

Biogestión

Oscar Castellanos*

Alexandra Montoya**

Resumen

El presente artículo relaciona los conceptos de la gestión y de las ciencias de la vida, enlazándolos en el desarrollo tecnológico y empresarial. Inicialmente describe la evolución de la biotecnología, enfatizando que, aunque es un área estratégica en el país, la cantidad de grupos de investigación y empresas dedicadas a esta actividad es muy baja, además no se practica un manejo apropiado de su gestión. Igualmente se realiza una breve descripción histórica de las diferentes técnicas administrativas, desde el Taylorismo hasta la incidencia en las organizaciones de la cibernética y la complejidad. Mediante la metáfora biológica, se demuestra el impacto de los conceptos y sistemas biológicos en la evolución de la gestión. Los dos anteriores enfoques permiten plantear una opción metodológica para la interacción entre lo biológico y la gestión, denominada biogestión, compuesta de dos aspectos: el conceptual, que inserta en la gestión los modelos de la biología y áreas afines, y el instrumental, que desarrolla los elementos de la gestión, aplicados de forma integral en el paquete tecnológico de la biotecnología.

Palabras Claves

Biotecnología, gestión de la tecnología, tecnología blanda, tecnología dura, biogestión, metáforas biológicas.

Introducción

En la actualidad la biotecnología ha incrementado su impacto en la sociedad, ya que a través de ésta ha sido posible utilizar microorganismos, células animales o vegetales en las industrias con la finalidad de preservar el medio ambiente, produciendo bienes y servicios de mejor calidad. Por tal razón, sumado al gran número de industrias biotecnológicas que han comenzado a operar, estudios recientes de la Oficina de Evaluación Tecnológica de los Estados Unidos indican que la biotecnología es actualmente el sector comercial e industrial de más rápida expansión en el mundo. Esto también ha sido ratificado por el Consejo Europeo de Competitividad

en los siguientes términos: "en el siglo XXI habrá siete industrias de punta: la biotecnología, la informática, la microelectrónica, las telecomunicaciones, la robótica, la industria de nuevos materiales y la aviación civil, los cuales dependen de un nuevo factor de producción llamado conocimiento" (Gómez, 1997).

De igual forma se reconoce que quienes dominen estas nuevas técnicas productivas habrán adquirido enormes ventajas sobre sus competidores. Se trata en realidad de una transformación tecnológica apenas comparable con la que ocurrió en el mundo con la introducción de la electricidad (Dinero, 2001). Por ello, es prioritario desarrollar marcos conceptuales, opciones metodológicas e interacciones interdisciplinarias para que la biotecnología no se quede en una posible expectativa, sino que se convierta verdaderamente en una ventaja competitiva. Infortunadamente se ha detectado que una de las falencias más grandes de la biotecnología radica en contar con modelos incipientes y no adecuados de su gestión.

* Ingeniero químico, MSc, PhD, Docente, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia. E-mail: ocasta@ing.unal.edu.co, www.biogestion.unal.edu.co

** Administradora de Empresas, MSc, Docente, Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia. E-mail: luzmontoya69@hotmail.com

A su vez esta última ha tenido igualmente un importante desenvolvimiento durante el siglo inmediatamente anterior, partiendo de ser tímidamente asimilada con un área independiente en los sistemas productivos, mediante la introducción de principios de cientificidad, hasta llegar hoy a ser considerada como fundamental y determinante en cualquier empresa tanto de manufactura como de servicios. Debido a lo anterior se han consolidado estructuras conceptuales propias, que para su enriquecimiento, han llegado incluso a retomar elementos de la vida y de las ciencias biológicas, aplicados a los sistemas organizacionales y entornos de competitividad. En el presente artículo se propone un modelo de interpretación entre lo biológico, lo tecnológico y la gestión, que pretende establecer las bases conceptuales frente a una nueva forma de asumir su mutua relación, generado en una dinámica explícita denominada biogestión.

Desarrollo e impacto de la biotecnología

La biotecnología no es una técnica nueva, ya que tanto la utilización de microorganismos en los procesos de fermentación tradicionales, como las prácticas empíricas de selección genética y de hibridación, han sido usadas a lo largo de la evolución de la humanidad.

La historia de la biotecnología puede estudiarse desde diferentes puntos de vista, sin embargo se proponen los siguientes cuatro períodos (León, 2000). El primero corresponde a la era anterior a Pasteur y sus comienzos se confunden con los de la humanidad. En esta época, la biotecnología se refiere a las prácticas empíricas de selección de plantas y animales, sus cruces y a la fermentación como un proceso para preservar y enriquecer el contenido proteico de los alimentos. Este período se extiende hasta la primera mitad del siglo XIX y se podría caracterizar como la aplicación artesanal de una experiencia resultante de la práctica diaria.

El segundo período comienza con la identificación por Pasteur de los microorganismos como causa de la fermentación y el descubrimiento por parte de Buchner de la capacidad de las enzimas extraídas de las levaduras de convertir azúcares en alcohol. Estos adelantos dieron un gran impulso a la aplicación de las técnicas de fermentación en la industria alimenticia y al desarrollo de productos como las levaduras, los ácidos cítrico y láctico. Finalmente, también permitió reorientar la industria química para la

producción de acetona, butanol y glicerol, mediante el uso de bacterias.

El tercer período se caracterizó por avances de cierta forma antagónicos, ya que por un lado la vertiginosa expansión de la industria petroquímica tiende a desplazar los procesos biotecnológicos de fermentación, pero por el otro, el descubrimiento de la penicilina por Fleming en 1928, sentaría las bases para la producción a gran escala de antibióticos, particularmente a partir de la década de los cuarenta. Paralelamente, un segundo desarrollo importante de esa época fue el comienzo, en la década de los años treinta, de la aplicación de variedades híbridas en la zona maicera de los Estados Unidos, con espectaculares incrementos de la producción por hectárea, iniciándose el camino hacia la revolución verde que alcanzaría su apogeo treinta años más tarde.

El cuarto período o era de la biotecnología es el actual. Se inicia con el descubrimiento de la doble estructura axial del ácido desoxirribonucleico (ADN) por Crick y Watson en 1953, seguido por los procesos que permiten la inmovilización de enzimas, los primeros experimentos de ingeniería genética realizados por Cohen y Boyert en 1973 y la aplicación en 1975 de la técnica del hibridoma para la producción de anticuerpos monoclonales gracias a los trabajos de Milstein y Kohler. En su etapa moderna la biotecnología se puede definir como el conjunto de técnicas biológicas que permiten utilizar a los seres vivos para la producción de bienes y servicios de interés humano (Quintero, 1990). Una interpretación similar, publicada por la Ocede (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) en 1993, propone que es la aplicación de organismos, sistemas y procesos biológicos a la producción de bienes y servicios en beneficio del hombre. Para ello ha tenido que integrar una serie de conocimientos científicos y tecnológicos, convirtiéndose en un área de composición y actividades multidisciplinarias por excelencia.

Como consecuencia de la nueva biotecnología, gran número de industrias han tenido que sufrir cambios drásticos en sus procesos productivos, tendiendo cada vez más a la innovación y a la modificación o cambio de la tecnología utilizada. Como ejemplo de lo anterior se pueden mencionar las siguientes áreas y sus impactos respectivos:

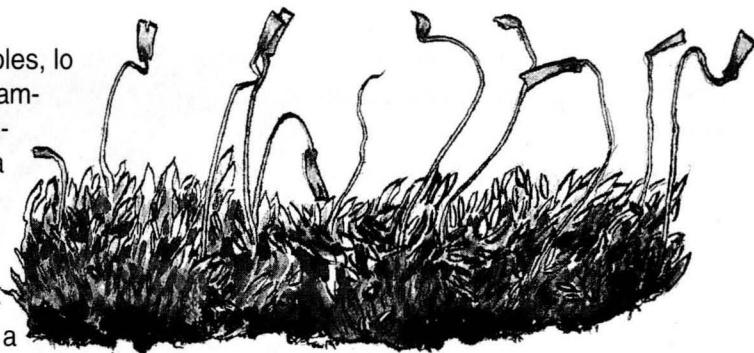
- la industria farmacéutica en la producción de hormonas, inmunoproteínas, enzimas, antibióticos y nuevos fármacos proteicos y no proteicos; la química en la producción de biopolímeros, biofertilizantes y biopesticidas,

utilizando recursos naturales renovables, lo que permitirá reducir la contaminación ambiental por sus desechos biodegradables la industria de alimentos en la fabricación de helados, derivados lácteos, gelatinas, edulcorantes, en la producción de pan, vino y cerveza empleando levaduras modificadas por ingeniería genética y en la fabricación a gran escala de productos para animales y humanos mediante microorganismos usados para producir proteínas

- la agricultura y ganadería en el campo de la nutrición, el crecimiento y la reproducción animal y vegetal y el mejoramiento genético de especies para lograr una mayor resistencia a condiciones climáticas adversas, el aumento del rendimiento en las cosechas, obtención de mejores abonos, entre otros beneficios
- la generación de energía a partir de los biocombustibles y en minería en la recuperación o extracción secundaria o terciaria de enormes reservas de petróleo del subsuelo y finalmente, el campo medioambiental con la utilización de la biorremediación (Montoya, 1990, Botero e Ibagón, 1990, Guevara, 1999).

