

**Colección
Gestión
Ambiental**

**Implementación e
innovación en
biotecnología ambiental
e industrial en el
contexto empresarial
colombiano**

Autor
Laura Emilia Cerón Rincón



© **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
Ruben 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

Johana Guzmán

Diagramación

Nayibe Rojas

Cerón Rincón, Laura Emilia

Implementación e innovación en biotecnología ambiental e industrial en el contexto empresarial [Recurso electrónico] / Laura Emilia Cerón Rincón. --

Bogotá : Universidad EAN, 2011. -- (Colección Ambiental)

47 p.

ISBN: 978-958-8153-72-8

1. Biotecnología 2. Gestión ambiental 3. Industria - Aspectos ambientales

660.6 CDD

Contenido

Introducción.....	4
1. ¿Qué es Biotecnología?.....	8
2. Potencial de la investigación biotecnológica en Colombia.....	10
3. Iniciativas regionales y <i>Cluster</i> en Colombia.....	20
4. Sectores de la industria manufacturera colombiana que usan procesos biotecnológicos.....	25
5. Ejercicio de vigilancia tecnológica: biotecnología en la industria de La pulpa y el papel.....	29
Conclusiones.....	41
Bibliografía.....	44

Introducción

E

El uso y desarrollo de la biotecnología para la generación de bienes y servicios en el país tiene como fin contribuir a mejorar la competitividad y ampliar los mercados de la producción nacional (Colciencias, 2008; Conpes 3527). El objetivo fundamental es potenciar el desarrollo del sector biotecnológico en Colombia, a partir no sólo de la reunión de personas naturales y jurídicas que tengan relación con el tema, sino con el diseño de programas específicos, la construcción de proyectos, la búsqueda de fondos para invertir en investigación, así como la interacción entre los sectores privado, público, productivo y académico, cerrando la brecha entre el sector productivo y académico. A través del documento del Consejo de Política Económica y Social (Conpes) 3297 del 26 de julio de 2004, se asignó al Departamento Nacional de Planeación (DNP) la responsabilidad de coordinar la elaboración de esta agenda, cuyo objetivo es el diseño de un plan de acción de reformas, programas y proyectos prioritarios para fomentar la productividad y competitividad del país, y aumentar y consolidar su participación en los mercados. De esta manera, se pretende identificar el contexto empresarial colombiano respecto al uso y conocimiento de la biotecnología (desarrollo de bioprocesos que impliquen tecnología de enzimas y/o uso de microorganismos) de producción limpia

y manejo de residuos industriales, susceptibles de ser o que sean implementados por la industria colombiana, como una aproximación al desarrollo sostenible y producción más limpia. Este objetivo se ha adelantado a través de: definir un marco referencial del estado actual de la biotecnología en Colombia aplicable al contexto empresarial colombiano e identificar qué sectores de la industria manufacturera (alimentos, textiles, papel, cementos, cerámica, materiales de construcción, entre otros) en Colombia pueden o usan biotecnología a nivel de sus procesos y del manejo de sus residuos.

En Colombia los primeros esfuerzos para adelantar en el país a este respecto se logran a través del Programa Nacional de Biotecnología (Colciencias, 1991) que se ha venido adelantando principalmente en universidades, institutos y centros de investigación, así como en algunas empresas innovadoras y en reconocimiento de la importancia estratégica de la biotecnología para el país. Uno de los resultados de este ejercicio fue la definición de la biotecnología como un área estratégica para el desarrollo y la competitividad del país en el Plan Nacional de Desarrollo 2002-2006, hacia un Estado Comunitario (Ley 812 de 2003). Para definir las estrategias necesarias para el desarrollo de la biotecnología, se debe partir de una clara concepción de esta como un área, que a pesar de no ser en sí misma una ciencia ni una disciplina, es intensiva en conocimiento y, por lo tanto, requiere de los avances de diferentes disciplinas (Castellanos *et al.*, 2006). Dado su carácter multidisciplinario y multisectorial, debe ser un componente estratégico de los sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación. De igual modo, por su potencial de generar nuevos productos y procesos, necesariamente debe responder a las necesidades del sector productivo. No se debe concebir la biotecnología como un fin, sino como un medio para contribuir a mejorar la competitividad de los sectores en los cuales tiene impacto, para ampliar los mercados de la producción y, en general, contribuir al desarrollo de los países y al bienestar de la población (De Peña, 2003).

La biotecnología se ha definido como un área estratégica para los países en desarrollo entre ellos América Latina y Colombia. Cuenta con una serie de condiciones que favorecen el desarrollo de esta área, como una infraestructura básica de investigación e integración de diferentes conocimientos como la biología, la medicina, la agricultura, así como una abundante disponibilidad de biodiversidad y recursos genéticos dando magnífico potencial al país, sin embargo, es preciso acabar de concretar en acciones los lineamientos propuestos, definir nuevas prioridades de investigación para los próximos años, y contribuir a la ejecución de proyectos y programas que respondan a las necesidades del país y a los grandes cambios que se han dado en el desarrollo de la biotecnología (Castellanos *et al.*, 2006), promover su desarrollo y uso en el país para la generación de bienes y servicios, contribuirá a mejorar la competitividad y ampliar los mercados de la producción nacional (Colciencias, 2008).

6

La biodiversidad es uno de los pilares para el desarrollo de la biotecnología, se puede afirmar en el sentido biológico que es la totalidad de los genes, especies y ecosistemas de una región, representado en variedades vegetales, animales, fúngicas e incluso microbiológicas, modificadas tras siglos de selección para la acumulación de características deseables. La biodiversidad es patrimonio de los países que lo poseen, (Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro 1992) explotada por los países desarrollados sin retribución, para el país a donde pertenecen tales recursos o para las comunidades indígenas poseedoras de los conocimientos ancestrales. Es evidente el deterioro de los ecosistemas terrestres y marinos ocasionados por las acciones humanas, dado por la contaminación ambiental, la sobreexplotación de los recursos pesqueros, el sistema de tala rasa, la agricultura intensiva, el desarrollo urbano, patrones mundiales de consumo, producción y comercio y otros factores que amenazan a la biodiversidad en general. Para afrontar esta amenaza se requiere por una parte comprender cómo las actividades humanas están afectando el medio ambiente y por otra, plantear alternativas de

uso de los recursos naturales que mantengan tanto la calidad ambiental, como la eficiencia de la producción que a partir de ellos se obtiene, es decir alternativas sostenibles. Para llevar a cabo este ideal se requiere de la búsqueda sistemática en la biodiversidad de: genes, compuestos, macro y microorganismos con potencial uso biotecnológico (bioprospección). Etapa de investigación que debe contar con grupos o instituciones científicas que estén en capacidad de otorgar valor agregado a los procesos biológicos, a través de su aplicación industrial, propendiendo por su conservación y por el desarrollo económico de los países. El valor que tienen sus recursos naturales no renovables y la biodiversidad, está dado en gran medida por el desarrollo de nuevos bioproductos e industrias usando los recursos genéticos de la flora y la fauna, de microorganismos y de otros recursos biológicos, en esta medida el aprovechamiento de la biodiversidad mediante la biotecnología, permite desarrollos sostenibles con potencial de aumentar la productividad de restaurar y proteger el medio ambiente (Biotechnology Center of Excellence Corporation, 2003).

1.

¿Qué es biotecnología?

En una definición operativa, la biotecnología es la integración multidisciplinaria de diferentes campos de las ciencias de la vida (ingeniería genética y metabólica, bioquímica, biología molecular, metagenómica, genómica y proteómica) y la ingeniería en el orden de utilizar el potencial de bioconversión y bioprosesamiento de microorganismos, plantas o de sus componentes para la restauración y preservación del ambiente y para el uso sostenible de los recursos (biotecnología ambiental). La aplicación de técnicas biotecnológicas para propósitos industriales, incluyendo manufactura, energías alternativas (biocombustibles) y biomateriales a partir de recursos renovables se ha denominado biotecnología blanca o industrial, esta se basa principalmente en la tecnología de fermentación y la biocatálisis, utilizando líneas celulares o microorganismos que pueden o no estar modificados genéticamente, así como las enzimas (biocatalizadores que se aplican en el orden de generar los productos deseados) derivadas de tales líneas celulares o microorganismos. Estas tecnologías prometen el mejoramiento de la eficiencia de procesos industriales y procesos de producción limpia con los consecuentes beneficios para la industria y el ambiente. La biotecnología industrial se puede diferenciar de otros sectores de aplicación como la biotecnología farmacéutica (roja) y la biotecnología agrícola (verde).

En un sentido tecnológico la biotecnología ambiental parte de materiales biológicos tangibles, así como del conocimiento de los procesos biológicos en el ambiente pueden ser transferidos a otros campos de trabajo como la explotación de la biodiversidad, las aplicaciones industriales de los procesos biológicos y la mitigación y control de la contaminación. El desarrollo biotecnológico es un hecho actual y real en infinidad de campos, desde la salud a la minería, pasando por la agricultura; podríamos decir que la biodiversidad biológica es su materia prima, ya que se propone el material genético como la base de un amplio desarrollo de productos para la reducción de la contaminación, para producir nuevos insumos agrícolas como bioplaguicidas y biofertilizantes, o para la búsqueda de nuevos compuestos activos con aplicaciones en la industria farmacéutica y en la industria de alimentos, entre otras. Entre los temas claves está en la utilización de microorganismos y sus enzimas, ya sean nativos o transformados en diversos procesos industriales que incluyen la producción de alcohol, ácidos orgánicos y diversidad de químicos finos, así como, la transformación de la biomasa de desecho en plásticos y fibras biodegradables. Pero para entender mejor de qué se trata hay que dar una mirada a los desarrollos científicos y tecnológicos que se aplican en diferentes sectores.

