integrados a la constitución genética de organismos completos. La transferencia de genes es ahora una herramienta rutinaria para el estudio de la regulación génica y desarrollo celular, pero también se ha utilizado para lograr





el mejoramiento de especies e incluso para la producción de proteínas heterólogas (Spinel, 2006).

Además de la inserción de las secuencias que codifican para las características de interés, a estos se les deben añadir las secuencias promotoras y terminadoras que regulan la expresión génica. Entre las características que se están estudiando y desarrollando en la producción de plantas transgénicas se encuentran: la tolerancia a herbicidas; la resistencia a patógenos y plagas (insectos, hongos y virus); el mejoramiento de la calidad nutritiva; de la conservación; y aumento del rendimiento y la tolerancia a condiciones adversas. Entre otros, tenemos como ejemplo, el cultivo del arroz, que se consume en grandes cantidades y en muchas regiones de la Tierra, especialmente en los países en desarrollo. Este importante cultivo no contiene vitamina A y posee muy bajas cantidades de hierro en el endospermo de su pequeña semilla. La investigación biotecnológica ha posibilitado el desarrollo de una variedad de arroz con una combinación de transgénos que llevan a la biosíntesis de la provitamina A betacaroteno (Chaparro, 2005).



La ingeniería genética por otra parte ha desarrollado mecanismos para modificar no sólo el genoma de microorganismos y plantas, sino también el de los animales. Esto se hace mediante manipulación genética *in vitro*. Los primeros experimentos exitosos de transgénesis en animales fueron en ratones a los que se les había insertado el gen que produce la hormona de crecimiento de ratas en 1982. Existen en la actualidad diferentes mecanismos para crear animales transgénicos. Esta tecnología ha permitido el estudio de las funciones de los genes y la producción de proteínas con fines farmacéuticos. Entre los vertebrados que han sido genéticamente modificados hasta el año pasado se encuentran cerdos, vacas, borregos, pollos y varios peces como la trucha, el salmón y la tilapia, entre otros. Aunque se tienen importantes usos potenciales para los animales transgénicos aún existen muchas limitaciones para su uso. (Benítez, 2005).



### 3.2.1 Aplicaciones de la biotecnología en la producción animal

La clonación génica y la transferencia de tecnología, han generado nuevos métodos para alterar los genomas de ganados que mejoren la calidad de los productos animales. Estas técnicas permiten el mejoramiento genético como complemento de la crianza selectiva convencional. Las especies domésticas son actualmente importantes en las investigación biológica y la aplicación tecnológica, porque estas tienen diversos productos de valor comercial y además algunas un periodo corto de gestación. Las alteraciones biotecnológicas pueden generar un significativo impacto en la calidad de la carne cambiando los valores nutricionales; también se han producido ganados transgénicos que expresan una proteína heteróloga (proteína activadora del plasminógeno) con grandes efectos farmacéuticos.

No sólo los animales importantes en el sector agrario han sido utilizados para el mejoramiento, sino que gracias a la biotecnología, nuevas especies comerciales han sido involucradas en la tecnología del ADN recombinante. Tal es el caso de las cabras, a las cuales se ha manipulado por medio de transferencia de genes; animales con diferencias en el pelaje dando como resultado una cabra con piel de oveja, donde la suavidad de la lana está determinada por los genes de la oveja introducidos en la cabra; es importante resaltar que la cabra genera mayor resistencia a condiciones extremas asegurando la producción de piel (Anzola *et al.*, 2005).

Se han establecido nuevos desafíos que implican el control de la maduración reproductiva, la fertilidad, el control del sexo genético y la proporción de las progenies en diferentes especies, de las cuales la biotecnología puede contribuir a incrementar la capacidad productiva.







En lo relacionado a estudios en peces comerciales, se han analizado las diversas contribuciones de la biotecnología en la naturaleza fisiológica y/o genética, donde esta tiene una amplia aplicación industrial y sobretodo en acuicultura; siendo esperable que en el futuro se consolide la aplicación de estas estrategias tecnológicas en la mayoría de las especies comerciales, en tanto se desarrolle la investigación y la transferencia tecnológica de estos resultados. (Álvarez, 2005).