En Colombia, la situación con relación a la incorporación de la biotecnología al sistema productivo se caracteriza por la poca existencia de empresas de base biotecnológica, destacándose las iniciativas en biología molecular de Corpogen, en biotecnología agrícola y vegetal de Meristem S.A. e Histolab con el desarrollo de anticuerpos monoclonales, entre otras (Hodson y Aramendis, 1999). El primer paso significativo en su consolidación fue la creación a mediados de los ochenta del Instituto de biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Más adelante, a principios de los noventa, el Gobierno Nacional por intermedio del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Colciencias, al crear once Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología, incluye el Programa de Biotecnología, con lo cual varios centros de investigación y universidades empezaron a recibir estímulo oficial y de entidades particulares para la realización de trabajos de carácter científico (Castellanos, 1996).

A finales de la década pasada un análisis del Programa de biotecnología de Colciencias mostró que el país contaba con 74 grupos de investigación activos, incluidos los centros de investigación y de desarrollo tecnológico en biotecnología (Aramendis y Hodson,



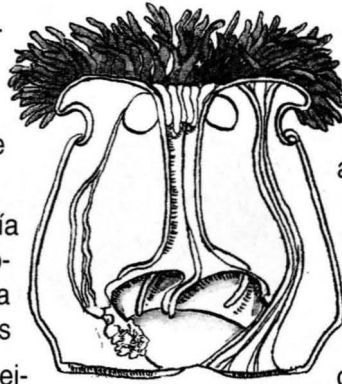
1999), de los cuales sólo el 5 % de toda la muestra se encuentra ubicado en la industria. No sorprende este hecho, ya que en un estudio anterior realizado por Colciencias en 1995 se encontró que sólo el 8 % de los profesionales reportados en los grupos de biotecnología estaban relacionados con el área industrial, y que los proyectos de sector productivo comprendían únicamente el 4% del total de investigaciones registradas en el Programa Nacional de Biotecnología. Quiere decir que en los últimos 5 años el porcentaje de dedicación en el área de industria prácticamente se ha mantenido invariable. En ambos estudios la carencia de investigaciones en gestión aplicada a la biotecnología fue total, debido a lo cual el mencionado Programa, en su Plan estratégico 1999-2004, ha reconocido el papel futuro que debe tener este aspecto y lo ha señalado como factor clave, por encontrarlo como uno de los de mayor atraso y de muy pocos avances.

Relación de la biotecnología y la gestión

Para que la biotecnología industrial tenga un impacto significativo en la economía y en el desarrollo tecnológico del país se requiere implantar una verdadera cultura que comprenda la institucionalización del conocimiento, la formación integral de técnicos e investigadores, y la vinculación del sector privado en el montaje de empresas con tecnologías y ciencias apropiadas. La biotecnología puede considerarse un peligro dramático y una oportunidad excepcional. Para lograr esto último se requieren mecanismos y acciones para evitar perder competitividad, fortaleciendo el sistema de investigación y la generación de negocios. Este es uno de los sectores más nuevos de la economía y debe constituirse en innovador por excelencia. Aún en el caso de la adquisición externa de una licencia de biotecnología para iniciar un negocio, se requieren innovaciones de adaptación del proceso o del producto licenciado a las materias primas y condiciones locales (Zoltán, 1993). Entre las principales características tecnológicas de los procesos

biológicos aplicados en sistemas productivos se pueden mencionar observaciones como:

- ❑ la biotecnología es un sector de tecnología de proceso
- ❑ en el ciclo de vida de tecnología de la mayoría de este tipo de procesos se establece competencia con las tecnologías preexistentes
- ❑ se presenta una gran heterogeneidad entre las diferentes biotecnologías. En la adecuada interpretación e integración de lo anteriormente mencionado juega un papel decisivo la adecuada asimilación, implementación e interpretación de la gestión tecnológica.



De otro lado, estudiosos de la economía han venido observando las grandes perspectivas tecnológicas existentes en el desempeño futuro de diferentes industrias, entre las cuales pueden señalarse ejemplos como el fique (en el cual el aprovechamiento es de sólo el 2% de la biomasa total de la planta), la producción de grasas (sólo se aprovecha del 2 al 5% de la biomasa total), la celulosa (se aprovecha del 20 al 30% del árbol) y la industria cervecera (utiliza del 8 al 10% del grano total). En estos casos se podría ampliar mucho más su grado de utilidad y eficiencia con el aporte de procesos biotecnológicos, llevando a pensar que las oportunidades están dadas y que de allí deben desprenderse las iniciativas en investigación y desarrollo, así como su adecuada gestión (Pauli, 1999).

Aspectos conceptuales y desarrollo de la gestión

La presencia de los elementos de gestión en los diferentes ámbitos del desarrollo político, económico y cultural de la sociedad actual exige concretar aspectos de común acuerdo sobre su significado (Avalos, 1990). Sin embargo, en casos extremos se llega a considerar que no es necesario tener un concepto estructurado de gestión y se desconoce o no se acepta su incidencia en el desarrollo tecnológico, empresarial o académico.

En la literatura no se encuentran definiciones canónicas sobre la gestión y sus diferentes componentes, pero sí se dan bases conceptuales, que tomándose como referencia en cada contexto específico, plantean interpretaciones y aplicaciones debidamente estructuradas. Gaynor (1999) diferencia sustan-

cialmente la Gestión¹ de la Administración, por cuanto en la primera se involucran grados de creatividad, liderazgo, riesgo y preocupación por el desempeño futuro; a su vez, no la define como una ciencia, ya que no se pueden desarrollar teorías consistentes que guíen el desempeño humano. Sin embargo, la gestión puede tomarse como una tecnología según este autor, la cual puede describirse como el proceso de integrar los recursos y la infraestructura de la unidad de negocios en el logro de sus propósitos, sus objetivos, sus estrategias y sus operaciones definidas. Por otra parte, la administración involucra supervisar las actividades o tareas asignadas, consideradas como esenciales para mantener una organización a flote, en otras palabras, significa cumplir con las actividades rutinarias de la organización.

Esta visión obviamente no es compartida por la mayoría de los administradores, quienes plantean que la administración se muestra como una de las áreas del conocimiento más complejas y llenas de desafíos. En cada organización el administrador soluciona problemas, dimensiona recursos, planea su aplicación, desarrolla estrategias, diagnostica situaciones, entre otras tareas (Chiavenato, 2000). De otro lado, algunos autores plantean que ambos términos son formas modificadas de interpretar el vocablo inglés *Management*. Martínez (1999) propone que el concepto de administración presenta dos acepciones principales: como actividad de conducir organizaciones y como teoría o conjunto de conocimientos de carácter científico y técnico para el análisis del comportamiento y la gestión, la proyección, la ejecución y la evaluación de resultados eficaces de las organizaciones. Un nuevo enfoque que podrá denominarse orgánico, busca interpretar la gestión no sólo como la esquematización de los recursos de la organización a través del proceso administrativo (Dávila, 1985), sino como un sistema con poco énfasis en la jerarquía, tareas y responsabilidades flexibles y una redefinición permanente, lo cual a su vez conlleva a una orientación de la gestión a largo plazo, definida por la contingencia

1. En un reciente estudio realizado por la Corporación Calidad y las universidades Javeriana y de Los Andes se toma la gestión como una acción relacionada con los niveles de dirección de las organizaciones y que implica procesos decisórios en el manejo de recursos para lograr unos objetivos determinados (Malaver, 2000).

que impone un entorno cada vez más inestable e impredecible (Romero, 2001). Por ello, el proceso administrativo que se tome como referencia para el desarrollo de la gestión debe concretarse desde una perspectiva dinámica y compleja.

A continuación se describen los momentos más relevantes de esta dinámica a través de la historia. Antes de 1500, en Europa predominaba una visión teocéntrica, la naturaleza de la ciencia en el Medioevo se basaba en la razón y en la fe; pero en el siglo XVI esta interpretación del universo fue reemplazada por la concepción de un mundo similar a una máquina, como resultado de las investigaciones de Copérnico, Galileo y Newton, basándose en un nuevo método de investigación definido por Bacon, mediante la descripción matemática de la naturaleza y el método analítico de razonamiento concebido por Descartes (Bunge, 1983).

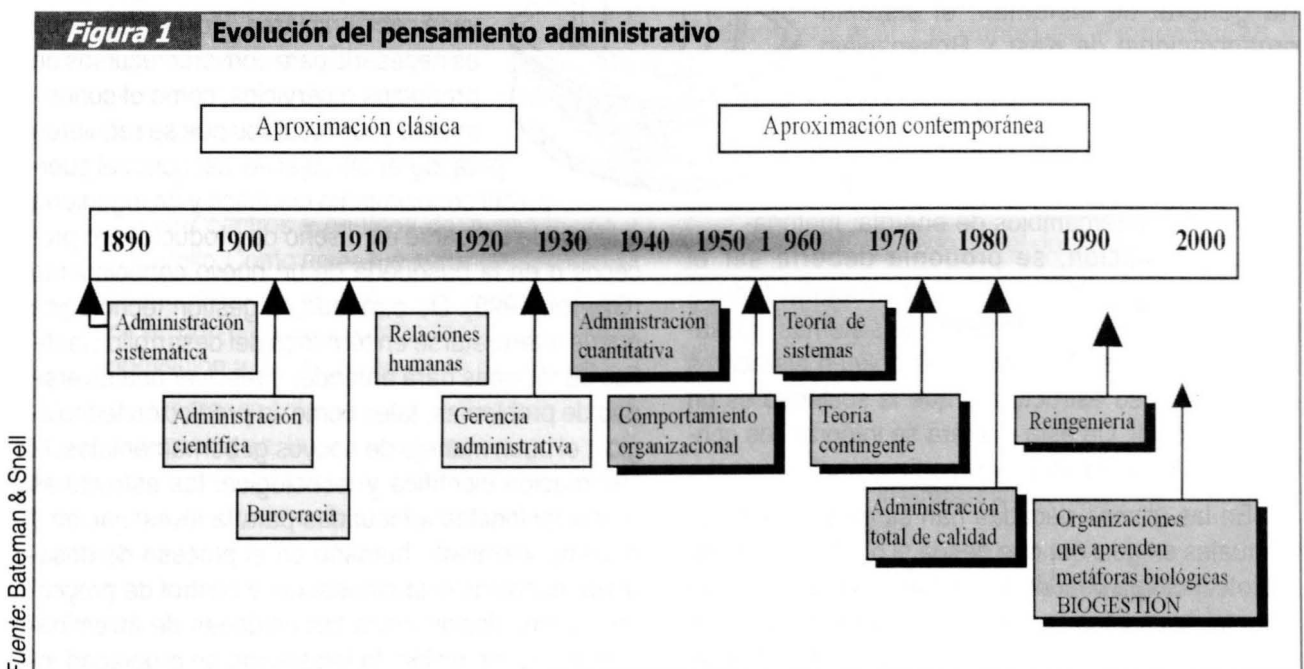
Durante la revolución industrial, la máquina desplaza al hombre y la industria determina las formas de organización del trabajo y la sociedad. El advenimiento de las máquinas, la producción en masa, la reducción de costos de transporte por la rápida expansión de los ferrocarriles y la casi inexistencia de regulaciones gubernamentales favorecieron el surgimiento de grandes organizaciones que redujeron las posibilidades del hombre al darle a su trabajo humano un carácter netamente mercantil. El primero en estudiar desde la economía y señalar el carácter de la organización como máquina fue probablemente Adam Smith en 1776, quien intensificó e incrementó