2.

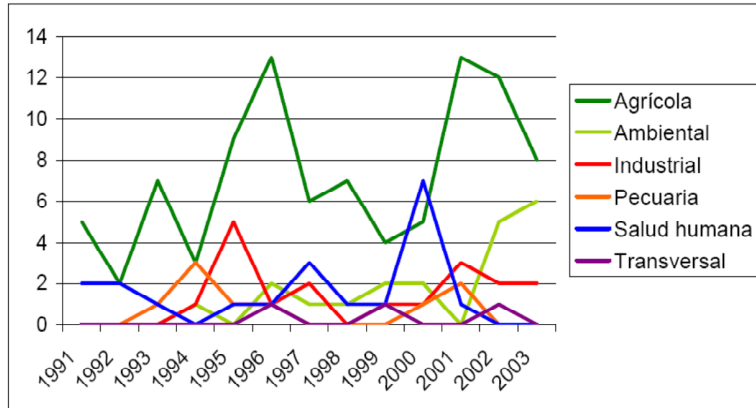
Potencial de la investigación biotecnológica en Colombia

10

Para el desarrollo y la competitividad de esta área estratégica se requiere de condiciones fundamentales como la participación activa de todos los actores involucrados en la toma de decisiones sobre el desarrollo de la biotecnología y sus aplicaciones, así como su articulación con las políticas de otros sectores de la economía nacional.

En Colombia en 1991 se crea el Programa Nacional de Biotecnología como instrumento para el fomento de la capacidad científica y promoción del desarrollo del área, en el Plan Estratégico 1999-2004 donde se definieron líneas de acción (Colciencias, 1999). Actualmente se cuenta con una importante tradición e infraestructura de investigación principalmente en los campos de agricultura y la salud humana, existen 134 grupos de investigación en biotecnología (Roca, 2004) y de acuerdo con el sector de aplicación están divididos en 58% en el sector vegetal y agrícola, 17% en salud humana, 12% en ambiental, 8% en pecuario y 5% en industrial. (Figura 1).

Figura 1
Sectores de aplicación de la investigación
biotecnológica en Colombia

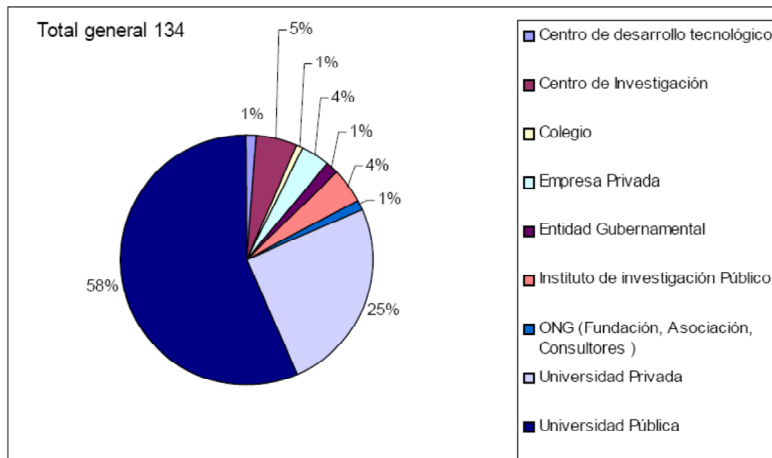


OLAYA, D.L. Y OROZCO, L. 2004. Indicadores del Programa Nacional de Biotecnología. Observatorio de Ciencia y Tecnología, Bogotá.

Fuente: Olaya D.L. y Orozco L., 2004.

Los grupos que en Colombia adelantan proyectos de investigación en biotecnología, pertenecen principalmente a las universidades públicas con un (58%) y privadas con (25%), seguido de centros de investigación (5%), institutos de Investigación públicos (4%), empresa privada (4%), y finalmente ONG, centro de desarrollo tecnológico, entidad gubernamental y colegios con (3%), como se muestra en la Figura 2. El principal producto de las investigaciones es la producción bibliográfica (Olaya y Orozco, 2004) que aunque se ha incrementado en los últimos años, aun sigue siendo muy baja con respecto a otros países.

Figura 2
Grupos de investigación biotecnológica
en Colombia por institución



OLAYA, D.L. YOROZCO, L. 2004. Indicadores del Programa Nacional de Biotecnología. Observatorio de Ciencia y Tecnología, Bogotá.

12

Fuente: Olaya D.L. y Orozco L., 2004.

La mayor concentración de los proyectos biotecnológicos se genera en el sector académico (45%), lo que puede interpretarse como el buen desempeño de los investigadores. El sector productivo participa con 24% de las investigaciones, Bogotá reúne la mayor participación en el desarrollo de los proyectos (54%), lo cual muestra qué tan concentrada está la investigación según las fuentes de investigación, como lo son universidades y entidades gubernamentales, por ejemplo, la misma Colciencias. Les siguen Antioquia (16%) y Valle (14%). Otros departamentos no desempeñan papeles visibles en la investigación biotecnológica.

2.1

Sector agrícola y forestal

Se realizan investigaciones en casi todas las áreas de agrobiotecnología y recursos fitogenéticos para un gran número de especies vegetales que se cultivan en el país, siendo temas clave la resistencia de los cultivos a factores bióticos (patógenos) y abióticos (sequías, suelos ácidos, aluminio, etc.), caracterización molecular de bancos de germoplasma, diversidad genética y la filogenia de las especies colombianas, entre los grupos líderes se encuentran: El Instituto de Biotecnología IBUN, Facultad de Ciencias y Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional, Corpoica, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, CorpoGen, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Compañía Colombiana de Tabaco S.A., Corporación para Investigaciones Biológicas CIB (Colciencias, 2008).

2.1.1 Sector biopesticidas y biofertilizantes

La empresa Colombiana de Productos Veterinarios Vecol S.A. una de las empresas más antiguas de Colombia, desarrolla productos para el control biológico de plagas agrícolas, a través de alianzas con la Corporación para Investigaciones Biológicas CIB en *B. thuringensis* y *bauveria* con la Federación Nacional de Cafeteros. Centro de Investigaciones Microbiológicas y el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de los Andes, quienes adelantan actividades de investigación y desarrollo en *Bacillus sphaericus* para el control de mosquitos, vectores de enfermedades tropicales y el escalamiento con LST (Life Systems Technology S.A.) El IBUN de la Universidad Nacional desarrolla productos biofertilizantes, fijadores de nitrógeno y solubilizadores de potasio registrados por el ICA y además adelanta proyectos aplicados al desarrollo de productos para el control biológico de parásitos vegetales

como *Rhizoctonia solani* y *Spodoptera*. El programa de control biológico de Corpoica adelanta investigaciones para la aplicación de principios de control integrado para un número significativo de cultivos, desarrollo de productos a base de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre (Lucero *et al.*, 2004). Life Systems Technology S.A. (LST) sus productos agrobiológicos se distribuyen en Colombia y en otros países de América Latina (<http://www.lstsa.com/>), caracterización de sepas de los hongos de los géneros *Trychoderma* y *Beauveria* a través de mecanismos moleculares involucrados en el control biológico junto con la corporación CorpoGen. En el campo de los biopesticidas la compañía Laverlam S.A. tiene siete productos registrados con base en los siguientes hongos y bacterias: *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, *Entomophthora virulenta*, *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma harzianum* y *Bacillus thuringiensis* (<http://www.laverlam.net/index.html>). La Corporación para Investigaciones Biológicas –CIB-, realiza la investigación básica, desarrollo y comercialización de productos para biorremediación, control biológico y vacunas, en colaboración con Vecol y Coltabaco.

2.2.2 Sector pecuario

CorpoGen ha desarrollado sistemas de diagnóstico de tuberculosis bovina (*Mycobacterium bovis*), además kits de diagnóstico para el virus de la mancha blanca del camarón (<http://www.corpogen.org/index.html>) y en alianza con otras empresas presta servicios de diagnóstico molecular de enfermedades aviares. Corpoica mantiene bancos de germoplasma de animales para investigación en transferencia de embriones para mejoramiento del ganado vacuno criollo y uso de marcadores genéticos para la calidad de carne vacuna y resistencia a enfermedades (aftosa, brucelosis). El grupo de salud animal de la Universidad de Antioquia trabaja en la caracterización molecular de especies nativas de peces y de ganado vacuno criollo y en estudios inmunológicos para diagnóstico de aftosa, hepatitis E y el virus

del papiloma en vacunos. Laverlam S.A. es una empresa con más de 35 años de investigación en el desarrollo de vacunas para el sector pecuario, con un amplio portafolio de productos para la salud animal. Laverlam está en una posición estratégica para acceder a estos mercados crecientes cumpliendo con su misión corporativa: multinacional colombiana, líder en biotecnología industrial avanzada, dedicada a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de bioprotectores para el sector agropecuario y el saneamiento ambiental. (<http://www.laverlam.net/index.html>).