A nivel de desarrollos y avances en esta área del conocimiento, las principales empresas y entidades de carácter privado que hacen investigación en Biotecnología por campos de aplicación son las siguientes:

► **Área vegetal y agrícola**

- Asociación de Bananeros de Colombia, AUGURA. Medellín.
- Centro Frutícola Andino, CEFA. La Unión.
- Centro Nacional de Investigaciones del Café, CENICAFE. Chinchiná.
- Centro de Investigaciones de la Caña de Azúcar, CENICAÑA. Cali.
- Compañía Colombiana de Tabaco, COLTABACO. Medellín.
- Floramérica S.A. Bogotá.
- Reforestadora de la Costa S.A. REFOCOSTA. Barranquilla.
- Universidad de los Andes. Bogotá.

► **Área ambiental**

- Levapan S.A. Tuluá.
- Sucromiles. Palmira.
- Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Universidad de La Salle. Bogotá.

► **Área animal**

- Bioingeniería Ltda. Chía.
- Laboratorios Veterinarios Biológicos, LAVERLAM. Cali.







El lo referente a instituciones públicas que realizan investigación biotecnológica, el 35 % funciona en Bogotá; el 18 % en Cali; el 12 % en Medellín y el resto en otras capitales o ciudades intermedias de Colombia. Algunas de estas son:

► **Área vegetal y agrícola**

- Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali.
- Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, INEA. Bogotá.
- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Universidad de Antioquia. Medellín.
- Universidad de Caldas. Manizales.
- Universidad del Valle. Cali.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

► **Área ambiental**

- Universidad Industrial de Santander.
- Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Universidad de Antioquia. Medellín.
- Universidad del Valle. Cali.

► **Área animal**

- Universidad de Antioquia. Medellín.
- Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.

Por otra parte, los profesionales que laboran en el campo de la Biotecnología en Colombia son aproximadamente 600 y se ubican principalmente en los centros de investigación (38 %) y en el sector académico (37 %), en tanto que el 22 % se desempeña en el sector productivo y el resto en demás sectores. De estos profesionales, la gran parte (45 %) son maestros en ciencias biológicas, y poseen grado de Maestría; con Doctorado un 19 %. Del universo de profesionales en Biotecnología, el 45 % se dedica a la línea vegetal y agrícola, el 25 % se desempeña en salud humana, el 15 % en el área ambiental, el 8 % en el ámbito industrial y el 7 % en el sector animal.





En el sector privado existen 36 empresas trabajando en Biotecnología, de las cuales 5 (14 %) son universidades que investigan en las líneas vegetal y agrícola e igualmente en salud y medio ambiente no poseen investigación en los campos animal e industrial (Forero, 2006).

## **4. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL EN BIOTECNOLOGÍA**

.....

### **4.1 Justificación**

La Universidad EAN, sustentada en su amplia experiencia en el campo administrativo, de mercadeo, de negocios y ahora en el campo ambiental y teniendo en cuenta su misión y visión institucional, debe y requiere proyectarse al desarrollo requerido por el país en torno a las ciencias biológicas. Por lo anterior, se requiere que los profesionales posean una formación en Biotecnología; siendo esta una herramienta que permite el planteamiento de soluciones prácticas a los problemas de manejo de los recursos biológicos pertinentes al sector pecuario, agrícola y ambiental en Colombia.

Con esto, se propone convocar la voluntad de todos los actores sociales que son partícipes en la vida académica y administrativa de la Universidad EAN, para contribuir a la formación de profesionales capaces de interpretar las nuevas realidades del entorno científico y tecnológico en el campo agrario, pecuario y ambiental, para cualificar el recurso humano en las verdaderas necesidades del sector, mediante la implementación de tecnologías novedosas, que contribuyan a una mejor aplicación y mejoramiento en los diferentes campos anunciados.



