

La gerencia genética: una metáfora biológica aplicada a la gestión de la biotecnología*

Luz Alexandra Montoya R.**

Óscar Fernando Castellanos***

Iván Alonso Montoya R.****

Resumen

El presente artículo analiza la gestión de algunos procesos en biotecnología, desde el estudio de diferentes metáforas organizacionales. Se señala la metáfora de la gerencia genética como un modelo de gerencia que, simulando la naturaleza, permite hacer un desarrollo de la práctica empresarial para lograr empresas innovadoras más competitivas y productivas, especialmente en biotecnología. Este nuevo modelo pretende mostrar cómo los conocimientos de los científicos pueden ser aplicados en gestión y cómo el manejo de la información en la naturaleza puede simularse en organismos sociales.

Palabras clave

Biotecnología, gestión, genética, metáforas organizacionales, sistema de información, sistemas, hologramas.

Introducción

La biotecnología es un nuevo paradigma de desarrollo, de tecnología y ciencia, en el cual están imbuidos todos los ámbitos de la sociedad. Gracias a los conocimientos biológicos, permite diferentes tratamientos para el logro de mejoramientos en sistemas productivos, tales como agroindustria, ingeniería de alimentos, producción animal e incluso procesos ambientales.

En un sentido más general, la biotecnología es la aplicación de organismos vivos a sistemas o procesos biológicos para la solución de problemas de interés de la sociedad mediante la generación de innovaciones y su manufactura industrial, gracias a la multidisciplinariedad integrada por bioquímicos, microbiólogos, ingenieros genéticos, moleculares o de enzimas, entre otros.

Según el Consejo de Competitividad Europeo, la biotecnología es una de las áreas de mayor y más importante desarrollo; con ella también comparten otras tecnologías derivadas de la informática, la microelectrónica, las telecomunicaciones, la robótica, los nuevos materiales y la aviación civil. Es importante destacar que en la sección de nuevos materiales y materias primas, la biotecnología juega un papel importante (Montoya, 1999).

La biotecnología como rama del conocimiento permite a la sociedad integrar diferentes científicos que trabajan en beneficio de producciones con impactos positivos en la naturaleza y el Hombre. Esta reunión de conocimientos ha sido reconocida como una herramienta efectiva para la producción de bienes de mejor calidad,

* Resultado de las investigaciones realizadas en la línea interdisciplinaria de investigación Biogestión. Fue recibido el 30 de agosto de 2004 y aprobado en octubre de 2004.

** Profesora de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Investigadora Grupo Biogestión. E-mail: lamontoyar@unal.edu.co, biogestion@universia.net.co

*** Profesor de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia. Investigador Grupo Biogestión. E-mail: ofcastellanosd@unal.edu.co, biogestion1@hotmail.com

**** Profesor de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Investigador Grupo Biogestión. E-mail: iamontoyar@unal.edu.co, ivanmontoya@gmail.com

más económicos y ambientalmente sostenibles (Guevara, 1999).

Esta nueva rama industrial tiene diversos campos y potencialidades. En primer lugar, cuenta con un impacto en los productos farmacéuticos, en productos desarrollados para el sector de alimentos como aminoácidos y enzimas, y en productos agrícolas para mejorar su calidad productiva.

Los mayores progresos de la biotecnología en el sector agrícola pueden resumirse en nuevos métodos de diagnóstico, genes mejorados para plantas cultivadas, perfeccionamiento de plantas, progresos en la producción y en la calidad de vegetales. En el área de producción animal ha permitido mejoras en la salud, crecimiento y lactación, además de mayores posibilidades en la reproducción (clonaje embrionario o transgénesis).

Por otro lado, la biotecnología agroalimentaria permite tests más rápidos para detectar la contaminación de los alimentos, enzimas para transformación, producción de aromas y productos intermedios, biorreactores, encapsulación de enzimas y remodelación de proteínas; además, busca la conservación biológica y la obtención de nuevos alimentos.

Otras aplicaciones permiten procesos industriales, como transformación de la madera y la biomasa en energía; almidones y polisacáridos en productos industriales, como papel o textiles, además del procesamiento de hidrocarburos, aceites y materias grasas para la obtención de detergentes y lubricantes ambientalmente sanos. También soluciona problemas de residuos en varias formas, por degradación y aceleración de procesos naturales, extracciones más eficaces, micropropagación y desarrollo de nuevos productos (Villate, 1998).