los procesos de fabricación, buscando la eficiencia mediante la reducción de los trabajadores, en favor del control de las máquinas. También se incluyeron nuevos procedimientos y técnicas para introducir la disciplina entre los trabajadores y para aceptar la nueva y rigurosa rutina de la producción en las factorías (Morgan, 1991).

La teoría de la organización inició sus estudios a raíz de la primera revolución industrial, caracterizada por la máquina a vapor y el desarrollo de las Ingenierías, derivado de la concepción de ciencia Newtoniana. Allí todo podría reducirse a leyes vitales, siendo los primeros administradores ingenieros, capaces de estudiar las leyes de la industria, quienes diseñaron las organizaciones como máquinas. Posteriormente, a finales del siglo XIX, Frederick Taylor investigó la división del trabajo como un factor de productividad y fue más allá que Adam Smith, Carl Marx y Alfred Marshall, por cuanto al aplicar el método positivista, contribuyó a gestar un movimiento revolucionario en el mejoramiento de la productividad a través de la administración científica. Para Taylor, la administración era una ciencia y no una regla empírica, armonía y no discordia, cooperación y no individualismo, rendimiento máximo y formación de cada hombre (Martínez, 1997).

Sin embargo, a pesar de contar con un gran número de adeptos y seguidores, el modelo de Taylor también contaría con serios contradictores. Desde la sociología, la psicología ocupacional y la fisiología del trabajo, la administración científica ha resistido duras críticas, en aspectos como el desgaste que implica el

Figura 1 Evolución del pensamiento administrativo



proceso laboral, la descalificación creciente del obrero y el reconocimiento único de motivaciones económicas en el trabajador.

Como respuesta a estos interrogantes surge el Enfoque Humanístico, el cual se enmarcó en una perspectiva social donde todos los conflictos de la organización se derivan de las presiones sociales, y se ve al hombre como parte integral de la organización. La Teoría Burocrática se fundamentó en que el proceso administrativo se enfoca desde el punto de vista de las relaciones interculturales basadas en el poder y la autoridad. En este caso los fenómenos sociales, dentro y fuera de la empresa, influyen en la organización de la misma, por tanto, la administración debe lograr un equilibrio de los intereses de grupo. El desarrollo de la teoría administrativa se beneficiaría de estos aportes creando ciencias de conducta organizacional, psicología industrial y desarrollo organizacional. Douglas McGregor (1991), profesor de administración del MIT, retomando el trabajo de Maslow sobre la satisfacción de las necesidades en el hombre y su impacto en la teoría clásica de la administración (en especial del punto de vista tradicional sobre la dirección y el control que llamaría *teoría X*) para proponer la filosofía de la *teoría Y*, hacia la cual debían cambiar las organizaciones y conducirse para lograr mayor productividad a través de la integración de los intereses individuales con los de la organización mediante procesos de activa participación.

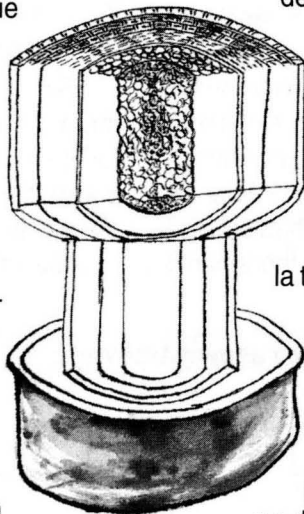
Más adelante, en el desarrollo de la teoría general de sistemas, el sistema organizacional de Kast y Rosenzweig (1979) estaría conformado por subsistemas: técnico, de metas y valores, psicosocial y estructural. La intersección de estos subsistemas, que se encuentran inmersos en intercambios de energía, materiales e información, se proponía debería ser el subsistema administrativo. El estructural-funcionalismo, en asocio con la teoría de sistemas, sostiene que todas las organizaciones poseen elementos comunes en su estructura y que la sociedad es un sistema social. De esta manera se integran los conceptos de sistema social y organizacional.

En las últimas décadas han surgido desarrollos puntuales en gestión, que desde el punto de vista de la biotecnología pueden tener mayor o menor impacto, entre los cuales se pueden citar diferentes métodos de planeación, el Justo a Tiempo, la Calidad To-

tal, el Empoderamiento, el Benchmark, la Reingeniería, los Círculos de Calidad, y demás mecanismos, haciendo énfasis en su capacidad real de responder a problemas particulares en una organización, para lo cual retoman, en la mayoría de casos, elementos conceptuales de las escuelas anteriormente mencionadas. La teoría Administrativa ha facilitado soluciones a diferentes problemas, pero es claro que su mayor importancia consiste en sistematizar el conocimiento científico y técnico para conducir racionalmente las organizaciones hacia el logro de resultados eficaces. También ha perfeccionado un conjunto de técnicas aplicables denominadas Proceso Administrativo o sistema de gestión. Por ser objeto de permanente referenciación como elemento llamado a ser dinamizador en la investigación y desarrollo de la biotecnología, a continuación se amplía el concepto de gestión tecnológica.

Gestión tecnológica

Ante el nuevo desafío de organizar la producción y aplicar industrialmente los conocimientos, se ha desarrollado la gestión tecnológica o administración de la tecnología (Solleiro, 1988). En términos tecnológicos, la gestión podría concebirse como la administración del conocimiento para dinamizar un proceso productivo a través de la introducción sistemática de innovaciones tecnológicas (Rivera, 1995). Respecto a la tecnología, ésta puede describirse de muchas maneras: como el medio para llevar a cabo una tarea, incluyendo lo que es necesario para convertir recursos en productos o servicios, como el conocimiento y los recursos que se requieren para lograr un objetivo, así como el cuerpo del conocimiento científico y de ingeniería que puede aplicarse en diseño de productos y/o procesos o en la búsqueda de un nuevo conocimiento (Gaynor, 1999). De otro lado, la gestión tecnológica puede interpretarse en términos del desarrollo científico de técnicas para entender y resolver una diversidad de problemas, tales como: la predicción tecnológica, el buen manejo de apoyos gubernamentales, la información científica y tecnológica, las estructuras organizacionales adecuadas para la investigación y el comportamiento humano en el proceso de desarrollo tecnológico; la planeación y control de proyectos, la vinculación entre las unidades de investigación y de producción; la legislación en propiedad in-



telectual, y otros más. (Solleiro, 1988). La gestión tecnológica dentro de un marco administrativo eficaz, permite una apropiada interacción entre la tecnología, el recurso humano y el conocimiento generado y/o asimilado, lo que conlleva a aumentos en la calidad de los bienes o servicios ofrecidos, en la productividad y en la competitividad (Mejía, 1998; Guevara, 1999), incluyendo también la utilización eficiente de los diferentes recursos para minimizar el impacto que tiene la actividad productiva sobre el medio ambiente.

Las funciones críticas de la gestión tecnológica según El Management of Technology Institute de Hamilton, Canadá, son las siguientes (1988):

- ❑ Integrar la tecnología a la organización para generar ventajas competitivas sostenibles
- ❑ Incorporar rápida y efectivamente nuevas tecnologías para la producción y distribución de bienes y servicios
- ❑ Concebir, negociar, contratar y supervisar la transferencia tecnológica de las unidades de investigación a las de producción
- ❑ Administrar proyectos interdisciplinarios y/o interorganizacionales
- ❑ Acortar el ciclo de la innovación tecnológica
- ❑ Participar en las actividades de comercialización y mercadeo, dando solución a los problemas que plantean los mercados
- ❑ Hacer estudios prospectivos sobre la evolución de las tecnologías
- ❑ Definir la posición de la organización respecto a las tendencias tecnológicas
- ❑ Superar problemas de comunicación entre la gerencia (y otras áreas operativas) y la función de investigación y desarrollo
- ❑ Integrar y motivar personal creativo e innovador
- ❑ Manejar centros y equipos de investigación y desarrollo. Como antes fue señalado en el caso de la biotecnología, además de estos elementos en conjunto, tiene particular importancia la innovación y la transferencia de tecnología.