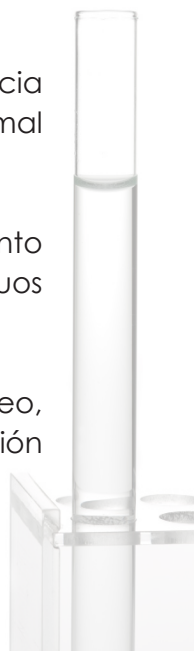


Por lo anterior y siendo consecuentes con la visión y misión de la Universidad EAN, se propone que a nivel institucional sea creada la línea de Investigación en Biotecnología, como aporte a la ciencia y tecnología, para que contribuya de manera real y efectiva a la sostenibilidad y protección de los recursos de biodiversidad. Esta línea, es entendida como vector de generación de alto conocimiento desde áreas curriculares de prioridad estratégica para el desarrollo y cualificación de sus programas y la interacción sinérgica con el entorno.

Los siguientes son los objetivos de investigación que se abordarían como resultado de la implementación de esta línea y de un laboratorio de investigación:

## 4.2 Objetivos

- ▶ Identificar la existencia de material genético útil para programas de conservación, mejoramiento y producción.
- ▶ Caracterizar los recursos de biodiversidad y diseñar estrategias de mejoramiento genético acordes con las condiciones ambientales de cada sistema.
- ▶ Identificar los genes que participan en rasgos de importancia en programas de producción, conservación y mejora animal y vegetal.
- ▶ Evaluar la importancia e impacto que desde el punto de vista ambiental, genera el buen manejo de residuos contaminantes.
- ▶ Resaltar la importancia que tiene para el productor el empleo, mejoramiento e implementación de técnicas de producción y postproducción.



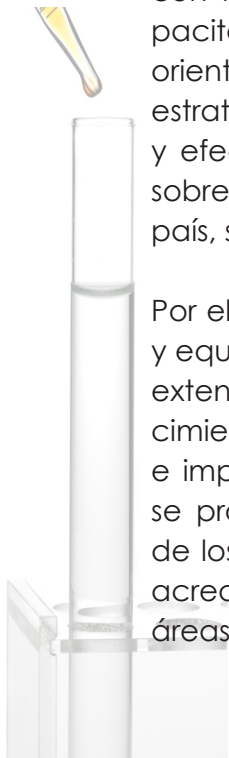


- Reconocer la importancia que representa para programas de mejoramiento, cruzamiento, producción y conservación las técnicas de cultivo de tejidos tanto animales como vegetales.

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA.....

La Universidad EAN, consciente que en los últimos años los desarrollos biotecnológicos, sus impactos y aplicaciones en los campos de la salud, la agricultura, la ganadería y el medio ambiente entre otros, han avanzado notablemente; por tanto, pretende mediante esta propuesta, fortalecer la dimensión biotecnológica en la formación de los estudiantes de todos sus programas, a través de diferentes escenarios para que resalten la importancia de hacer parte en este tipo de conocimiento, con miras a generar conciencia de las necesidades de capacitación y formación de nuestros profesionales, para que orienten sus conocimientos a la generación de políticas, estrategias y herramientas que contribuyan de manera real y efectiva a la solución de innumerables problemáticas que sobre materia ambiental se están generando no sólo a nivel de país, sino también a nivel mundial.

Por ello dentro de esta propuesta, se pretende la construcción y equipamiento de un laboratorio de investigación, docencia y extensión en este importante campo. Este proyecto de fortalecimiento del área biotecnológica, mediante la construcción e implementación de un espacio destinado para laboratorio, se propone como una estrategia para mantener la posición de los programas a nivel nacional y avanzar en el proceso de acreditación internacional, donde se requiere que las diferentes áreas que lo componen, estén en un proceso continuo de





autoevaluación y mejoramiento, para estar acorde con los estándares nacionales e internacionales, con el fin último de brindar la mejor formación a los estudiantes que son parte de ella.