En Colombia, la biotecnología, como una ciencia con identidad propia y multidisciplinaria, cuenta con más de 20 años. El primer paso significativo en su desarrollo fue la creación en los años ochenta del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia, posteriormente integrado a Colciencias como uno de los once Programas Nacionales de Ciencia y Tecnología; otras universidades empiezan el camino de crear materias y carreras en estrecha relación con esta área (Universidad Javeriana con énfasis en estudios microbiológicos y ambientales, Universidad Antonio Nariño con un nuevo programa en biotecnología molecular, entre otras). Sin embargo, como en otras ramas del conocimiento, se ha encontrado una no alineación entre lo que se investiga y lo que realmente se aplica, no sólo en el país sino también en otros países de América Latina.

Las investigaciones que realizan las universidades (principales motores de desarrollo de la ciencia) no se interrelacionan con las necesidades de las industrias, estableciéndose un “divorcio” entre lo que se investiga y los intereses de la industria (Castellanos, 1996). Prácticamente, los investigadores conocen la problemática y se tienen importantes avances, como los señalados por los directores del Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional: “(…no es posible perder de vista que un desarrollo biotecnológico debe terminar en un producto”. Valga decir, que no se logra una comunicación entre las necesidades de la industria y por supuesto del mercado, y las disertaciones de investigadores y aspirantes a títulos de pregrado y posgrado (Castellanos, 1996).

Infortunadamente, muchos grupos de excelente calidad trabajan de forma aislada con respecto al sector industrial nacional, cuya relación es “inexistente o ilimitada en el mejor de los casos” (Guevara y Castellanos, 1999). Esta separación entre lo aplicable y lo teórico se puede vislumbrar en todas las áreas del conocimiento, desconociendo que no existe nada más práctico que una buena teoría y que ambas partes del proceso son una sola, como causalidades de un mismo plano. Sin una, la otra no tendría sentido. Quizás la solución a este problema sería una mayor integración entre sistemas de información y gestión de los procesos como tal (I. Montoya, 1999).

Otra problemática que se evidencia es la escasez de profesionales capaces de llevar la proyección biotecnológica a procesos de investigación relacionados con tecnología (escalonamiento industrial, transferencia y apropiación tecnológica). Frente a la baja capacidad, en algunas ocasiones se han obtenido logros parciales con tecnologías improvisadas, costosas y poco productivas (Castellanos, 1996). Junto con el requerimiento de profesionales investigadores también se señala la necesidad de que grupos interdisciplinarios tengan conocimientos en nuevas técnicas de gestión que les permitan mayor capacidad y eficiencia en los procesos de innovación tecnológica.

Para Colciencias, lo que caracteriza a la biotecnología en nuestro país es que, a pesar de no ser una ciencia autónoma ni una disciplina en sí misma, es una actividad intensiva en ciencia y en conocimiento. Su proyección interdisciplinaria y multisectorial le permite optimar procesos y productos para la mejora de la calidad de vida de la comunidad. Se espera que el mercado de productos derivados de la biotecnología supere los 120 millones de dólares, de los cuales el 55% corresponderá a salud y el 35% a biotecnología.

Teniendo en cuenta la importancia del desarrollo de la biotecnología, América Latina cuenta con trabajos adelantados por el Programa Regional de Biotecnología PNUD-Unesco-Onudi; el Programa Multinacional de Biotecnología y Tecnología de Alimentos de la OEA; estudios de la FAO; investigaciones del Gobierno de Holanda a través del International Service Agricultural Research (Isnar), así como del International Biotechnology Service (IBS), y un estudio con el apoyo del CIID de Canadá. La reunión de la Comisión de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de las Naciones Unidas, congregada en su cuarto periodo en mayo de 1999, examinó el informe de la Secretaría de la Unctad de Biotecnología, que aborda los siguientes tópicos:

- Biotecnología para la producción de alimentos y sus repercusiones para el desarrollo
- Cuestiones relacionadas con especies vegetales y animales
- Fortalecimiento de la capacidad endógena para el desarrollo y la transferencia de biotecnología (es interesante destacar que este es el fundamento del presente programa de Colciencias) (Ministerio de Desarrollo Económico, 2001).

En este documento se señala que hay problemas con las situaciones o demandas específicas en la región, para los cuales las compañías multinacionales desean realizar alianzas con países del área con el fin de abordar nichos específicos. Se manifiesta además la necesidad de no seguir dispersando los esfuerzos hacia demasiados temas, sugiriendo grupos multidisciplinarios con la participación de investigadores, el sector productivo, expertos en comercialización y mercadeo, en escalamiento e ingeniería, que planteen proyectos con un enfoque integral y de alto seguimiento y orientación.