En las empresas colombianas, incluyendo las del sector biotecnológico, la gestión tecnológica ha tenido poca importancia, precisamente por circunstancias ligadas principalmente con la falta de sistemas permanentes y debidamente estructurados de estímulos a la creatividad y a la innovación (Bernal, 1995). La responsabilidad de la investigación en la gestión ha recaído básicamente en la academia y en las es-

cuelas que tienen que ver con el tema de la administración y las ciencias económicas. Sin embargo, el desarrollo investigativo en gestión podría definirse como bastante moderado y para proyectarse adecuadamente deberá involucrar a otras facultades, así como al sector productivo en calidad de agente activo de este proceso y no solamente como cliente de los resultados académicos. Lo anterior se hace evidente analizando la última clasificación de los grupos de investigación científica y tecnológica, realizada por Colciencias (www.colciencias.gov.co/comunidadfadcyt, noviembre de 2000), en la cual de 734 grupos participantes, se registraron en las categorías A, B, C, D, - 69, 121, 251 y 293 correspondientemente. De la totalidad de los grupos, tienen como objetivo explícito la gestión sólo 5 en la categoría C (2 de la UIS, Univalle, UPB, Eafit) y 2 en la D (Fundación Manuela Beltrán, UN – Manizales). Adicionalmente se registraron otros 22 grupos que de alguna forma están relacionados con la gestión en general. Lo anterior implica que tan solo el 0,9% aborda esta temática directamente y el 3% de forma indirecta. Es importante destacar que la gran mayoría de estos 29 grupos no es de la región central del país y que además la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, es la gran ausente en el desarrollo de este tipo de investigaciones. Ninguno de los grupos registrados tiene como objeto de investigación y desarrollo cualquier tópico relacionado con la gestión con procesos u organizaciones biotecnológicas.

Sin embargo, en el ámbito nacional se debe mencionar que la gestión tecnológica empieza a reconocerse cada vez como un factor muy determinante en la sostenibilidad económica del sector productivo. Así lo demostró el V Encuentro de Productividad y Competitividad (2001), promovido por el Ministerio de Comercio Exterior, en el cual los representantes del gobierno, del sector empresarial y de la academia coincidieron en ratificar el impacto de las tecnologías en las estrategias de gestión organizacional y en la competitividad, definido por el dominio de herramientas como la prospectiva tecnológica, particularmente dirigida a nuevas tecnologías, entre las que se destacan la nanotecnología, la biotecnología, así como las telecomunicaciones y la informática.

Biogestión: interpretación y perspectivas

Tanto en el desarrollo de la biotecnología como de la gestión, se fortalece cada vez más la relación existente entre los aspectos tecnológicos y los conceptos

biológicos. El surgimiento de la biotecnología, como la aplicación en los procesos tecnológicos de sistemas vivos, plantea un desarrollo fundamentalmente en términos del componente duro del paquete tecnológico, excluyendo generalmente los elementos de la gestión, que para este caso se relacionan con la tecnología blanda, los cuales deberían abordarse simultáneamente, por cuanto es precisamente este último componente el que determina el éxito en la competitividad de los productos biotecnológicos (Guevara y Castellanos, 2000). De otro lado, la gestión se ha visto a su vez sustancialmente permeada por los conceptos básicos de la biología y sus disciplinas derivadas. Aún en la actualidad la relación entre la gestión y la biología oscila entre interpretaciones extremas, desde ser algo evidente para algunos investigadores, académicos e industriales de un lado, hasta llegar a ser en otros ámbitos sencillamente no reconocida. Sin embargo, es imperativo asumir esta relación en toda su magnitud, reconociendo su enorme potencialidad, que permitirá aprovechar al máximo los aportes que cada una de estas disciplinas puede hacer en la otra.

La **Biogestión** surge del reconocimiento de la interacción explícita entre la gestión y la biología. A partir de esta premisa, la biogestión se propone integrar en un contexto holístico extendido diferentes aspectos de las teorías administrativas con los conceptos y los sistemas de las ciencias biológicas. Esta nueva forma conceptual de integración interdisciplinaria tiene un carácter transversal que le permite interactuar o servir como instrumento metodológico y articulador coherente de desarrollos actuales, tales como: el biocomercio², la bioprospectiva³, la

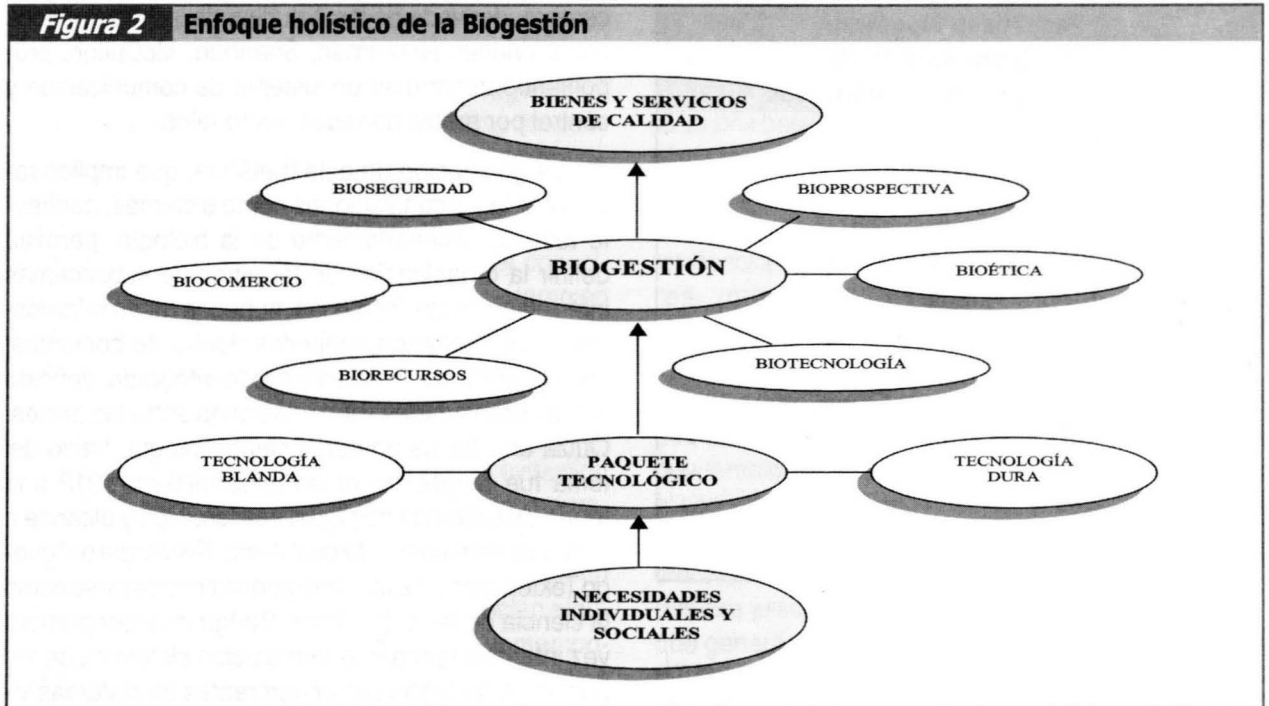
bioética⁴ y la bioseguridad⁵, entendidos en contextos estructurados. Como puede observarse en la figura 2, la biogestión se plantea como un eslabón necesario en la cadena que busca a partir de las necesidades individuales y sociales, mediante el uso de la tecnología, aplicar los conceptos de lo biológico de forma interdisciplinaria para generar bienes y servicios de calidad.

Es importante subrayar que la aparición y consolidación de un concepto que incluya el prefijo *bio*, no debe responder a una propuesta poco sustentada proveniente del esnobismo, como la que ya se encuentra en campañas publicitarias de ciertos produc-

to con la finalidad de hallar recursos genéticos y bioquímicos comercialmente valiosos. La bioprospección se ha extendido hacia las comunidades que celosamente han reservado prácticas y conocimientos tradicionales, por años. Son numerosas las inversiones de empresas internacionales dedicadas a la explotación de los conocimientos de las distintas comunidades indígenas. Con la bioprospección, el mundo volcó su atención en sus territorios, recursos y conocimientos, sin otorgar generalmente a cambio ningún reconocimiento a la labor de los agricultores indígenas que seleccionaron, mantuvieron y mejoraron las variedades de sus cultivos. Tomado de Freeman, Karen. 1994; y Rueda Marta Emilia, 1995.