El plan que se presenta a continuación, busca como fin la proyección del departamento de Ciencias Básicas, como una escuela de pensamiento científico, que involucre interdisciplinariamente las diversas áreas que la componen, en la cual por supuesto se incluye la dimensión biotecnológica, de los problemas que trata a diario, colocándola acorde con los estándares internacionales y que sea líder en ofrecer una respuesta conjunta a los problemas que enfrenta el país a temas tan actuales como: el empleo de tecnologías novedosas que contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de la población campesina y vulnerable; la producción de alimento de alto valor nutritivo; la sostenibilidad ambiental; el mejoramiento genético de nuestras especies faunísticas y florísticas entre otros.

Actualmente el plan curricular del área biotecnológica en los programas de la Universidad EAN no está contemplado; es por ello que, mediante esta propuesta y el estado del arte descrito anteriormente, se pretende empezar a generar conciencia a todas las profesionales, empresarios, productores y personas del común, la importancia de implementar programas que sean encaminados al mejoramiento y sostenibilidad ambiental y agropecuaria del país. Por lo anterior, se hace un llamado a las directivas, decanos, directores de programa, docentes y estudiantes de la Institución, a que el componente biotecnológico sea implementado de manera gradual como un curso electivo, para que los profesionales de cualquier programa académico lo puedan tomar y profundicen en este campo.

Dentro del componente práctico se encuentra una gran falencia y es el de no disponer de un espacio destinado como laboratorio que fortalezca el área biotecnológica, en la cual se pueden realizar prácticas muy sencillas como cultivos





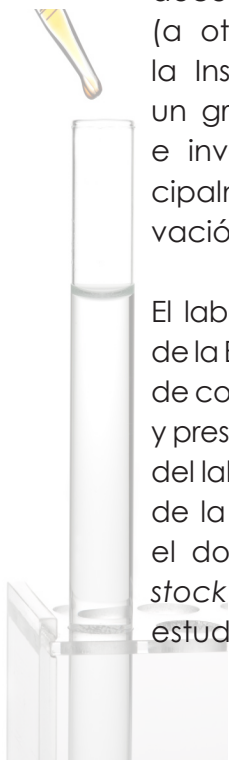
celulares en animales y vegetales, a la reproducción in vitro de plántulas de diversas especies y la producción y conservación de germoplasma animal y vegetal, lo cual le permitiría a la Universidad EAN obtener unos buenos recursos por préstamo, capacitación, transferencia o venta de los productos obtenidos en este laboratorio. Igualmente este espacio será empleado para docencia, que apoye los diversos programas que ofrece la Institución.

Para solucionar el inconveniente del laboratorio, la propuesta va dirigida a la adecuación de la infraestructura del laboratorio de biotecnología que sirva para fines investigativo como para docencia, siguiendo unos parámetros de normas de bioseguridad.

## 5.1 Importancia del laboratorio

Este laboratorio se convertirá en un centro de investigación, docencia y extensión, que prestará sus servicios tanto interna (a otras facultades) como externa (otros sitios diferentes a la Institución); igualmente, contará con la participación de un grupo idóneo de profesionales, con experiencia docente e investigativa y capacitados en esta área, aplicada principalmente a programas de capacitación, formación, conservación, producción y mejoramiento, entre otros.

El laboratorio estará adscrito al departamento de Ciencias Básicas de la EAN y estará al frente un coordinador, el cual tendrá funciones de control y asesoría de las actividades de investigación, docencia y prestación de servicios, a partir de protocolos de funcionamiento del laboratorio, y un auxiliar de laboratorio, quién será responsable de la manipulación de equipos, preparación de muestras para el docente o investigadores, verificar e informar respecto al stock de materiales y reactivos, prestar acompañamiento a estudiantes, entre otras.





## 5.2 Objetivos

- ▶ Apoyar el desarrollo de la investigación científica y pedagógica a través de la asesoría y la realización de proyectos de pregrado y postgrado aplicando los adelantos técnico - científicos de vanguardia en el campo de las ciencias biológicas.
- ▶ Ofrecer asesoría y entrenamiento a profesionales y estudiantes del área de la biotecnología.
- ▶ Ofrecer capacitación a empresarios, productores y demás personas interesadas en el campo biotecnológico.