2.2.3 Sector de productos naturales, biofarmacéuticos y salud humana

Existen 57 grupos que realizan trabajos en productos naturales del sector académico. Alrededor de la mitad pertenecen a la Universidad Nacional y a la de Antioquia (Colciencias, 2008). El Instituto Alexander Von Humboldt y el CIAT adelantan caracterizaciones filogenéticas de bancos de tejidos y de especies amenazadas junto con el Ministerio del Medio Ambiente. CorpoGen adelanta estudios en salud humana en diagnóstico y biología de enfermedades como la tuberculosis (*Mycobacterium tuberculosis*), dengue y rotavirus, además de producir insumos para la investigación como taq polimerasa, oligonucleótidos y marcadores de peso molecular (<http://www.corpogen.org/index.html>). El Departamento de Farmacia de la Universidad Nacional realiza investigaciones sobre plantas medicinales como fuente de principios bioactivos antiinflamatorios y anticancerígenos. El Centro Internacional de Vacunas Fundación Univalle (<http://www.inmuno.org/portal/>) desarrolló vacunas y medicamentos antimaláricos y el proyecto de secuenciación del genoma de *Plasmodium vivax*. Corporación Centro Internacional de Entrenamiento e Investigaciones Médicas (CIDEIM) ofrece servicios de detección por PCR de VIH, Leishmania y Malaria, multiresistencia en M. tuberculosis entre otros y adelanta proyectos en la búsqueda de blancos en malaria y leishmaniasis.

2.2.4 Sector nutracéutico

Corporación Biotec del Valle del Cauca adelanta proyectos para la identificación y uso de metabolitos vegetales o microbianos con potencial aplicación industrial, manejo y aprovechamiento de residuos sólidos líquidos o gaseosos, condiciones sanitarias y toxicológicas en cadenas productivas, en asocio con empresas, entidades gubernamentales y universidades y centros de Investigación del Valle del Cauca (Biotec, 2006).

2.2.5 Sector industrial

La empresa Sucromiles desarrolla investigaciones en mejoramiento de cepas de microorganismos que se utilizan en dos plantas la de ácido cítrico y la de alcoquímica, que utilizan materias primas de la industria azucarera (azúcar y mieles) para la fabricación de productos químicos generados a través de procesos biotecnológicos y operaciones de transformación físicas y químicas; también el desarrollo de biofiltros para la remediación de residuos de la caña para eliminar el ácido sulfhídrico, proyecto corporativo Colciencias, Corporación Biotec y Levapan (<http://www.sucromiles.com.co/>). El grupo de Bioprocesos y Bioprospección del IBUN explora el modelo de microorganismos solventogénicos y celulolíticos, utilizando la ingeniería bioquímica y tecnología de enzimas, en la definición de los parámetros de escalamiento para sistemas prototipos, desarrollando productos a través de las relaciones Empresa-Universidad-Estado como levanas y biopolímeros (<http://www.ibun.unal.edu.co/lineas/bioprosesos/index.htm>).

El departamento de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle junto con Alpina, trabaja en la elaboración de jugos de fruta y junto con Carn Productos, Cla Yuca y CIAT en extrusión termoplástica para obtener productos derivados del maíz y la yuca. El Grupo de Bioprocesos-Grupo de Combustibles Alternativos,

Universidad Nacional sede Medellín trabaja en la hidrólisis ácida del almidón de yuca y de la celulosa de cáscara de banano y su posterior fermentación a etanol, utilizando microorganismos *Saccharomyces cerevisiae* NRRL Y-2034 y *Zymomonas mobilis* CP4 (Monsalve *et al.*, 2006). La Corporación para el Desarrollo Industrial de la Biotecnología y Producción Limpia-Corpodib -, entidad mixta, sin ánimo de lucro, viene impulsando hace siete años un programa nacional para la implantación de los combustibles renovables, en particular el bioetanol carburante y el biodiesel (<http://www.corpodib.com.co/eventos.html>). Los miembros de Corpodib son: Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional (IBUN), Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Instituto Nacional de Salud (INS), Servicio Nacional de Aprendizaje (Sena), Asociación Colombiana de Industrias Farmacéuticas (Asinfar), Corporación de Investigaciones Biológicas (CIB), Bavaria S.A., Agrocon Ltda. y Colinagro S.A. El tema de los biocombustibles está ocupando uno de los primeros puestos en el escalafón de asuntos de interés no sólo nacional sino global, como ejemplo de esta situación tenemos que Brasil dedica ya tres millones de hectáreas al cultivo de caña con destino a la producción de etanol y proyecta llegar a cinco millones en el año 2010. Colombia tan solo dedica actualmente unas 30.000 hectáreas para ese propósito, pero ya se está sintiendo la presión de la demanda de Estados Unidos por los biocombustibles que podemos producir con gran ventaja competitiva en nuestro país (Corpodib, 2002). La obtención de biocombustibles se inicia a partir de materias primas agrícolas como el bioalcohol de la caña de azúcar, de la remolacha azucarera o de la yuca. En la fase inicial se mezcla un 10% de bioalcohol a las gasolinas colombianas, programa que inició a finales de 2005, estableciéndose que se incremente hasta el 25% en la medida que haya disponibilidad de alcohol de producción nacional. El biodiesel obtenido del aceite de la palma africana o de otras oleaginosas se está mezclando con el ACPM colombiano en un 5% desde enero de 2008, porcentaje que se irá incrementando de acuerdo con la disponibilidad del biodiesel a nivel nacional. Actualmente también se adelantan

investigaciones en el tema por parte de entidades como Cenicaña, Cenipalma y GM Colmotores. Colombia tiene una gran oportunidad para participar en una parte importante de este mercado mundial, por ejemplo, un 5% del mercado internacional de biocombustibles, lo cual significaría dos millones de hectáreas, para alcohol y para biodiesel y cerca de dos millones de empleos entre directos e indirectos y se aspira a que los biocombustibles colombianos también tengan el mismo recorrido revolucionando nuestro agro (Cala-Hederich, 2007).

2.2.6 Sector ambiental y microorganismos

La Unidad de Saneamiento y Biotecnología Ambiental de la Universidad Javeriana concentra su trabajo en sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales, de ecosistemas extremos (termofílicos y halófilos) que puedan tener una aplicación potencial en biotecnología ambiental. Identificar especies vegetales acuáticas con potencial de eliminación de contaminantes para ser utilizadas en sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales domésticas y agroindustriales (<http://www.javeriana.edu.co/usba/>). El CIMIC de la Universidad de los Andes a través de la tecnología de inmovilización de células de biorremediación trabaja para la degradación de hidrocarburos y fenoles del petróleo utilizando *Pseudomonas*. CorpoGen desarrolla trabajos de bioprospección para la identificación de microorganismos presentes en las aguas del Rio Bogotá, donde se han aislado microorganismos capaces de remover cromo hexavalente. Corporación Biotec junto con Sucromilles desarrolla biofiltros para la biorremediación de caña de azúcar que ha tenido éxito a nivel comercial (Colciencias, 2008).

2.2.7 La Universidad EAN

Dentro del contexto empresarial colombiano cuando se discute acerca de los aspectos ambientales para la producción, el tema es percibido como una amenaza o barrera; se tiene la creencia que los aspectos ambientales generan altos costos adicionales a los procesos y los productos (Universidad EAN). Incorporar la dimensión ambiental al interior de las empresas requiere dos componentes importantes: por un lado, conocimientos relacionados con nuevas tecnologías para una producción limpia que minimicen el impacto generado por los procesos; y por otro lado, una adecuada Gestión Ambiental Empresarial (GAE). En cuanto a tecnologías que permitan una producción limpia los desarrollos de la biotecnología pueden responder a las necesidades del país y además permitir participar de las oportunidades que esta representa para Colombia. En relación con lo anterior, la presente investigación adelantada en la Universidad EAN pretende diagnosticar el contexto empresarial colombiano respecto al uso y conocimiento de la biotecnología, es decir que es necesario identificar que empresas de la industria manufacturera (alimentos, textiles, papel, cementos, cerámica, materiales de construcción, entre otros) que en Colombia pueden o usan biotecnología a nivel de sus procesos y del manejo de sus residuos.

3.

Iniciativas regionales y *Clúster* en Colombia

20

La presente investigación adelantada para la Universidad EAN es de tipo preliminar y descriptivo, las actividades desarrolladas son la recopilación de documentos de carácter gubernamental en torno al tema de la biotecnología y la búsqueda de entidades por sectores de carácter público y privado vinculado con el objeto de investigación y a partir de lo anterior definir un marco referencial del estado actual de la biotecnología en Colombia aplicable al contexto empresarial colombiano e identificar qué sectores de la industria manufacturera (alimentos, textiles, papel, cementos, cerámica, materiales de construcción, entre otros) en Colombia que pueden usar o usan biotecnología a nivel de sus procesos y del manejo de sus residuos.

Actualmente en el país existen iniciativas regionales como el *Clúster* de Bioindustrial del Valle del Cauca, el ejercicio Prospectivo en Biotecnología y Salud de Antioquia y la iniciativa de Bioprogreso en la región Bogotá-Cundinamarca (Colciencias, 2008).