2. **Biocomercio (Biotrade)** pretende promover la utilización de la conservación de la diversidad biológica para añadir valor a los recursos biológicos, y que ello redunde en desarrollo sostenible. Se busca estimular las inversiones y el comercio en recursos biológicos. Para lograrlo, se debe fomentar la capacidad de los países en vía de desarrollo para competir en un nuevo mercado. Esta iniciativa busca reducir los costos de transacción y la incertidumbre que impiden tener un mercado eficiente, para así generar oportunidades de negocio, promoviendo el uso de la biodiversidad para el desarrollo con criterios de sostenibilidad económica, social y ecológica (www.biotrade.org). Últimamente se ha encontrado en alguna literatura local la palabra **bionegocio**, la cual no tiene una clara contextualización, pero se supone está relacionada con el biocomercio; sin embargo, para ampliar adecuadamente su interpretación ver en www.ds.datastarweb.com/des/products/sneets/bbus.htm.
3. La **Bioprospección** consiste en la exploración y la investigación selectiva de la diversidad biológica y del conoci-

4. La **Bioética** puede ser definida como el estudio de la conducta humana en el campo de las ciencias biológicas y al atención a la salud a la luz de los valores y los principios morales. Consiste en el tratamiento de los problemas, implicaciones y conflictos ambientales, culturales y morales que surgen cuando se aplican y utilizan tecnologías y procedimientos científicos en seres humanos, plantas y animales (Revista Biodiversidad, 1999).
5. La **Bioseguridad** está referida fundamentalmente a las acciones que se pueden y se deben hacer para reducir el mínimo riesgo potencial de la aplicación de las nuevas biotecnologías y la manipulación de organismos vivos. Sus antecedentes se remontan al año de 1972, con la obtención de la avena recombinante, la cual generó grandes temores respecto a los potenciales efectos negativos de la aplicación de esta nueva tecnología sobre la salud humana en primera instancia, y sobre la salud pública en segundo lugar, y también sobre los impactos al sistema productivo y al medio ambiente. Esta situación se constituyó en el primer ejemplo de una acción autoregulatoria al interior de la comunidad científica, dentro del famoso moratorio que se hizo en el año de 1975, en el cual los científicos que desarrollaban técnicas de ingeniería genética acordaron ceñirse a un código de conducta que determinara las líneas generales para adelantar investigaciones. El término bioseguridad no ha sido definido taxativamente por ninguna norma. Sin embargo, se encuentra enmarcado dentro de una serie de actividades que sí han sido reglamentadas, como la manipulación y utilización de organismos vivos genéticamente modificados resultantes de la biotecnología moderna que pueden tener efecto adverso en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica. Así mismo, considera las medidas que impiden la introducción de especies exóticas y de aquellas que amenazan las existentes (Ramírez, Martínez; 1999).

Figura 2 Enfoque holístico de la Biogestión

tos (detergentes, elementos de tocador, electrodomésticos, y otros), así como en ciertos artículos de aparente literatura especializada, particularmente en biotecnología, que mencionan inclusive algunos de los términos antes referenciados, pero en un contexto totalmente distorsionado, generando expectativas erróneas y desproporcionadas.

Esta interacción entre diferentes disciplinas, desde el enfoque propuesto en este artículo, está constituida por dos aspectos: el conceptual y el instrumental, los cuales marcan la relación explícita entre las ciencias de la vida y la gestión. La biogestión genera a su vez cambios en cada una de ellas, lo cual consecuentemente conduce a que la relación que, tanto la gestión como las ciencias de la vida, tienen con la tecnología en el entorno de las organizaciones y los sistemas productivos, estén dando lugar correspondientemente a la gestión tecnológica y la biotecnología, de modo que ésta se vea también modificada y enriquecida.

Aspecto conceptual de la biogestión

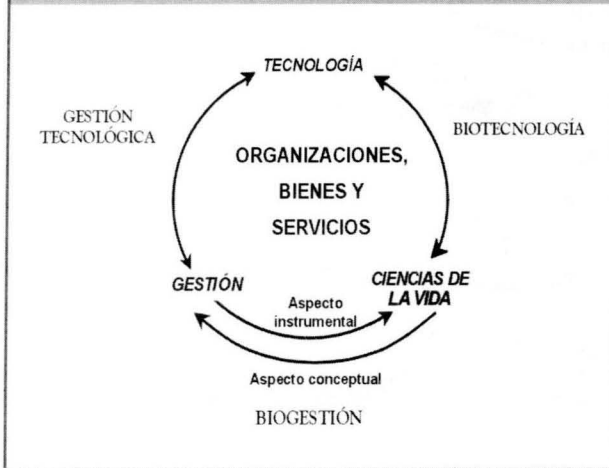
Este aspecto de la biogestión se manifiesta al aplicar cualquier concepto de la biología y áreas afines en el desarrollo de la gestión (Figura 3). Los estudios en biología y ecología pueden ayudar a crear ambientes más competitivos, mediante su aplicación en ciencias sociales⁶. En diferentes momentos de la evolución de la gestión, al igual que en muchas otras disciplinas,

particularmente después de la segunda mitad del siglo pasado, frecuentemente se ha recurrido a los conceptos de la biología para explicar procesos o plantear nuevos modelos de administración en las organizaciones. Con tal fin, se propone un método didáctico y aceptado cada vez más en la literatura, consistente en el empleo de las Metáforas, alternativa desarrollada por Morgan (1991)⁷.

6. La aplicabilidad de los modelos de integración en la investigación, desarrollo e implementación en la gestión es viable en la medida en que se retoman conocimientos de diferentes áreas (en este caso de las ciencias biológicas) para tratar de entender y mejorar las condiciones organizacionales y así dar respuesta a problemas en los sistemas de alta tecnología, como lo es la organización en Biotecnología; además, permite aprovechar las sinérgias generadas.

7. En este caso la metáfora es preferida ante otros modelos de similitud como la analogía, por cuanto esta última, se entiende como la relación de correspondencia, uniendo lo semejante entre sí, la cual puede establecerse en formas y configuraciones mostrando, por ejemplo, que una molécula se parece a una silla o a un cristal y así permitiendo entender lo observado. La identidad es difícil de lograr debido a que por lo general no se encuentran características que permitan en una situación y con las mismas condiciones, inferir que ocurre lo mismo en otra, en tanto que la metáfora facilita comprender un elemento en términos de la experiencia de otro, convirtiéndose entonces en una herramienta de aprendizaje y de trabajo que permite, gracias a los conocimientos adquiridos en otros terrenos, hacer comparaciones más allá de las analogías, sin caer en los peligros de las identidades.

Figura 3 Papel de la Biogestión en las organizaciones y los procesos productivos



En gestión, el estudio de las metáforas ha permitido generar mayor comprensión de todo tipo de procesos. Así por ejemplo, en un primer acercamiento a este método, la organización pudo interpretarse como una máquina, incluyendo todos los estudios de los racionalistas y seguidores de la administración científica, como Taylor, Fayol, Weber, entre otros. Pero fueron mas allá y tomando como referente las ciencias de la física, propusieron que su principal perspectiva era estudiar la empresa y la organización de tal forma que les permitiera la separación exacta de las partes (tareas, movimientos, por mencionar las más importantes) para analizar y desarrollar los procesos. Sin duda este sistema permitió logros significativos en el transcurso de la primera y segunda revolución industrial.

En los inicios de la metáfora biológica, en la cual la organización se tomó como organismo, desarrollada por biólogos y estudiosos del comportamiento humano como Mayo, Maslow, Bertalanffy, se planteó la aplicación del concepto de vida⁸ al desarrollo de las variables clave de la gestión. Pero esta metáfora ha llegado incluso a plantear la organización como

cerebro, derivada de los estudios de los cibernéticos como Wiener, Neumman, Shannon, McCulloch, proponiendo desarrollar un sistema de comunicación y control por medio de redes neuronales.

La generación de esta metáfora, que implicó reconocer las organizaciones como sistemas, concepto tomado necesariamente de la biología, permitió definir la organización en términos de subsistemas interrelacionados, como las muñecas rusas (Matrioskas), que contienen conjuntos dentro de conjuntos, cuyo objetivo es constituir un todo integrado, definido por las propiedades y las relaciones entre las partes. Quizá uno de los primeros científicos que habló del tema fue Bogdanov, quien desarrolló en 1912 una teoría de sistemas con igual sofisticación y alcance a la que se conoce hoy, la cual llamó *Tektología* del griego Tekton (constructor), que podría considerarse como la ciencia de las estructuras. Bogdanov por primera vez intentó llegar a una formulación sistémica de los principios de organización operantes en sistemas vivos y no vivos, donde definía la forma organizadora como la totalidad de conexiones entre elementos, estableciendo tres clases de sistemas: complejos organizados, donde el todo es mayor que la suma de las partes; complejos desorganizados, donde el todo es menor que la suma de sus partes y complejos neutros, donde las actividades organizadoras y desorganizadoras se cancelan mutuamente (Capra, 1998). Uno de los elementos que componen el pensamiento sistémico, consiste en la comprensión de un concepto simple denominado *Feedback* o retroalimentación, que muestra cómo los actos pueden reforzarse o contarse (equilibrarse) entre sí. Otros conceptos que son importantes en el desarrollo de la metáfora biológica se refieren a la Homeóstasis (capacidad de regulación del sistema) y principio Hologramático (en donde las partes tienen el todo en sí mismas).

En este contexto, un ejemplo clásico de la interpretación de sistema es la célula, en el cual existe una interdependencia funcional de sus componentes, que no puede reducirse a una estructura simple. La estructura en cualquier momento depende de la disposición de tales funciones y en muchos aspectos es sólo una manifestación de ellas. Lo anterior es cierto para organismos más complejos cuyo reflejo incrementa la diferenciación y especialización de las funciones, con órganos especializados para realizar funciones específicas y por lo cual se requieren unos sistemas más complejos de integración para mantener el sistema como un todo.

8. Capra (1998) define la vida con tres características principales:

Autopoiesis. Sistema de autoproducción o capacidad de autoregeneración

Estructura disipativa. Cambio de las estructuras para adaptarse al nuevo sistema; y

Proceso cognitivo. Proceso de aprendizaje cuando se cambian las estructuras.

La estabilidad y desarrollo de todo el sistema pueden ser comprendidos en términos de dos mecanismos organizadores básicos: formación y regulación. Von Bertalanffy desde la biología y Boulding desde la administración mostraron cómo la teoría general de sistemas, no sólo es el esqueleto moderno de las ciencias sino también una base para el entendimiento y la integración de los diferentes campos del conocimiento. Lo más interesante de este enfoque, también compartido por Perrow, Parsons, Le Moigne y Morin (Martínez, 1999) —con los problemas de la modelización dentro de la complejidad y el caos— es el análisis que puede hacerse de la interacción del sistema con el ambiente. Así, se presenta una continua evolución que contribuye al control de variables para reprogramar el rumbo de la organización, en donde, como antes fue mencionado, la retroalimentación juega un papel fundamental. A continuación se enuncian algunas de las interpretaciones de la gestión contemporánea, haciendo énfasis en el papel de los conceptos biológicos en su desarrollo.