## 5.3 Misión del laboratorio

Ofrecer un servicio integral en Biotecnología en las técnicas de producción de cultivos celulares, producción de semillas, producción de plántulas in Vitro, producción y conservación de germoplasma animal y vegetal y la generación de programas de capacitación en estas y otras técnicas.

## 5.4 Cultura organizacional

El laboratorio estará constituido por un equipo de investigadores y docentes y un coordinador de laboratorio comprometidos en mantener una actualización permanente en metodología y adelantos científicos y pedagógicos que contribuyan al desarrollo de las líneas de investigación relacionadas con esta temática. El laboratorio se preocupará por utilizar reactivos de excelente calidad y protocolos estandarizados y reportados en la literatura nacional e internacional que garanticen la confiabilidad de nuestros resultados.





## 5.5 Impacto social

El conocimiento de nuestra biodiversidad y la urgente necesidad de adelantar estudios y programas encaminados al mantenimiento de la sostenibilidad ambiental y el aprovechamiento e implementación de las diversas tecnologías biotecnológicas, que permitan mejorar la calidad de vida de nuestros habitantes

## 5.6 Impacto académico

En la actualidad existe una preocupación manifiesta a nivel mundial sobre las estrategias de conservación, aprovechamiento y distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la gran diversidad y riqueza biológica existente en regiones como la Amazonía y la Orinoquía suramericanas. El gobierno colombiano está comprometido con esta causa y para ello se encuentra trabajando en el diseño de una política nacional de biodiversidad que sirva como elemento orientador en el tema, la cual debe apoyarse en herramientas fundamentales como el conocimiento de la constitución y funcionamiento biotecnológico de las poblaciones.

## 5.7 Fortalecimiento de la investigación

La investigación es uno de los pilares dentro del desarrollo de una comunidad universitaria que debe resolver preguntas de los diversos sectores del país, así como aquellas que involucran los aspectos básicos. La investigación como tal no se ha desarrollado en esta área, por lo tanto es necesario desarrollar los siguientes aspectos:

- Adecuar la infraestructura del laboratorio, aspecto que ya se mencionó.







- Impulsar el área, se propone el desarrollo de proyectos interdisciplinarios a diferentes escalas

## 5.8 Proyectos a menor escala

Se pondrán para fortalecer el área y dar inicio al desarrollo de la misma; estos serán proyectos que se caracterizarán por desarrollarse en tiempos cortos (entre 6 y 12 meses), con presupuestos reducidos (menos de \$5.000.000) y que incluso pueden estar inmersos como proyectos pequeños dentro de desarrollo de proyectos a mayor escala.

## 5.9 Proyectos a mediana escala

En estos proyectos se pretende involucrar a otros profesores de la Universidad EAN, quienes tienen proyectos de investigación en los cuales se puede involucrar el ámbito biotecnológico, lo que conllevaría al aprovechamiento de recursos y la conformación inicial de grupos interdisciplinarios al interior de la Universidad. Los proyectos se caracterizarán porque toman entre 12 y 24 meses y su financiación es de un monto de menos de \$15.000.000.

## 5.10 Proyectos a gran escala

Más que concebidos como proyectos, serán las líneas de investigación bajo las cuales se direcciona el desarrollo y fortalecimiento del área. Las líneas requieren la conformación de grupos interdisciplinarios, que incluso cuente con investigadores internacionales, así como tiempos de más de 5 años y presupuestos de más de \$50.000.000.





## 5.11 Fortalecimiento de la extensión

El papel de las Universidades como entidades con la capacidad de resolver problemas que afectan el sector productivo y ambiental como es el caso de la Universidad EAN, es cada vez más preponderante, así como la transmisión de los resultados de investigación.