3.1**Región Bogotá-Cundinamarca**

Según la Cámara de Comercio de Bogotá (2005), Bogotá y Cundinamarca es la región con el mayor número de empresas del país, 236 mil. En Bogotá se localizan 203 mil empresas, el 26% de las registradas en Colombia. En la estructura empresarial predominan las micro (88%) y las pequeñas empresas (9%), muchas de ellas con dificultades para incorporar nuevas tecnologías, desarrollar productos, conocer las necesidades de los consumidores, anticiparse a los cambios en los patrones de consumo, desarrollar las destrezas y habilidades del recurso humano y lograr estructuras de costos que les permitan competir con rentabilidad. La Cámara de Comercio de Bogotá (2005) ha caracterizado como sectores estratégicos para la región las cadenas productivas de manufactura y servicios en Bogotá y Cundinamarca: construcción e ingeniería civil, cuero y calzado, educación superior, metalmecánica, productos alimenticios, salud, *software*, textiles y confecciones y turismo; resaltando como estratégicas para la región la de químicos y petroquímicos y papel y artes gráficas. Las cadenas productivas son el instrumento esencial para generar el valor agregado requerido en una economía regional sostenible, en términos de productividad y competitividad, de modo que en la Agenda Prospectiva de Ciencia y Tecnología Bogotá/Cundinamarca (2005) se incluye el Diseño Base del Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación prospectiva para Bogotá y Cundinamarca 2005–2015 y aportes al Plan Nacional, que contempla establecer estrategias que se deben implementar a través de un cronograma a corto, mediano y largo plazo en el cual se establezcan metas o indicadores que puedan evaluar las acciones, recursos y compromisos de los diferentes actores. Como iniciativa regional, Bioprogreso reúne un gremio de cinco empresas de biotecnología bogotanas, que junto con la Cámara de Comercio de Bogotá trabaja para mejorar la cadena hortofrutícola enmarcada dentro del Mega Proyecto agroindustrial de la Sabana Cundiboyacense (Cámara de Comercio de Bogotá, 2006).

3.2

Bioregión Valle del Cauca

La Estrategia Bioregión del Valle del Cauca fue acogida en la Agenda Prospectiva de Ciencia, Tecnología e Innovación del Valle del Cauca (2004), dadas las oportunidades comerciales identificadas en: el uso de biomasa para las aplicaciones industriales y energéticas; el uso de sistemas biológicos como células o enzimas para reemplazar métodos convencionales no biológicos; la sustitución de productos derivados del petróleo mediante el uso de recursos renovables y la separación de principios activos provenientes de plantas para elaborar algunos productos industriales como ácido cítrico, lysina y ácido láctico e incluso productos finales como los denominados nutracéuticos – aminoácidos, vitaminas, digestivos y agentes preventivos (Cieci, 2007). Así mismo se identificó el potencial existente en el occidente colombiano en cuanto a los recursos biológicos y tejido empresarial e institucional, mediante el dimensionamiento de 10 cadenas productivas bio-industriales. Se resalta la clara articulación que existe entre las cadenas productivas bioindustriales identificadas en la Estrategia Bioregión Valle del Cauca 2019 y las apuestas productivas consideradas en la Agenda Interna para la Productividad y Competitividad del Departamento (2005), particularmente en: la industria agroalimentaria y agropecuaria, caña de azúcar, forestales y maderables, industria papelera y derivados, producción pesquera y aprovechamiento marino, productos naturales derivados del uso sostenible de la biodiversidad, biomédica y *software* para la bioindustria. La formulación del Plan Bioregión 2019, tiene la visión de que “en el 2019 el Valle del Cauca y el occidente colombiano sean reconocidos nacional e internacionalmente por la cohesión y fortaleza en el desarrollo de las ciencias de la vida, por el uso sostenible de la biodiversidad, la competitividad de la producción y la generación de bionegocios y por los crecientes índices de calidad ambiental y desarrollo humano”. Dentro de los principales productos que ha exportado el Valle del Cauca en

los últimos años está el azúcar y confitería con el 22%; seguido de papel y cartón y sus manufacturas con el 10%; café, té, mate y especias con el 8% y productos farmacéuticos con el 7%. De modo que los retos del *Clúster* del azúcar son: desarrollar industrias competitivas con mayor valor agregado y énfasis exportador, aumentar las exportaciones de productos con mayor valor agregado basados en azúcar y consolidar los nuevos productos (alcohol) y desarrollar los del futuro: biopolímeros. (Cieci, 2007).

3.3

Innovación en Ciencia y Tecnología para Antioquia

El Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia -CTA- corporación mixta sin ánimo de lucro cuya misión es: “promover agendas de trabajo, mecanismos de acción y proyectos, que construyan relacionamientos efectivos, vía flujos de conocimiento entre los sectores público, investigativo, educativo y empresarial, para convertir el conocimiento, la ciencia y la tecnología en factores dinámicos para el progreso económico y social. Todo lo anterior, teniendo como referentes los desarrollos de la sociedad del conocimiento en los escenarios nacional e internacional” (<http://www.cta.org.co>). Para el cumplimiento de su misión lo apoyan y acompañan entidades de diferentes sectores a través de diferentes proyectos de impacto para el uso de la ciencia y la tecnología, teniendo como temas estratégicos el agua, la biotecnología y la medicina. Son en total 112 proyectos en el marco de la ciencia, la tecnología y la innovación en los siguientes sectores: agroindustria e industria de alimentos, salud y ciencias de la vida, fibras, textiles y confecciones, servicios de ingeniería y consultoría, agua y medio ambiente. Estos sectores fueron definidos como apuestas comunes en sectores estratégicos del departamento en la primera reunión del Consejo Departamental

de Ciencia y Tecnología de Antioquia (Codecyt) realizada en marzo de 2008 (<http://www.cta.org.co>).

3.4

Otras regiones del país

A pesar de que plantea la biodiversidad de país como potencial para el desarrollo de la biotecnología, su conocimiento aún se encuentra en propuestas técnicas como el “establecimiento de las capacidades e inventarios analíticos de las regiones de Amazonas y norte amazónico; Orinoquía, Nororiente, Eje Cafetero y Chocó” (OCyT, 2007) y “Plan de Acción en Biodiversidad de la Cuenca del Orinoco – Colombia 2005 – 2015, que en su formulación se buscó construir colectivamente un conjunto de estrategias y acciones tendientes a cubrir brechas, problemáticas y a potenciar fortalezas, para que en el mediano y largo plazo se amplíen el conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, y así mismo se propicie una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en cada región (Correa *et al.*, 2005).

4.

Sectores de la industria manufacturera colombiana que usan procesos biotecnológicos

Se han analizado tres campos susceptibles de aplicación de biotecnología en las cadenas productivas de manufactura de papel, alimentos y textiles.

4.1

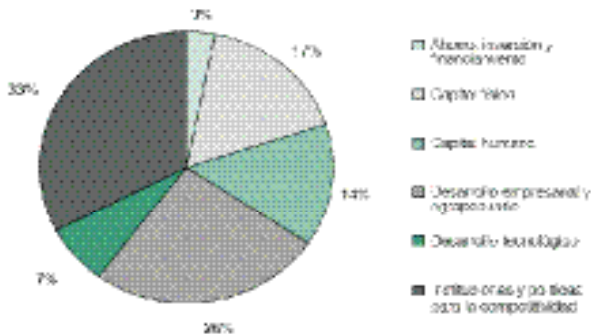
Pulpa, papel, cartón, industria gráfica, industria editorial

Las apuestas productivas definidas por Valle del Cauca, Risaralda y Bogotá-Cundinamarca en este sector buscan integrar y desarrollar esta cadena productiva para exportar productos con alto valor agregado, donde se señala la importancia de fomentar la asociatividad para consolidar *clusters* y fortalecer la producción para acceder a mercados internacionales. Según la visión de la

Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad del Departamento Nacional de Planeación (2007) para la cadena de pulpa, papel, cartón, industria gráfica, editoriales y empresas conexas, en el año 2015 se alcanzará progresivamente mayor competitividad y mayor inserción en el mercado internacional globalizado, llegando a triplicar sus exportaciones. Además, logrará operaciones rentables, sostenibles y con sentido de responsabilidad ambiental y social, las acciones identificadas para lograr este objetivo se clasificaron en seis categorías temáticas: ahorro, inversión y financiamiento, capital físico, capital humano, desarrollo empresarial y agropecuario, desarrollo tecnológico, instituciones y políticas para la competitividad, cuya frecuencia se ilustra en la Figura 3.

Figura 3
Frecuencia de acciones cadena productiva de pulpa, papel e industria gráfica

Cadena productiva de pulpa, papel e industria gráfica: frecuencia de acciones por categoría Plan Nacional de Desarrollo



Fuente: DNP. 2007. Agenda interna para la Productividad y la Competitiva. Cadena pulpa, papel, cartón, industria gráfica, industria editorial.