La Complejidad

El concepto que se denominó como la “crisis de la ciencia clásica” que concebía el universo en forma determinista en el siglo XIX, se vio influido con la noción de calor. De su estudio se generaron las ideas de orden, desorden y dispersión al interior del método científico formal, donde se empezaron a reforzar ideas tales como el azar. Surge entonces la necesidad de un principio de explicación más rico que el principio de simplificación, en la necesidad de distinguir y analizar, teniendo en cuenta el precedente, el objeto y el entorno, la realidad observada y el observador.

Con el transcurrir del tiempo y el avance en diferentes campos como la ciencia y la tecnología, se ha introducido un nuevo término: la Complejidad⁹, un aporte hecho por Wiener y Ashby, los fundadores de

la Cibernética. La innegable importancia que este término tiene, hace necesario proporcionar una definición que permita tener una base conceptual clara que guíe el curso de este trabajo. La complejidad puede concebirse como un tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones y azares, que constituyen el mundo fenoménico. El azar se hace presente en esta definición dado que la complejidad no comprende solamente cantidades de unidades e interacciones, sino que también alberga incertidumbres en el seno de los sistemas ricamente organizados, indeterminaciones y fenómenos aleatorios. Es este fenómeno de incertidumbre presente en la complejidad, el que genera una relación estrecha entre los conceptos de entropía y negentropía, donde el primero prevalece a nivel de las grandes poblaciones y el segundo se hace presente en las unidades elementales, porque existen sistemas semialeatorios cuyo orden es inseparable de los sistemas que contienen. La complejidad no se puede tomar como el camino para eliminar la simplicidad, ya que ésta integra los modos simplificadores de pensar, rechazando las consecuencias mutilantes, reduccionistas y unidimensionales de ver la realidad; por tanto, el pensamiento complejo aspira al conocimiento multidimensional (Moran, 1989).

Las ciencias de la complejidad no sólo intentan descifrar lo simple y lo complejo (Gell-mann, 1994); también buscan las semejanzas y diferencias entre los sistemas complejos adaptativos implicados en procesos tan diversos como el origen de la vida, la evolución biológica, la dinámica de los ecosistemas, el sistema inmunitario de los mamíferos, el aprendizaje y los procesos mentales de los animales, la evolución de las sociedades humanas, el comportamiento de los inversores en los mercados financieros y el empleo de programas y/o equipos informativos diseñados para desarrollar estrategias o hacer predicciones basadas en observaciones previas.

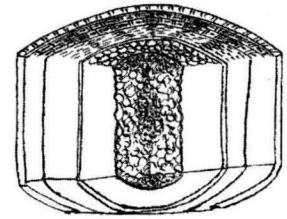
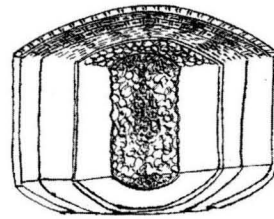
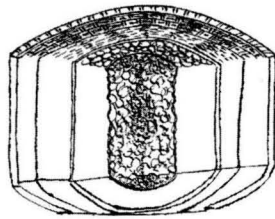
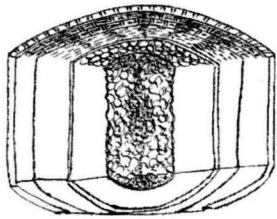


9. Los principios de la complejidad son:

Principio **dialógico**: mantiene la dualidad en el seno de la unidad. Al observar el orden y el desorden, uno es concebido como el opuesto del otro, pero a la vez contribuyen y generan la organización y la complejidad.

Principio de **recursividad organizacional**: es aquel en el cual los productos y los efectos son al mismo tiempo, causas y productores de aquello que los produce.

Principio **hologramático**: una organización (la complejidad) es la consecuencia de diversas partes o divisiones productivas (la simplicidad). La organización es lo que sus partes le permiten ser y las partes a su vez, son lo que la organización decide ser.



La Cibernética

Es una ciencia relativamente nueva, paralela y complementaria de la teoría general de sistemas, que surgiría en un grupo de científicos (neurocientíficos, matemáticos, ingenieros y sociólogos) encabezados por Wiener, quienes en su trabajo multidisciplinario formalizaron la Kibernetes (cibernética¹⁰) o aplicación metafórica de la palabra griega *Kebernetes* (gobierno del timón) en el sentido de correspondencia a un proceso de gobierno y obediencia. Wiener utilizó esta metáfora para caracterizar los procesos de intercambio de información a través de los cuales las máquinas y organismos incorporan una autorregulación de su comportamiento para mantener unos estados constantes.

Beer (1982) utilizó los conceptos de cibernética para desarrollar un modelo conocido como el Sistema Viable que reflejaría la estructura, las actividades, las interrelaciones y los flujos de información en las organizaciones sociales, haciendo una similitud con el sistema nervioso del cuerpo humano para plantear una forma de modelar las organizaciones sociales. La cibernética se refiere siempre a sistemas viables, en primer lugar a organismos vivos, siendo altamente descriptiva. Se tiene además, que un conjunto de sistemas viables puede interactuar con otro conjunto, para dar uno nuevo más amplio, donde se analizan los dispositivos internos de control (fisiología), los dispositivos de interacción (ecología), los dispositivos de supervivencia y de evolución (genética) y lo que ocurre cuando las cosas suceden (patología), para luego crear controles cibernéticos, definidos como nuevos

modos de organización de tratamiento de la información y de toma de decisiones.

Gerencia Inmunológica

Siguiendo en la interacción entre la ciencia natural y la ciencia social, se puede mencionar el relativamente reciente surgimiento de la gerencia inmunológica. Basado en los procesos homeostáticos, en el sistema inmunológico se encuentra una similitud con la organización respecto a su capacidad de actuar flexiblemente frente a cambios en el medio ambiente. Todos los organismos saludables tienen procesos de control, siendo éstos autorregulados: si el sistema inmunológico tuviera que pedir permiso para actuar, la infección se propagaría por todo el organismo. La esencia del autocontrol orgánico es la capacidad para conservar equilibrios internos que son cruciales para la estabilidad y el crecimiento. En el cuerpo humano, un sinfín de procesos de control regulan la temperatura, la presión sanguínea, las pulsaciones, los niveles de oxígeno, el equilibrio físico y la propagación de las enfermedades.

Para Pauli (Otros autores que han trabajado este enfoque son Capra, Morgan, Senge y Sheldrake) la gerencia inmunológica se puede interpretar como un sistema que contiene en sí mismo toda la información necesaria para reconocer determinado problema (un virus, por ejemplo, que puede perdurar aún durante varias generaciones, donde el sistema inmunológico puede contener respuesta selectiva y específica hacia él), capaz de decidir en sí mismo cómo actuar, y que permite tomar decisiones en forma rápida y acertada, sería una gran posibilidad para las empresas de adaptarse en un mundo cambiante. El sistema inmunológico, aparte de ser auto-organizador, es el mejor modelo de gerencia descentralizada y de empowerment (Pauli, 1997).

Metáfora Genética

En esta metáfora se estructura la propuesta de un modelo de *Gerencia genética*, el cual busca relacionar la naturaleza de las funciones de transmisión, codi-

10. La cibernética, se constituye entonces en una ciencia interdisciplinaria que estudia los flujos de información que corren a través de un sistema y el modo como dicho sistema utiliza esa información para controlarse a sí mismo; sus principales conceptos son la comunicación, la información, la retroalimentación y el aprendizaje y los principios deducidos de la observación de los homomorfismos entre el comportamiento de sistemas físicos y sociales. Teniendo en cuenta que la estructura de los organismos vivos es de una elevada complejidad, las hipótesis de la cibernética plantean que cualquier otro sistema, ya sea social, industrial o de gerencia, tienden a alcanzar unos niveles altos de complejidad.

ficación y almacenamiento de la información genética llevada a procesos de gestión y dirección en las organizaciones. Es posible hacer la metáfora porque el sistema genético, que maneja la información de un organismo, la define como un signo o conjunto de signos que impulsan a la acción, lo cual a su vez puede ser tomado como un modelo para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre en una organización (Montoya, Alexandra; 1999).

El sistema de información que se maneja se caracteriza porque el mensaje antes de ser transmitido, va a ser cifrado, es decir, va a sufrir cierto tratamiento que se conoce como codificación, la cual se produce y se desenvuelve en el caso de la organización en función de su cultura, que determina las relaciones humanas. El código refleja la personalidad del emisor y sus funciones, su escala de valores y sus normas de conducta organizacional. En la genética el código refleja la correspondencia de fenotipo con un genotipo específico.

La importancia de la metáfora genética radica en la posibilidad de generar en la organización un cambio de cultura pasando de los enfoques verticales y dominantes a enfoques participativos, motivadores y definitivamente más eficientes. Además, pretende que la mayor cantidad de información esencial—el genotipo de la organización— se ponga a disposición de los empleados, para que ellos, de acuerdo con las condiciones del ambiente, puedan tomar decisiones y hacer los respectivos cambios que le permitan a la empresa crecer. De otro lado, las organizaciones al cambiar el fenotipo —o su presencia al exterior en productos, servicios, imagen publicitaria entre otros— deben hacerlo mediante técnicas de aprendizaje. Senge indica cómo una organización que aprende puede desarrollarse mejor, virtud que está dada por la naturaleza a las células y que se plasma en las transformaciones genéticas adaptativas y de autoaprendizaje. Cuando la información por este proceso fluye libremente dentro de la organización, se generan lazos de confianza (Fukuyama, 1995), que permiten la creación de redes de conocimiento y redes industriales.