Dentro del espíritu eanista, se deja muy claro su papel en la sociedad, por eso creemos que este es uno de los puntos más importantes a fortalecer y en el cual el trabajo desarrollado por parte del área, ha sido hasta el momento nulo, por lo cual se propone el desarrollo de los siguientes aspectos:

- ▶ Desarrollo de cursos de extensión: responder a las expectativas de los empresarios y productores y a su necesidad de mantenerse actualizados. Se pueden realizar cursos de extensión que incluso pueden ir acoplados a los cursos de profundización o electivas.
- ▶ Prestación de servicios: aprovechar la capacidad y el conocimiento generado; los servicios que se presten se puede ir montando paulatinamente en el área biotecnológica como:

Capacitación en:

- ▶ Tejidos animales y vegetales.
- ▶ Producción de plántulas *in vitro*.
- ▶ Bancos de germoplasma.
- ▶ Mejoramiento y sostenibilidad ambiental.
- ▶ Material genético.





Técnicas de biología molecular y citogenética:

- ▶ Uso adecuado de materias renovables y no renovables.
- ▶ Venta de materiales y productos obtenidos mediante investigación.
- ▶ Otros.

## 5.12 Interrelación Universidad – Empresa

Uno de los aspectos en la extensión, es conocer las realidades del sector; por lo cual se propone realizar encuestas y aprovechar espacios en congresos, seminarios y cursos para conocer las necesidades del mismo, e incluso organizar reuniones con los diferentes gremios y conocer la demanda no sólo en el ámbito biotecnológico sino en otras áreas que se relacionan con el componente ambiental y empresarial.

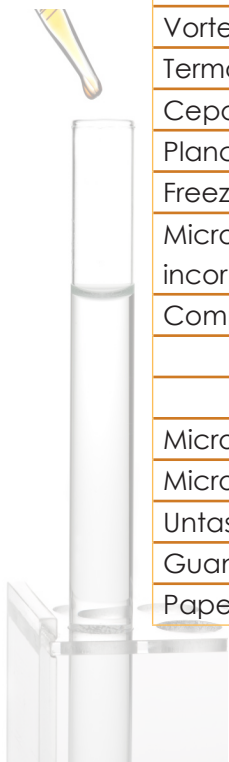
## 5.13 Requerimientos de equipos y materiales

Para lograr los objetivos propuestos y cumplir cabalmente con la misión del laboratorio, a continuación se relacionan los materiales y equipos que como mínimo se requieren para su implementación y desarrollo.



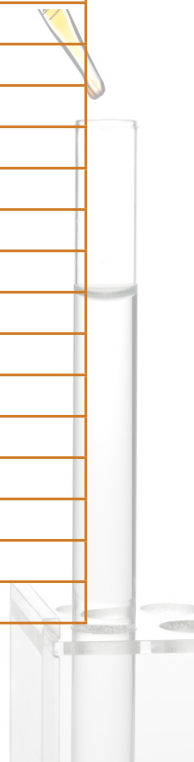


EQUIPO	CANTIDAD
Autoclave.	1
Horno.	1
Balanza de brazo.	2
Destilador.	1
Agitador magnético.	2
Balanza analítica.	1
Medidor de pH.	2
Baño serológico.	1
Centrífuga.	1
Licuada.	1
Cámara de extracción.	1
Cámara de flujo laminar.	1
Microscopios binoculares.	5
Estereoscopios.	5
Incubadora.	1
Cámara electroforesis horizontal.	2
Fuente de poder.	1
Neveras de 11".	1
Vortex mezclador.	1
Termociclador.	1
Cepario con termostato.	1
Planchas de calentamiento.	2
Freezer de -20oC.	1
Microscopio y estereoscopio con cámara incorporada.	1
Computador con impresora láser.	1
MATERIALES	CANTIDADES
Micropipeta 10-100UL.	2
Micropipeta 0-10UL.	2
Untas blancas.	2000
Guantes aislantes.	2
Papel filtro.	2 cajas