Entre las acciones clasificadas en desarrollo tecnológico está el aprovechar los avances en la biotecnología, lo que hará que el país disminuya las brechas tecnológicas que lo separan de economías altamente competitivas. La innovación es factor de competitividad

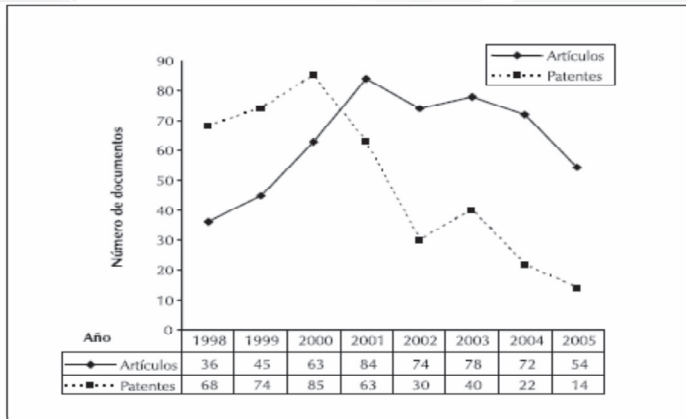
y para que esto se pueda aplicar en el sector empresarial colombiano se adelantarán: apoyo directo a la innovación y el desarrollo tecnológico en empresas dentro de las líneas de política y programas del gobierno nacional para la competitividad.

4.2

Textiles y alimentos

Los biocalizadores se usan en industrias como la licorera, panadera, láctea, textilera, de aplicaciones ambientales, de producción de detergentes, entre otras. Sin embargo, estos procesos han estado caracterizados por sus moderados niveles de eficiencia en el desarrollo tecnológico debido a las bajas concentraciones, actividad específica de las enzimas, su inestabilidad y las mezclas complejas que se producen naturalmente, implicando la necesidad, en muchos casos, de separar y purificar los principios activos. Mediante métodos biotecnológicos se ha buscado reparar estas fallas y se ha hecho posible la creación de una nueva generación de productos y procesos. Actualmente la mayoría de las enzimas utilizadas en la industria se emplean en el procesado de alimentos, sin embargo, es muy probable que los usos industriales de las enzimas aumenten en el futuro, ya que se ha estimado que el 40% de la producción industrial de los países desarrollados será de origen biológico. En Colombia los grupos de investigación dedicados a la tecnología de enzimas se enfocan principalmente en la industria papelera, edulcorantes y alimentos con características especiales. (Castellanos *et al.*, 2006). En la Figura 4 se muestra la dinámica del desarrollo científico y tecnológico en enzimas industriales con aplicación textil.

Figura 4
Dinámica del desarrollo científico y tecnológico en
enzimas industriales con aplicación textil



Las enzimas industriales se utilizan frecuentemente en la manufactura de alimentos para mejorar procesos, por ejemplo, para facilitar el empleo de nuevos tipos de materias primas o las propiedades físicas de un material con el objeto de poder procesarlo más fácilmente, ya sea aumentando su solubilidad o disminuyendo su viscosidad de forma que se facilite su transporte durante el procesado. En segundo lugar, las enzimas se utilizan para mejorar el producto; por ejemplo, cambiando el color, aroma, textura, sabor o vida útil de un alimento, con el fin de que resulte más aceptable para el consumidor. Coldaenzimas, empresa distribuidora en Colombia de enzimas producidas por Novo Nordisk, observó que la utilización industrial de estos biocatalizadores se está desarrollando ampliamente en Colombia, especialmente la alfa-amilasa, en sectores como panadería, cervecería, detergentes, vino y zumos de frutas. Mientras que en otras aplicaciones, como en la hidrólisis enzimática del almidón y en la isomerización del hidrolizado obtenido, la aplicación de enzimas es aún moderada, pese a su eficiencia, especificidad, comodidad y economía (González y Castellanos, 2000).

5.

Ejercicio de vigilancia tecnológica: Biotecnología en la industria de la pulpa y el papel

Como se mencionó anteriormente, se consideran estratégicas para la región de Bogotá D. C. las cadenas productivas de químicos y petroquímicos y la cadena de papel y artes gráficas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2005). Según la visión de la Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad del Departamento Nacional de Planeación (2007) para la cadena de pulpa, papel, cartón, industria gráfica, editoriales y empresas conexas, alcanzará progresivamente mayor competitividad y mayor inserción en el mercado internacional globalizado, llegando a triplicar sus exportaciones para el año 2015, a través de operaciones rentables, sostenibles y con sentido de responsabilidad ambiental y social, entre las acciones identificadas para lograr este objetivo se encuentra el desarrollo tecnológico, donde se propone aprovechar los avances en biotecnología.

La implementación de procesos amigables con el ambiente se ha convertido en una meta para la industria del papel y la pulpa, donde la investigación en biotecnología ha tenido un gran impacto en la última década, particularmente hacia el uso de microorganismos y sus enzimas capaces de descomponer materiales lignocelulolíticos como es el caso de los hongos (*Pycnoporus cinnabarinus*, *Trametes versicolor* y *Pleurotus eryngii*) de la pudrición blanca de la madera, para ser aplicados tanto en procesos de producción de pulpa como en el blanqueado, sin embargo, además hay que tener en cuenta que esta tecnología debe estar acompañada de bioactivadores y el estudio de los subproductos resultantes. El propósito es reducir o reemplazar la extracción alcalina de la hemicelulosa y los requerimientos de cloro en los procesos de blanqueado, sin afectar las fibras de celulosa y así mantener las cualidades y calidad de los productos de papel, adicionalmente los residuos presentes en los afluentes puede ser bioconvertidos a productos como el etanol (Sapre *et al.*, 2005). En la manufactura de pulpas de papel de gran valor los procesos de blanqueado del papel utilizan productos que contienen cloro, es factible sustituir estos productos por el blanqueado enzimático, tecnología que se basa en la utilización de la actividad laccasa, enzima que puede ser producida por los hongos mencionados anteriormente y que está involucrada en la degradación de lignina a través de la oxidación de compuestos fenólicos, además se utiliza en la mineralización de un amplio rango de colorantes sintéticos. Dado lo anterior se aplica en varios procesos como la obtención de biopulpa, bioblanqueado, biorremediación, biosensores, varios usos en tecnología de alimentos y en el tratamiento de aguas residuales industriales (Hao *et al.*, 2007).

Se define el proceso de obtención de biopulpa (*biopulping*) como el tratamiento de trozos de madera con hongos degradadores de lignina antes de obtener la pulpa. El pre-tratamiento fúngico anterior a tratamientos mecánicos de obtención de pulpa reduce los requerimientos de energía eléctrica durante el refinado, o bien aumenta la cochada para el molino, aumenta la fuerza del papel,

reduce el contenido de resinas y reduce el impacto ambiental del procesos de obtención de la pulpa. La enzima xilanasa en cuya producción industrial se utiliza principalmente el hongo *Trichoderma sp.*, cataliza la hidrólisis del xilano polisacárido que constituye principalmente junto con la celulosa la hemicelulosa de la pared vegetal. Esta enzima se utiliza extensivamente en los procesos de alimentos y en la industria química y de pulpa, en procesos de obtención de biopulpa y de bioblanqueado, ya que provee ventajas como descenso en el consumo de cloro, la demanda química de oxígeno, con el consecuente incremento de la calidad del agua residual proveniente del proceso, (Kar *et al.*, 2006).

Los procesos de innovación y desarrollo de las nuevas tecnologías requieren de la aplicación de nuevas herramientas para la asimilación de la variable tecnológica en los sistemas productivos, así como la dinamización en la toma de decisiones y la permanente definición de estrategias tecnológicas (Castellanos *et al.*, 2006). Para el caso de la innovación en la industria de la pulpa y el papel, se realizó un mapeo de patentes que incluirían desarrollos biotecnológicos, dado que en las patentes se encuentran las tecnologías que están próximas a salir al mercado proporcionando una visión del desarrollo tecnológico. Se utilizó una metodología de vigilancia tecnológica que se basa en la transformación de la información contenida en bases de datos, mediante la elaboración de mapas tecnológicos, como parte de los pasos que conllevan a realizar procesos de vigilancia tecnológica en un contexto de interés. Este proceso consta de la búsqueda de información y del análisis de datos, manteniendo un balance entre calidad y cantidad y estableciendo la interacción entre estos, para generar información que desemboque en un conocimiento útil a los procesos productivos y posteriormente en un nuevo desarrollo (producto). En el entorno actual de desarrollo continuo y acelerado, se ha creado la necesidad de incorporar en el componente productivo distintos elementos diferenciadores que permitan anticipar los cambios tecnológicos. En este contexto, la vigilancia tecnológica (VT) surge como una metodología

enfocada al análisis de estos cambios y a la identificación de retos y oportunidades, apoyándose principalmente en las tecnologías de información (TI), mediante la búsqueda, captura y análisis de datos e información (León A; 2006). Dentro de la VT se hace necesario generar criterios para la escogencia y la utilización eficientes de las herramientas de *software* con distintas características, requerimientos, capacidades y costos, que pueden ser utilizados en dicho proceso. Inicialmente se realiza una aproximación a los distintos modelos desarrollados en VT, haciendo énfasis en la identificación y análisis de las diversas fuentes de información, por su cobertura, aporte al proceso de vigilancia, tipo de insumos informáticos y acceso; posteriormente se proponen algunos criterios para la valoración, selección y análisis de pertinencia por contexto, de acuerdo con el perfil y necesidad individual de quienes realizan VT, para el uso de este tipo de herramientas y finalmente se describen algunos de los paquetes de *software* existentes en el mercado para la realización de proyectos de vigilancia, relacionándolos con su complejidad, sus características de proceso y sus costos.