Aspecto instrumental de la biogestión

Consiste en la aplicación de conceptos e instrumentos de gestión a los sistemas y procesos biológicos. En el contexto del modelo estructural de la biogestión estos últimos son interpretados en función de generar, como antes se mencionó, bienes y servicios de

calidad, lo cual plantea una ampliación del aspecto instrumental hacia la misma biotecnología (ver figura 3), por contar ésta precisamente con una esencia funcional desde el punto de vista del ámbito productivo, partiendo de lo biológico. Igualmente, debe recordarse que para un adecuado desarrollo de la biotecnología se hace imperativo abordarla no sólo desde el enfoque ingenieril (basado fundamentalmente en la tecnología dura), sino, y como ha sido reiterado por los entes institucionales encargados del direccionamiento estratégico a nivel país y de región, con el soporte que ofrecen los diferentes enfoques de las áreas sociales y económicas, esto es, impulsando de forma decisiva la gestión en la biotecnología. Por ello, es pertinente proponer que el aspecto instrumental de la biogestión se plantee en términos de fortalecer el componente de tecnología blanda en el paquete tecnológico, así como la adecuada y coherente aplicación de la gestión en procesos de producción con sistemas biológicos, mediante la interpretación específica que se haga para este tipo de sistemas de la gestión tecnológica como herramienta articuladora e integradora de los componentes del paquete.

Según Zoltán (1993), la gestión tecnológica puede ser entendida bajo dos dimensiones: (i) macro, comprendida en políticas gubernamentales para la innovación y desarrollo tecnológico y, (ii) micro, constituida por el conjunto de decisiones empresariales que engloban decisiones técnico-gerenciales relacionadas con la selección, negociación, transferencia, adaptación, utilización y asimilación de una tecnología determinada y debe promover la generación de capacidades tecnológicas locales, por medio del estímulo de la actividad innovadora. A continuación se mencionan algunos aspectos de la gestión tecnológica aplicada a la biotecnología en Colombia, como resultado de investigaciones, pioneras en este tema, recientemente realizadas con empresas del sector, las cuales se podrán continuar desarrollando desde el aspecto instrumental de la biogestión.

Respecto a la primera dimensión —macro— los esfuerzos gubernamentales por apoyar el desarrollo de la biotecnología mediante el establecimiento de políticas sectoriales, se encuentran reflejados en el Plan Nacional de Desarrollo “Cambio para construir la paz”, el cual en el capítulo de Exportaciones plantea: “Resulta imperativo focalizar los recursos financieros dirigidos a actividades científicas hacia aquellos sectores dinámicos y estratégicos tales como el nuevo conjunto de las tecnologías genéricas, la electrónica y la informática, y sectores en los cuales el país cuenta

con claras ventajas comparativas como el procesamiento de recursos naturales y la biotecnología. De otro lado, debe mencionarse la iniciativa que actualmente viene impulsando el Ministerio de Desarrollo Económico junto con Colciencias y la Universidad Nacional, al plantear un esquema integral de lineamientos propios del sector biotecnológico para promover la innovación, incentivar la experimentación, preservar la diversidad y facilitar los cambios indispensables en los procesos de incorporación y generación de nuevas tecnologías en el país, enmarcado en una política sectorial que minimice los costos de transacción, reduzca la incertidumbre, fortalezca la innovación tecnológica y la formación del capital humano, maximice la competitividad, logrando patrones internacionales de productividad y calidad”.

Pero lo anterior sólo tendrá impacto real si para la inserción de la biotecnología en el desarrollo industrial y económico, se preparan las organizaciones para la administración efectiva de la tecnología, a fin de que asimilen, adapten y generen conocimientos que les permitan contribuir al nivel de vida de la comunidad y elevar su competitividad, lo cual implica adicionalmente que la dimensión micro sea sensible y participe articuladamente con la macro en todos los niveles de gestión. Guevara y Castellanos (2000) evaluando los componentes del paquete tecnológico¹¹ en la biotecnología, concluyeron que existe una concepción generalizada, tanto en la academia como en el sector productivo, acerca de que las variables clave para el desarrollo tecnológico y comercial están determinadas por aspectos como la tecnología de equipo y su renovación periódica. En otras palabras, la biotecnología evoluciona prácticamente sólo por la relación del concepto biológico a la tecnología dura, entendida ésta como los conocimientos aplicados y relacionados con la práctica productiva a fin de obtener un producto o servicio que satisfaga las expectativas del cliente (usuario o consumidor), la cual está representada por elementos tangibles, entre ellos:

maquinaria, equipos, procesos, insumos y productos; así como por el conocimiento desincorporado aplicado al proceso productivo (*know-how* de producción). Sin embargo, este mismo estudio demostró que al profundizar en la forma como se generan los procesos productivos y sus innovaciones, este tipo de biotecnología (dura) se ve supeditada a las particularidades organizacionales de la empresa, desarrolladas desde la tecnología blanda, definida como los conocimientos aplicados al direccionamiento de la organización, a la forma y a la metodología empleada para efectuar sus operaciones, así como a la administración de los recursos que posee la empresa, con el fin de obtener un producto o un servicio que colme las expectativas del cliente. Lo anterior implica que variables como: Estructura organizacional, Cultura organizacional, Planeación, Marketing, Manejo de información, Gestión del recurso humano, entre otras, deben ser prioritarias para el éxito de un proceso biotecnológico que pretenda ser competitivo con productos o servicios en el mercado.

De otro lado, es evidente que si bien la biotecnología es una área transversal a diferentes sectores productivos, caracterizada con un elemento común: la aplicación de los sistemas biológicos, no se puede asumir que su forma de administración o gestión tome modelos de otros sectores para ser implementados en su desarrollo. Diversos autores han coincidido en señalar que los procesos biotecnológicos son realizables sólo si son permanentes los vectores de innovación y transferencia de tecnología, administrados adecuadamente. A este respecto, Carrillo y Castro (1999), analizando la gestión de tecnología en el sector Biotecnológico Colombiano, mostraron que la innovación y el mejoramiento continuo son parte esencial de un eficiente desempeño organizacional y tecnológico. Adicionalmente, evidenciaron la necesidad de crear una cultura empresarial en gestión, partiendo de la definición clara de la misión y visión de cada organización, de manera que se logre su reconocimiento y asimilación dentro de ella. En esta investigación, las empresas que cuentan con procesos biotecnológicos, ganadoras del premio nacional a la innovación (1992) Vecol y Levapan, adujeron insuficiencia de recursos técnicos y económicos para poder llevar a cabo la innovación al estilo de países industrializados. Igualmente se encontró que el papel del Estado es deficiente y se remite generalmente a la gestación de políticas globales para el desarrollo tecnológico y la innovación. Sólo unas pocas entidades (esencialmente los centros de investigación) reciben un apoyo directo en la financiación de proyectos,

11. **El paquete tecnológico** es el conjunto de conocimientos empíricos o científicos, nuevos o copiados, de acceso libre o restringido, jurídicos, comerciales o técnicos, necesarios para producir un bien o servicio. Este modelo de explicación del cambio técnico permite identificar e incorporar todos los elementos o insumos que intervienen en dicho cambio, haciéndolo además, sin perder de vista las características inherentes a cada elemento y su interacción con las otras partes del paquete. En el paquete tecnológico están contenidas las tecnologías de: producto, equipo, proceso, operación y organización (Waissbluth, 1990; De La Rosa, 1997).

a través de entidades como Colciencias. El Estado dificulta los trámites de licencias para la elaboración de nuevos productos, a lo cual se suma una generalizada mala información sobre la generación de patentes y certificación de calidad de los productos, aspectos que retrasan aun más el período de apalancamiento de las inversiones en innovación.

Referente a la transferencia de tecnología¹² se debe partir por entender que un buen receptor de Biotecnología, requiere conocer muy bien la entidad potencialmente transferente y la capacidad de sus operarios y técnicos para asimilar la tecnología. Existen numerosos proyectos de transferencia, incluso dentro de entidades de países desarrollados, que han fracasado por subestimar la complejidad de lo que constituye este proceso, más aun si ésta sólo se orienta al componente del duro paquete tecnológico (Ramírez, Salazar, 1999) como antes fue mencionado. Desafortunadamente, tanto en innovación como en transferencia el país prácticamente no conoce ningún tipo de experiencia de desarrollo que incluya adecuadamente el componente blando de los paquetes biotecnológicos. En el sector biotecnológico se han encontrado los siguientes problemas en los procesos de transferencia de tecnología: cuantificación inadecuada del costo y uso de la tecnología, caracterización insuficiente de la naturaleza de la tecnología, falta de capacidad de asimilación y negociación de tecnologías en el sector productivo, debilidad de la interacción entre el desarrollo científico y el tecnológico, y la falta de autonomía para la toma de decisiones en materia tecnológica.