Bandeja en acrílico.	2
Gradillas para tubos de centrifuga y de ensayo.	5 para cada uno
Pinzón doble para bureta.	2
Tubo de ensayo PYREX.	5
Tubo de ensayo PYREX.	20
Tubos de ensayo.	20
Erlen meyer de 50, 100, 250, 500, 1000 Y 2000 ml.	10 de cada uno
Balón volumétrico 100 ml.	10
Estuches de disección.	5
Cajas peetri.	10
Espátulas.	8
Mortero de porcelana.	2
(Mortero de Porcelana.)	2
Embudo de vidrio.	3
Balón volumétrico 250 ml.	5
Balón volumétrico 500 ml.	5
Balón volumétrico 1000ml.	5
Vasos de precipitados 100 ml.	5
Vaso deprecitados 250 ml.	5
Vaso de precipitados 600 ml.	5
Vaso de precipitados 50 ml.	5
Probeta graduada de 500 ml.	5
Probeta graduada de100 ml.	5
Probeta graduada de 50 ml.	5
Vidrio de reloj 80 mm.	5
Pipeta volumétrica de 1 ml.	5
Pipeta volumétrica de 2 ml.	5
Pipeta volumétrica de 10 ml.	5
Pipeta volumétrica de 25 ml.	5
Tubi para centrpifuga vidrio- cónico.	5
Tubos ependeorf 1.5 ml.	500
Varilla agitadora.	30





Pinza metálica para tubo de ensayo.	20
Soporte universal con varilla.	10
Pinza para soporte universal.	10
Bureta llave receta 25 ml.	1
Cámara de neubauer.	5
Asas bacteriológicas.	5
Mechero a gas con regulador bunsen Fisher.	20
Pipeta graduada clase b 10ml.	5
Pipeta graduada clase b 5 ml.	5
Láminas y laminillas para microscópico.	5
Pipeta graduada 1 ml.	5
Pipeta graduada 2 ml.	5
Frascos de cultivo en vidrio.	50
Pipetas pasteur .	50 unid.
Cajas archivadoras para 100 láminas.	50 unid.
Gafas de seguridad.	2
Frascos lavadores.	5
Tubos falcón de 50 ml.	15
Tubos falcon de 15 ml.	60
Cubeta acrílica para geles/ref. sigmaz 36,342-1.	1
Gradillas flotantes R 3133 X 3 y R3008 X3.	2
Micropipeta de 0,5-10.	6
Micropipeta de 20-200.	2
Micropipeta de 100-1000.	2
Trípode.	1
Guantes aislantes en asbesto.	2

El costo aproximado de éstos equipos y materiales, están alrededor de unos cien millones de pesos.





# BIBLIOGRAFÍA

Alberts B., *et al* (2002). *Molecular biology of the Cell*, 4a ed. Garland Science.

Álvarez C., La transgénica como alternativa en la mejora genética de peces. Departamento biología celular y genética. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga.

Anzola H., *et al.* / Actualidad y futuro de los organismos modificados genéticamente (OMG) en la producción agropecuaria. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Subgerencia de Protección y Regulación Pecuaria. Subgerencia de Protección y Regulación Agrícola. Bogotá. Colombia.

Agro – Bio. (2007). Boletín informativo.

Aramendis, R., (2006). Ms. Sc. Biotecnología en Colombia. Tras el fomento de bioindustrias competitivas. Bioplanet .

Barbas P., ( 2002). De la biología molecular a la Biotecnología. Editorial Trillas S.A. C. V. México.

Barcena, A., (2004). Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto. Naciones Unidas. CEPAL. Santiago de Chile. Pág. 33-69.

Bernal, L., (2004) Biotecnología en la reproducción animal. Documento de trabajo, proyecto de investigación.

Benítez A. (2005). Avances recientes en biotecnología vegetal e ingeniería genética de plantas. Editorial Reverté. España. Pág. 1- 52.







Cañas M. (1999). Metodologías *in vitro* de Vegetales. Bucaramanga. Ediciones Universidad Industrial de Santander.

Chaparro A.,(2005) Introducción a la Ingeniería Genética de Plantas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá. 136p.