La vigilancia tecnológica (VT) involucra procesos de planeación, dirección, control y coordinación del desarrollo e implementación de la información, para entender y anticiparse a los cambios tecnológicos, haciendo una detección temprana de eventos que representan oportunidades o amenazas potenciales. De esta manera, la VT, implica un trabajo importante de análisis, en términos de definir los avances en las distintas áreas tecnológicas, difundirlos a la gente correcta y apoyar a la toma de decisiones estratégicas (Liao, 2005; Rodríguez, 2003).

A su vez, la VT requiere de esquemas de búsqueda de información que permitan abordar de manera eficiente la consecución de información del entorno y traducirlo en conocimiento útil para solventar las necesidades y retos del desarrollo tecnológico, los cuales no siempre son correctamente identificados y adecuadamente implementados en modelos de gestión, conduciendo generalmente a una ausencia en los resultados

efectivos. Identificar y definir una necesidad real y clara de información, representa uno de los mayores desafíos en la priorización de la vigilancia, en el ámbito tecnológico.

De manera análoga a un sistema o modelo de computación, en la cual la calidad de los resultados depende en gran medida del insumo con el que son alimentados, la validez de los resultados de la vigilancia tecnológica dependerá de las fuentes de información, sus procesos y herramientas de análisis, así como de la competencia del equipo de profesionales responsables del proyecto. Por ello, es relevante tener fuentes de información, confiables y adecuadas para soportar eficientemente cada fase de la vigilancia y de esta manera reducir el tiempo de análisis y toma de decisiones acertadas.

5.1

Metodología

Para la generación del mapeo tecnológico se desarrolló el método descrito por Vargas y Castellanos (2005) como se describe a continuación: se realizó una búsqueda de patentes que incluyeran desarrollos biotecnológicos para la industria de la pulpa y el papel del año 2000 hasta la fecha; las búsquedas se hicieron en fuentes primarias como bases de datos disponibles por vía web: <http://www.freepatentsonline.com/> y <http://www.google.com/patents>. Teniendo en cuenta términos técnicos relacionados con el tema de interés como fueron: *paper pulp bleaching, laccase, polyphenoloxidase, enzymatic bleaching, pulp bleaching, lignocellulosic material bleaching, pulp delignification, delignification, depolymerizing lignin, lignin degradation, biodegradation of lignin, pulp or paper manufacturing process, lignolytical enzymes, ligninase, peroxidase, lignin peroxidase, xylanase, biopulping, biobleaching, enzyme mixtures*, entre otras.

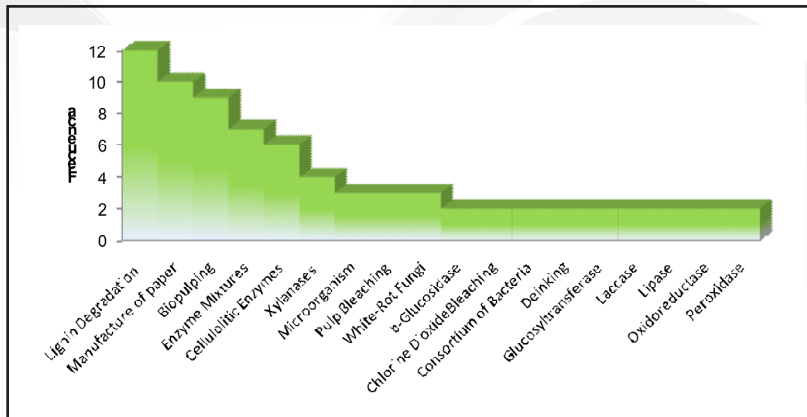
De los registros encontrados (alrededor de 1500) se descartaron los desarrollos relacionados con biorremediación de compuestos fenólicos y halogenados, tratamiento de efluentes y procesos de conversión de azúcares para la producción de etanol, seleccionando las patentes aplicables al los procesos de blanqueo y/o deslignificación en la manufactura del papel. Las patentes seleccionadas se caracterizaron por palabras clave que fueron extraídas de cada patente después de analizar su título y resumen, para evitar ambigüedad en la caracterización. Los datos se organizaron en una hoja de cálculo en Microsoft® Excel 2007, como se ilustra en la Figura 5.

Figura 5
Patentes seleccionadas caracterizadas por palabras claves

PATENTE	AÑO			PALABRAS CLAVE	
US 7,320,741 B2	2008	Xylanases	chlorine dioxide bleaching	pulp bleaching	
US 7,368,036 B2	2008	Xylanases	chlorine dioxide bleaching	hydrogen peroxide	pulp bleaching
US 7,294,228 B2	2007	microorganism	biopulping		
US 7,022,511 B2	2006	Lignin degradation	Consortium of Bacteria	Isolation of bacteria	Acclimation of bacteria
US 7,018,510 B2	2006	Lignin degradation	biopulping	Consortium of Bacteria	
US 7,138,035 B2	2006	Peroxidase	selective oxidation	Carbohydrates	environmentally friendly
US 7,008,505 B2	2006	biopulping	lignin degradation	white-rot fungi	wood waste
US 7,125,471 B2	2006	Enzyme mixtures	Manufacture of paper	sludge	
US 6,958,110 B2	2005	Enzyme mixtures	microorganism	Manufacture of paper	lignin degradation
US 6,939,437 B1	2005	cellulolytic enzymes	Manufacture of paper	cationic polymer	
US 6,824,646 B2	2004	cellulolytic enzymes	Lignin degradation	pulp bleaching	reverse osmosis
US 6,767,728 B2	2004	Enzyme mixtures	b-glucosidase	waste paper	deinking
US 6,506,593 B2	2003	Xylanases	Bacterial protein	Lignin degradation	Recombinant technology
US 6,613,192 B1	2003	biopulping	Manufacture of paper	Lignin degradation	white-rot fungi
US 6,610,172 B1	2003	Laccase	Manufacture of paper	paper wet strength	
US 6,660,128 B1	2003	Laccase	peroxidase	biopulping	lignin degradation
US 6,387,211 B1	2002	Oxidoreductase	Reducing fluorescence	Manufacture of paper	
US 6,402,887 B1	2002	white-rot fungi	biopulping	Manufacture of paper	Lignin degradation
US 6,465,203 B2	2002	glucosyltransferase	glucans production	Manufacture of paper	
US 6,379,948 B1	2002	microorganism	lignin degradation		
US 6,426,200 B2	2002	Enzyme mixtures	b-glucosidase	laser printed paper	deinking
US 6,468,391 B1	2002	cellulolytic enzymes	Manufacture of paper		
US 6,242,245	2001	oxidoreductase	Lignin degradation	Additive	
US 6,284,479 B1	2001	glucosyltransferase	Modified starch	Manufacture of paper	Streptococcus mutans
US 6,258,209 B1	2001	Enzyme mixtures	lignin degradation		
US 6,099,688	2000	cellulolytic enzymes	biopulping	Trichoderma	Aspergillus/Penicillium/Streptomyces
US 6,066,233	2000	Enzyme mixtures	cellulolytic enzymes	pectinase	biopulping
US 6,027,610	2000	Enzyme mixtures	biopulping	cellulolytic enzymes	lipase
US 6,057,438	2000	Xylanases	Cellulosic material		

De las 44 palabras clave con las que fueron caracterizadas las patentes, se escogieron 18 por aparecer en más de un documento. La frecuencia de aparición de las palabras seleccionadas se ilustra en la Figura 6.

Figura 6
Frecuencia de las palabras clave



Con las 18 palabras seleccionadas se generó una matriz de ocurrencia y coocurrencia de las palabras clave, donde las palabras se disponen como filas y columnas; esta matriz muestra la frecuencia de aparición de una palabra con otra en una misma patente; la diagonal de esta matriz simétrica muestra la frecuencia de aparición de una palabra clave, la matriz se normalizó utilizando el índice de Jaccar, que corresponde a un índice cuantitativo de similitud (Ivchenko y Honov, 1998). Este índice es la razón entre el número de documentos que tienen dos palabras clave y la suma total de los documentos en que se encuentran las dos palabras, como se ilustra en la fórmula 1.

Fórmula 1: Índice de Jaccar.

$$J(i,j) = \frac{C_{ij}}{C_i + C_j - C_{ij}}$$

C_{ij} = número de ocurrencias de la palabra i e j

C_i = frecuencia de la palabra i

C_j = frecuencia de la palabra j

La normalización arroja valores entre 0 y 1. Corresponde al valor

uno (1) cuando dos palabras aparecen solamente en los mismos documentos ($C_i=C_j=C_{ij}$) y corresponda al valor cero (0) cuando las dos palabras no aparecen citadas en forma conjunta en ningún documento ($C_{ij}=0$). Parte de la matriz obtenida por este proceso se ilustra en la Figura 7.