Es importante señalar que recientemente fue elaborada una investigación, cuyo objetivo fue proponer una primera aproximación de lo que debería ser una metodología de diagnóstico para evaluar la gestión en empresas del sector biotecnológico, bajo el supuesto que existen tres dimensiones operativas: la dimensión organizacional (procesos gerenciales), la instrumental (procesos claves) y la actitudinal (procesos de apoyo) (León, 2000). Estas dimensiones corresponden a los sistemas gerenciales, las habilidades, los conocimientos y la experiencia; los sistemas

físicos y los sistemas de valores respectivamente, que buscan el perfeccionamiento de las capacidades de gestión tecnológica. Como resultado, se analizó el estado de la tecnología de algunas empresas del sector biotecnológico, las cuales consideraron que la gestión debería ser un factor de competitividad y proponen que sus estrategias competitivas se deben fundamentar en la adquisición de principios activos biológicos, seguidos de formulaciones y tácticas comerciales basadas en métodos de diferenciación en costos y/o en calidad. Igualmente, se ratificó un especial énfasis en la actividad innovadora y de transferencia.

Finalmente, puede mencionarse que el problema del factor humano idóneo para los nuevos retos de la biotecnología, orientado hasta hoy por las particularidades de su componente duro, debe retomar los elementos de gestión, para posibilitar la generación de un nuevo tipo de científicos especializados no sólo en ciencia y tecnología, sino también logrando un entendimiento mayor del mundo de los negocios. Este es uno de los desafíos para el desarrollo de la comunidad científica, y en Colombia es uno de los puntos sobre los cuales se debe trabajar para consolidar la capacidad de gestión tecnológica, comercialización y mercadeo de productos de alta tecnología, de manera que los científicos puedan convertirse no sólo en generadores de conocimiento, sino también en interlocutores con capacidad de llegar a la industria para apoyar los procesos de selección, negociación, implantación o transferencia de tecnologías (Rojas, Villaraga, 2001).

Referencias Bibliográficas

- Avalos, Gutiérrez 1990. "Papel del Estado en el proceso de innovación tecnológica" en *Conceptos generales de gestión tecnológica*. Santiago de Chile, Alfabetá impresores.
- Bateman, Thomas S., Snell, Scott, A.. *Management, Building Competitive Advantage*. Chicago, Third Edition. Irwin, a Times Mirror higher education group Inc. Chicago. 1996
- Beer, Stafford. *Decisión y control: el significado de la Investigación de Operaciones y la administración cibernética*. México, Fondo de Cultura Económica, 1982.
- Bernal, Campo Elías y Laverde, Jairo. *Proyecto de Modernización de las PYMES. Gestión tecnológica*. Bogotá, Servicio Nacional de Aprendizaje, Sena, 1995.
- Botero, Morales; María Helena e Ibagón Plazas, Oscar Iván. *Biotecnología como herramienta de la Ingeniería*

12. La **transferencia de tecnología** es un proceso dinámico, sistémico y no lineal que debe obedecer a un plan estratégico diseñado por la organización, orientado hacia la satisfacción de una necesidad o problema definido, consistente en la adquisición o cesión de técnicas, prácticas, métodos, procesos o cualquier tipo de conocimiento mediante un arreglo contractual entre un cedente y un oferente, con el fin de apropiarlo para su correspondiente aplicación y uso práctico.



- Industrial*. Bogotá, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Programa de Ingeniería Industrial, 1990.
- Bunge, Mario. *La Investigación Científica*. Barcelona, Ariel Métodos, 1983.
- Carrillo, Luis y Castro, Luis.. 1999. *Evaluación de la innovación en la producción de vacunas y biopesticidas, usando métodos biotecnológicos en Colombia*. Proyecto de grado. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1999.
- Capra, Frijof. *La trama de la vida: una nueva perspectiva de los sistemas vivos*. Barcelona, Anagrama, Colección Argumentos, 1998.
- Castellanos, Oscar. "En busca de la biotecnología industrial: un proyecto para formar un nuevo tipo de ingenieros en Colombia" en *Revista Diógenes, revista de investigación en ciencias y enseñanza de las ciencias*. Bogotá, Universidad de La Salle, enero- junio, V.3. No.1. 1999.
- Chiavenato, Idalberto. *Introducción a la teoría general de la administración*. México, Editorial McGraw Hill, 2000.
- Dávila, C. *Teorías organizacionales y administración*. Ed. Interamericana, 1985.
- De La Rosa Marrero, Leonardo. *Consideraciones sobre la Política de Transferencia Tecnológica. VII Seminario de Gestión Tecnológica*. Cuba, 1997
- Dinero No. 134. *Biotecnología, apuesta del milenio*. Junio 8 de 2001.
- Freeman, Karen y Shaman Pharmaceuticals. *Aplica un Eco Enfoque al desarrollo de nuevos fármacos*. Genetic Engineering News, 14- 15, 15 de mayo de 1994.
- Fukuyama, Francis. *Trust. The social virtues and the creation of prosperity*. Nueva York, The Free Press, 1995.
- Gaynor, Gerard H. *Manual de Gestión en tecnología*. Bogotá, Editorial Mc Graw Hill, Colombia. 1999.
- Gell – Mann, Murria. *El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y en lo complejo*. Barcelona, Tusquets Editores. 1994.
- Gómez, Hernando. "El futuro es ya" en *El Tiempo, Lecturas Dominicales*. 1997
- Guevara, Liliam. *Estudio de la incidencia de la Tecnología Blanda y la Tecnología Dura en empresas con procesos biotecnológicos – biopesticidas y bebidas alcohólicas–*. 1999. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química. Santafé de Bogotá.
- Guevara, Liliam y Castellanos, Oscar. "Incidencia de la tecnología blanda y la tecnología dura en el desarrollo industrial de la biotecnología en Colombia" en *Innovar*. Revista de Ciencias administrativas y sociales. No. 15. Facultad de Ciencias Económicas. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2000.
- Hodson, Elizabeth y Aaramendis, Rafael H. *Directorio de Biotecnología de Colombia*. Conciencias, 1998.
- Kast, F. E. y Rosenzweig, J.E. *Administración de las organizaciones: Un enfoque de sistemas*. México, Ed. Mc Graw Hill, 1979.
- León, Eidy. *Diagnóstico de la gestión tecnológica en empresas con procesos biotecnológicos: sector alimentos y bebidas*. Proyecto de grado, Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 2000.
- Malaver, Florentino. *Investigación en gestión empresarial ¿proceso naciente?. Colombia 1965-1998*. Corporación Calidad, 2000.
- Martínez Fajardo, Carlos. 1999. Administración de organizaciones: productividad y eficacia. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional, Santafé de Bogotá.
- . *Gestión de estructura compleja*. Documento de trabajo, Maestría en Administración. Bogotá, 1997.
- McGregor, Douglas. *El aspecto humano de las empresas* Diana. México, décimaquinta impresión, 1991.
- Mejía, Osorio, Francisco Javier. *Gestión Tecnológica. Dimensiones y perspectivas*. Programa Icfes- Tecnos. Colombia, Editora Guadalupe Ltda., 1998.
- Ministerio de Desarrollo Económico, Colciencias, Universidad Nacional. *Elementos para una política de Biotecnología*. Bogotá, 2001.
- Montoya, Dolly. *Perspectivas de la biotecnología*. Bogotá, Universidad Nacional, 1999.
- Montoya, Alexandra. *Gerencia genética*. Tesis de Maestría. Bogotá, Universidad Nacional, 1999.
- Morgan, Gareth. *Imágenes de la organización*. México, Alfaomega, 1991.
- Morin, Edgar. *Introducción Al Pensamiento Complejo*. Barcelona, Editorial Gedisa, 1989.
- Pauli, Gunter. *Upsizing. Ciencia generativa*. Universidad de Manizales, 1997.
- Pauli, Gunter. *Avances: lo que los negocios pueden ofrecer a la sociedad*. Universidad de Manizales. 1999
- Quintero, Rodolfo. *Ingeniería Bioquímica. Teoría y Aplicaciones*. México, Editorial Alambra, 1990.
- Ramírez, Carmen y Martínez, Diana. *Incidencia de los derechos de propiedad intelectual en el desarrollo de las innovaciones biotecnológicas*. Proyecto de grado. Facultad de Derecho. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1999.
- Ramírez, Cesar y Salazar, Jorge. *Evaluación del Proceso de Transferencia de Tecnología en algunas Empresas del Sector Ambiental Biotecnológico de Colombia*. Proyecto de grado. Facultad de Ingeniería. Bogotá, Departamento de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, 2000.
- Revista Biodiversidad, 19-20. Bogotá, Junio. 1999.
- Rivera, Bernardo. *Manual para la Gestión de Proyectos de Desarrollo Tecnológico*. Bogotá, Corpoica, 1995.
- Rojas, Julieta y Villaraga, Lix. *Modelo de cadena productiva aplicado en industrias con procesos biotecnológicos*. Monografía. Bogotá, Administración de Empresas, Universidad Nacional de Colombia. 2001.
- Romero, Ricardo. *La reorganización de la Universidad Nacional de Colombia*. Documento interno. 2001
- Rueda, Marta Emilia. *Revista Pensamiento Jurídico* No. 2. P. 68. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1995.
- Solleiro, José Luis. "La Gestión y la Administración de Tecnología". *Cuaderno del Instituto de Investigaciones Jurídicas*. México, Universidad Autónoma de México, Año 3. Número 9, 1988.
- Weissbluth, Mario. *El paquete tecnológico y la innovación. Conceptos generales de Gestión Tecnológica*. Colección Ciencia y Tecnología No.26. BID - Secab - Cinda. 1990.
- Zoltán, S. *La gestión de la innovación tecnológica en Biotecnología. Legislación y gestión para América Latina*. 1993.

Consultas en internet

- www.colciencias.gov.co/programas/ttic/polinnovacion1.htm
www.colciencias.gov.co/comunidadcy99/grupos.htm
www.biotrade.org