Conciencias (2005). Información bajada de la página de Internet

Doyle G. (1998), J. B. *Cell and Tissue Culture: Laboratory Procedures in Biotechnology*. New York. John Wiley and Sons

Echenique A., *et al.* (2004). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Buenos Aires. Ediciones INTA.

Felmer, R. (2004). Animales transgénicos: pasado, presente y futuro. Arch. med., vet., dic., vol. 36, no. 2, p.105-117. ISSN 0301-732X.



Gingold E. (1993). *Molecular Biology and Biotechnology*. Edt. J. M. Walker. Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Glick B.(1998). Pasternak. *Molecular Biotechnology*. 2a ed. ASM Press. Washington D.C.

Houdebine, LM. (2003). *Animal Transgenesis and Cloning*. Wiley.

Griffiths J., *et al.* ( 2000). *An introduction to genetic analysis*. W.H.Freeman and Company . New York.7ª Edition.

Griffiths J. *et al.* (1998). *An introduction to genetic analysis*. W.H.Freeman and Company. New York. 5ª Edition.

G. Forero. (2006). Condiciones mínimas de calidad del programa de Especialización en Biotecnología Agraria de la UNAD



G. Forero. (2008). Oferta de programas académicos en Biotecnología. Revisión.

Helgason D., Millar C. I. (1998) eds *Basic Cell Culture Protocols*. Methods in Molecular Biology No 290. Totowa. Humana Press

Hurtado D., Merino M. E. (1987) Cultivo de tejido vegetales. México. Editorial Trillas.

Klug W., Cummings M. (1999). Conceptos de Genética. 5ª edición. Editorial Prentice Hall, Iberia , SRL Madrid.

León S. T., Rodríguez S. L. (2002). Ciencia, tecnología y ambiente en la agricultura colombiana. Cuadernos Tierra y Justicia No 4. Ed: ILSA (Instituto Latinoamericano de Servicios Legales Alternativos). Bogotá, p. 44.

Morgan S. J., Darling D. (1995). Cultivo de células animales. Zaragoza. Editorial Acribia.

Perea M. (2004). ed. Biotecnología agrícola: un enfoque hacia el mejoramiento de plantas. Bogotá. Editora Guadalupe Ltda.

Perez E., *et al*, (1999). Introducción al cultivo de tejidos vegetales. México. Ediciones Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Pierik R. L. M. Cultivo *in vitro* de las plantas superiores. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.

Roca W., Mroginski L. A. (1990 -1991). Cultivos de tejidos en la agricultura. Fundamentos y Aplicaciones. Palmira. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT.

Rodríguez A. (2003). Implicaciones éticas de la transgénesis y la clonación. Humanidades Médicas, vol 3, No 7, Enero- Abril.





Rodríguez Elías.(2002). Los Alimentos Transgénicos (y organismos manipulados genéticamente). Universidad de León. España.

Savka M. *et al*,(2002) *How to Produce & Characterize Transgenic Plants*. The American Biology Teacher. 64(4),286-300.

Scragg A. (1999). Biotecnología medioambiental. Editorial Acribia. Zaragoza – España. Pág. 243-283.

Thorpe T.A. (1980)-*Organogenesis in vitro : structural, physiological and biochemical aspects : applications to agriculture*. En: Vasil I.K.(ed). *Perspectives in plant cell and tissue culture*. Academic Press. New York.

Watson G. *et al*; (1992). *Recombinant DNA*, 2nd ed, Freeman & Co., New York.

Ximena C. (2004). Condiciones mínimas de calidad para la creación del programa de Especialización en Biotecnología Agraria UNAD.





### Misión

"Contribuir a la formación integral de la persona y estimular su aptitud emprendedora, de tal forma que su acción coadyuve al desarrollo económico y social de los pueblos".

### Visión

"Ser líder en la formación de profesionales, reconocidos por su espíritu empresarial".

Carrera 11 No. 78-47 Bogota D.C.  
Telefono: 5936464 Ext. 1469 - 1455  
Bogotá D.C. - Colombia - Sur América