Figura 7
Matriz normalizada de ocurrencia y coocurrencia de las palabras clave en las patentes

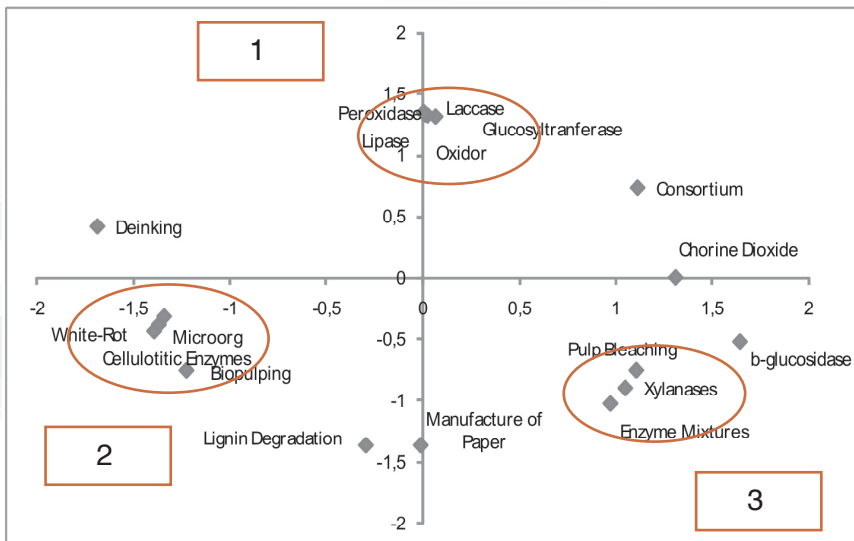
	Lignin	Degrad	Manufacture	Biopulping	Enzyme	Mixt	Celulolitic	En:	Xylanases	Microorganism	Pulp	Bleaching	White	Rat	Fur	b-Glucosidase	Chitosidase	Diox	Consortium	o
Lignin Degradation	1.00	0.16	0.36	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.15	0.17	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.18
Manufacture of paper	0.16	1.00	0.12	0.06	0.25	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Biopulping	0.36	0.12	1.00	0.07	0.15	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Enzyme Mixtures	0.07	0.06	0.07	1.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Celulolitic Enzymes	0.06	0.25	0.15	0.08	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Xylanase	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Microorganism	0.07	0.08	0.09	0.11	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pulp Bleaching	0.07	0.00	0.00	0.00	0.13	0.40	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00
White-Rat Fungi	0.15	0.18	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
b-Glucosidase	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chlorine Dioxide Bleaching	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Consortium of Bacteria	0.18	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Denitrifying	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Glucosyltransferase	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Laccase	0.08	0.09	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Lipase	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Oxidoreductase	0.08	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peroxidase	0.08	0	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

A partir de la matriz normalizada se desarrolló un análisis estadístico de escalamiento multidimensional con el *software* SPSS 17.0, con el cual se puede obtener relaciones numéricas entre diferentes variables (matriz 18 x 18) y este se puede representar en dos dimensiones. El mapa de coocurrencia de palabras que se obtuvo a través del análisis de escalamiento multidimensional se presenta en la Figura 8.

5.2 Resultados y análisis

El ejercicio de vigilancia tecnológica empleado para el mapeo de patentes que incluyan desarrollos biotecnológicos aplicables a los procesos de blanqueo o deslignificación en la manufactura del papel, arrojó como resultado el mapa tecnológico que se ilustra en la Figura 8.

Figura 8
Mapa tecnológico por coocurrencia de palabras



Interpretación del mapa tecnológico. Se ubicaron tres grupos de palabras como puede observarse en la figura 8.

En el grupo 1, se encuentra la utilización de actividades enzimáticas específicas; dichas palabras corresponden a patentes cuya innovación está dada por un nuevo conjunto de componentes, que además del uso de la enzima incluyen aditivos u otras sustancias para mejorar diferentes procesos de interés como la degradación de la lignina, el blanqueado de la pulpa, o bien nuevos procesos como la eliminación de tintas de impresoras laser para hacer pulpa desde papel reciclado, o el mejoramiento de las cualidades del papel mediante la eliminación de compuestos que emitan fluorescencia. La generación de nuevo conocimiento sobre los procesos naturales especialmente en microbiología, a través de la investigación básica en biotecnología ha dado paso a la diversificación de las tecnologías emergentes, sin embargo aún son pocas en relación a desarrollos patentables de procesos industriales que se basan la transformación química tradicional.

38

En el grupo 2, se encuentran las palabras pertenecientes a desarrollos en los procesos de obtención de biopulpa, la diferencia entre dichas patentes consiste en el uso de diferentes microorganismos y/o sus componentes enzimáticos pero todos dirigidos al mismo proceso. Como se mencionó anteriormente la biodiversidad es uno de los pilares para el desarrollo de la biotecnología; se puede afirmar en el sentido biológico que es la totalidad de los genes, especies y ecosistemas de una región, representado en variedades vegetales, animales, fúngicas e incluso microbiológicas, modificadas tras siglos de selección para la acumulación de características deseables; esto último representa además diversidad en rutas metabólicas, lo que implica un amplio rango de posibilidades que recientemente se explora como aplicación industrial.

En el grupo 3, se encuentra la combinación de tecnologías como el de enzimas junto con procesos de blanqueado diferentes a los enzimáticos, las mezclas de enzimas para procesos diferentes

como la biopulpa y la degradación de lignina y la eliminación de tinta, que responden a diferentes procesos y necesidades relacionadas con la industria de la pulpa y el papel. Donde se observa un cambio en la concepción innovativa multicomponente de los procesos patentados, dado que las patentes que incluyeran desarrollo en biotecnología para la industria del papel y anteriores al año 2000, en general se dirigían solamente hacia el uso de la enzima *lacassa* para los procesos de bioblanqueado.

Los agrupamientos y las palabras dispersas en el mapa se puede interpretar como un área tecnológica en plena emergencia y que además presenta la posibilidad de enfocarse desde puntos de vista y necesidades muy diferentes, relacionados con la manufactura del papel, como ya se discutió; esto está relacionado con el creciente y reciente conocimiento sobre el mundo microbiano y su inmensa diversidad no sólo en términos de especies, sino aún más diverso en rutas y procesos metabólicos que actualmente son temas relevancia en investigación básica y aplicada. En Colombia se han realizado varios estudios para el tratamiento de aguas residuales de la industria papelera a escala de laboratorio (Martínez *et al.*, 2005) y existen grupos dedicados al estudio de la aplicabilidad de microorganismos y sus enzimas a la industria del papel (Grupo de Biotecnología Ambiental e Industrial de la Universidad Javeriana, Grupo Bioalli de la Universidad de Antioquia, Grupo de la Universidad EAFIT), pero aún el potencial biotecnológico de estos trabajos está por explotar. La biodiversidad es patrimonio de los países que lo poseen (Cumbre de la Tierra, Río de Janeiro 1992), explotada por los países desarrollados sin retribución, para el país a donde pertenecen tales recursos o para las comunidades indígenas poseedoras del conocimientos ancestrales. El valor que tienen sus recursos naturales no renovables y la biodiversidad está dada en gran medida por el desarrollo de nuevos bioproductos e industrias, usando los recursos genéticos de la flora y la fauna, de microorganismos y de otros recursos biológicos, en esta medida el aprovechamiento de la biodiversidad mediante la biotecnología, permite desarrollos sostenibles con potencial de aumentar la

productividad de restaurar y proteger el medio ambiente, lo que representa oportunidades para el país, sin embargo, el desarrollo de áreas de la biotecnología en Colombia está limitado por problemas como la creciente brecha científica y tecnológica con respecto al de los países industrializados, además la ausencia de incorporación de la biotecnología plantea serias amenazas, dado que puede causar la pérdida de la competitividad frente a los países que están aplicando innovaciones biotecnológicas en forma creciente. (Torres, 2002). Este ejercicio constituye un primer paso a seguir en los procesos de Vigilancia Tecnológica que contribuyan a la definición de políticas y direccionamiento de la gestión tecnológica para que la cadena de papel y artes gráficas alcance mayor competitividad y mayor inserción en el mercado internacional globalizado.

6.

Conclusiones

Dentro del contexto empresarial colombiano las cadenas productivas de químicos y petroquímicos y la cadena de papel y artes gráficas se consideran, según la Cámara de Comercio de Bogotá 2005, como estratégicas para la región de Bogotá D.C y según la visión de la Agenda Interna para la Productividad y la Competitividad del Departamento Nacional de Planeación (2007) para la cadena de pulpa, papel, cartón, industria gráfica, editoriales y empresas conexas, alcanzarán progresivamente mayor competitividad y mayor inserción en el mercado internacional globalizado, llegando a triplicar sus exportaciones para el año 2015, a través de operaciones rentables, sostenibles y con sentido de responsabilidad ambiental y social, entre las acciones identificadas para lograr este objetivo se encuentran el desarrollo tecnológico, donde se propone aprovechar los avances en biotecnología. Dado esto, se recopilieron patentes que incluyeran desarrollos biotecnológicos para la industria de la pulpa y el papel del año 2000 hasta la fecha, a partir de las cuales se realizó un análisis de la información recopilada a través de una herramienta de vigilancia tecnológica la cual generó un mapa tecnológico. A partir del mapa se puede interpretar la aplicación de desarrollos biotecnológicos como un área tecnológica en plena emergencia, que además presenta la

posibilidad de enfocarse desde puntos de vista y necesidades muy diferentes, relacionados con la manufactura del papel; tales desarrollos están relacionados con el creciente y reciente conocimiento sobre el mundo microbiano y su inmensa diversidad no sólo en términos de especies, sino aún más diverso en rutas y procesos metabólicos que actualmente son temas relevantes en investigación básica y aplicada. Sin embargo, en Colombia la poca aplicación de dichos desarrollos hace que se pierda competitividad frente a los países industrializados.

Gorbaneff y colaboradores (2006) proponen que los ambientes en los cuales surgen las empresas biotecnológicas exitosas se deben a: el acceso a la tecnología, el acceso a los recursos financieros de alto riesgo y al desarrollo del talento humano, capaz de desenvolverse en el ambiente inestable, que se caracteriza por la destrucción de las competencias adquiridas previamente. La creación de los fuertes incentivos para el personal que trabaja en las empresas biotecnológicas innovadoras, como marco referencial del estado actual de la biotecnología en Colombia aplicable al contexto empresarial colombiano. En el país se cuenta con una tradicional infraestructura de investigación en biotecnología y las áreas relacionadas. Valle del Cauca, con 225 grupos de investigación de Colciencias, ocupa el tercer lugar en el país. Esta cifra corresponde al 10.1% del total de grupos en Colombia. El departamento es precedido por Bogotá con 871 grupos (39.1%) y Antioquia con 370 grupos (16.6%). Se identifican (Gorbaneff *et al.*, 2006) tres posibles orígenes de la innovación en el área de la biotecnología: la empresa integrada de biotecnología, que se encarga de realizar la innovación y de darle una aplicación industrial, la empresa fabricante de productos alimenticios, farmacéuticos, etc., que busca mejorar sus procesos tecnológicos y acude a la investigación biotecnológica. El laboratorio científico, que se encarga de la investigación científica en la expectativa de que los sectores empresariales se interesen por su trabajo y le den una aplicación industrial. En América Latina predomina la tercera modalidad es así como en el país la mayor concentración de los proyectos biotecnológicos

se genera en el sector académico (45%), lo que puede interpretarse como el buen desempeño que los investigadores, pero también la falta de empresas de base tecnológica en el país. Esta situación, común a otros departamentos en Colombia y a otros países de América Latina, demuestra como las regiones con un nivel de desarrollo relativamente bajo aprovechan sus recursos naturales pero no hay un valor agregado sustancial en ellos que permita tener un dinamismo creciente en los ingresos a partir de su demanda interna y/o de la exportación de dichos productos (Cieci, 2007). Para la generación de bionegocios se requiere iniciar un proceso de modernización del aparato productivo que conduzca a una reestructuración de la actividad industrial del departamento a partir del uso de los recursos biológicos existentes, que por una parte logre el posicionamiento de nuevas empresas con una alta incorporación de tecnología y conocimiento, siendo la biotecnología una de las herramientas de innovación con distintivos muy peculiares de competitividad global y generadoras de valor agregado tecnológico, ecológicamente sostenibles y por la otra un aumento considerable de fuentes de empleo cualificado. Lo que implica retos frente al nivel de desarrollo y apropiación tecnológica para el país en los próximos años, y adopción de políticas para optimizar la estructura de las empresas de biotecnología, con miras a contribuir a su mayor competitividad.

Bibliografía

Biotechnology Center of Excellence Corporation (2003): Posibilidades de la biotecnología para el uso sostenible de los recursos de biodiversidad en la región andina: recomendaciones y directrices estratégicas. Informe presentado a: Corporación Andina de Fomento (CAF) Caracas, Venezuela y a la Comisión Económica Para América Latina y El Caribe de Las Naciones Unidas de Las Naciones Unidas (CEPAL) Santiago, Chile.

Cámara de Comercio de Bogotá (2005). Caracterización de Las Cadenas Productivas de Manufactura y Servicios en Bogotá Y Cundinamarca. Informe de Vicepresidencia de Gestión Cívica y Social Dirección de Estudios e Investigaciones Bogotá, D.C.

44

Cala-Hederich, D.F. (2007). Los doce años de Corpodib. Revista Colombiana de Biotecnología. IX (1): 3-4.

Cámara de Comercio de Bogotá. (2006). Balance tecnológico de la Cadena Productiva Hortofrutícola en Bogotá y Cundinamarca. Departamento de publicaciones. Bogotá D. C.

Castellanos, o. del Portillo, P. de peña, M. (2006). Análisis prospectivo de la biotecnología en Colombia 2005 – 2015 en el marco del direccionamiento estratégico. Revista Avances de pensamiento estratégico y prospectiva, Febrero, No. 2.

Castellanos, Ramírez y Montañez. (2006). Perspectiva en el desarrollo de las enzimas industriales a partir de la inteligencia tecnológica. Revista Ingeniería e Investigación. No 26 (2): págs. 52-67.

CIECI – Centro de Investigaciones en Economía y Competitividad Internacional. Pontificia Universidad Javeriana Cali. (2007). Plan de la Estrategia Bioregión Valle del Cauca 2019.

COLCIENCIAS-Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas. (1999). Programa Nacional de Biotecnología. Plan Estratégico 1999-2004. Bogotá.

COLCIENCIAS - CORPOGEN. (2008). La Biotecnología motor de desarrollo para la Colombia de 2015.

CORPODIB. (2002). Bioetanol por fermentación del jugo de caña, de azúcar y melazas como aditivo oxigentante de la gasolina: resumen del estudio realizado por Corpodib – Kilborn SNC – Lavalin. Santafé de Bogotá. D. C.

Corporación Biotec - Corporación para El Desarrollo de La Biotecnología. (2006). Resumen Ejecutivo.

Correa, H., Ruíz, I. y Arévalo, I. (2005). Plan de acción en biodiversidad de la cuenca del Orinoco – Colombia / 2005 - 2015 – Propuesta Técnica. Bogotá D. C.: Corporinoquia, Cormacarena, I.A.v.H, Unitrópico, Fundación Omacha, Fundación Horizonte Verde, Universidad Javeriana, Unillanos, WWF - Colombia, GTZ – Colombia.

Departamento Nacional de Planeacion. (2007). Agenda interna para la Productividad y la Competitividad. Documento sectorial, Cadena pulpa, papel, cartón, Industria Gráfica, Industria Editorial. Bogotá, D. C.

González, G. Castellanos, O. (2000). Incidencia de los mercados en el desarrollo de la ingeniería de enzimas en Colombia, Ingeniería y Sociedad, No. 6, 2000.

Gorbaneff, Y. Aarón, I. y Chávez, C. (2006). Restricciones Estructurales Para La Innovación en La Biotecnología Colombiana. Cuadernos de Administración (Colombia). No 19 (31): 103-143.

Hao, J., Song, F. y *et al* (2007). *Production of laccase by a newly isolated deuteromycete fungus Pestalotiopsis sp. and its decolorization of azo dye. J. Ind. Microbiol Biotechnol.* 34: pp.233–240.

Ivchenko, G., Honov, S. (1998) *On the Jaccar's similarity test. Journal of Mathematical Sciences*, Vol. 88, No. 6.

Kar, S., Mandal, A. *et al* (2006): *Production of Cellulase-Free Xylanase by Trichoderma Reesei SAF3.* Brazilian Journal of Microbiology. No. 37 :462-464

León A., Castellanos O., Vargas F. (2006). Valoración, selección y pertinencia de herramientas de *software* utilizadas en vigilancia tecnológica. Ing Investig, 26(1).

Lucero A., *et al.* (2004): Evaluación de la actividad biocontroladora de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre larvas de *Ancognatha scarabaeiodes* (Coleoptera: Scarabaeidae). Revista Corpoica. 51(1): 43-48.

Martínez-Salgado, M. *et al.* (2005). Efecto de la glucosa y nitrato de amonio sobre las enzimas ligninolíticas producidas por *trametes versicolor* inmovilizado en espuma y la decoloración de un efluente papelerero en un biorreactor de lecho fluidizado. Universitas Scientiarum. 10 (2): 27-36

Monsalve G., *et al.* (2006): Producción de etanol a partir de la cáscara de banano y de almidón de yuca. DYNA. 73 (150): 21-27.

Olaya, D. L. y Orozco, L. (2004). Indicadores del Programa Nacional de Biotecnología. Observatorio de Ciencia y Tecnología, Bogotá.

Roca, W. (2004). Estudio de las capacidades biotecnológicas e institucionales para el aprovechamiento de la biodiversidad de los países de la región andina. informe preparado para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Corporación Andina de Fomento. Centro Internacional de la Papa (CIP) Lima-Perú

Sapre, H. J., Patil, M. B. (2005). *Purification and characterization of a thermoalkalophilic xylanase from Bacillus sp. World Journal of Microbiology & Biotechnology.* 21: 649–654

Torres, R. (2002). Bases para una política nacional de biotecnología. Informe final presentado al Departamento Nacional de Planeación – DNP. Dirección de Desarrollo Agrario, Bogotá D.C.

Vargas, F., Castellanos, O. (2005). Vigilancia como herramienta de innovación y desarrollo tecnológico. Caso de aplicación: Sector de empaques plásticos flexibles. *Revista Ingeniería e Investigación.* 25 (2): 32-41.



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