Igualmente se analiza la gestión de selección de tecnologías a desarrollar y adaptar, y la apropiación de una capacidad de innovación continua, ya que se ha visto un común denominador en las lagunas científicas y tecnológicas y la industria en el desarrollo de la biotecnología. De ello se retoma que: "Un requisito indispensable para el desarrollo exitoso de la biotecnología en nuestro medio es que las empresas interesadas involucradas o potencialmente usuarias de la biotecnología tengan una buena capacidad de administración estratégica, la cual ha demostrado ser muy poco utilizada" (Colciencias, 2002, p.27).

No obstante, no todo es oscuro en el panorama biotecnológico del país. Cada vez más, los profesionales se están capacitando mejor y, lo que es más importante, están trabajando en equipos multidisciplinarios que les

permiten entender que los procesos no son de científicos aislados sino de grupos que trabajan con un objetivo claro y que logran resultados específicos.

Actualmente, tanto en Colombia como en casi todos los países del mundo, la globalización y los sistemas productivos han llevado a que las industrias busquen ser más competitivas en mercados altamente cambiantes y a esto no escapa el sector biotecnológico, el cual sirve además de apoyo a las otras industrias.

Muchos estudiosos de la economía y de la gestión han venido observando con preocupación el desempeño de las industrias y las conclusiones no son alentadoras. Procesos productivos industriales como el del fique muestran aprovechamientos de tan sólo el 2% de la biomasa total de la planta; en producción de grasas sólo se aprovecha entre el 2 y el 5% de la biomasa total; en la celulosa sólo se aprovecha del 20 al 30% del árbol, y la industria cervecera utiliza del 8 al 10% del grano total (Pauli, 2002).

En los últimos años se ha observado la manera en que las empresas, al desempeñar su función económica y productiva, y de paso obtener sus metas, desperdician buena parte de los insumos en sus procesos. La disponibilidad cada vez más limitada de materias primas, el aumento de emisiones –nocivas en muchos casos–, y la necesidad creciente de alimentos y productos de mayor valor agregado para una nueva clase consumidora son algunos de los problemas que confluyen a comienzos del nuevo siglo (Montoya, 2004).

Recientes investigaciones han demostrado que los grupos de trabajo conformados por distintas disciplinas han encontrado verdaderas soluciones creativas a los problemas de sus organizaciones. Se han llegado a conocer las cualidades de productos que se tenían como desechos, luego del proceso productivo; la obtención de fibras, químicos naturales, detergentes biológicos y la posibilidad del desarrollo de industrias de alimentos tan importantes como la avícola, piscícola o de hongos, a partir del tratamiento de desperdicios sólidos en descomposición, se han vuelto viables, gracias a la relación entre las diferentes áreas del conocimiento unificadas en la biotecnología.

Para el logro de estos objetivos y el desarrollo de la ciencia como tal, gracias a los avances de tratamiento y procesos bioindustriales y biotecnológicos y al correcto desempeño de las industrias que se vean beneficiadas, se requiere encontrar el justo punto de equilibrio entre la investigación pura y los requerimientos de conocimiento frente a las necesidades de la sociedad.

El fundamento teórico de esta alineación entre gestión y biotecnología se compone de complejidad y de algunas contribuciones como la teoría general de sistemas, a través de la imitación de la naturaleza. En el trasfondo, los estudios de biología y ecología pueden ayudar a crear ambientes más competitivos; lo ideal es utilizar el conocimiento biológico de los científicos e investigadores en ciencias naturales para hallar una aplicación en ciencias sociales.

Metáforas organizacionales

Para seguir un método didáctico y además muy útil para el entendimiento, puede seguirse el del empleo de las metáforas, desarrollado por Gareth Morgan (1991) en su libro *Imágenes de la organización*. Para el autor es importante señalar metáforas en las cuales se pueda visualizar el estudio de la teoría organizacional, área que permite la interrelación de la aplicación y la investigación biotecnológica.

El empleo de la metáfora ha sido criticado en algunas ciencias debido a su comprensión abstracta y simplista, y a sus malinterpretaciones. Sin embargo es una metodología adecuada por su facilidad de comprensión y por las características propias del pensamiento y del lenguaje. En este punto, muchos estudiosos han tratado de crear metáforas, analogías y posteriormente identidades con el fin de entender la realidad que viven. La analogía como la relación de correspondencia, uniendo lo semejante con lo semejante, puede establecerse en formas y configuraciones, mostrando por ejemplo que una molécula se parece a una silla o a un cristal y así permitir 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 (Montoya, 2003).

En gestión, el estudio de estas metáforas ha permitido mayor comprensión de estos procesos. La primera, *la organización como una máquina*, incluye todos los estudios de los racionalistas y seguidores de la administración científica; allí están Taylor, Farol y Weber, entre otros, algunos como ingenieros, que siguieron el método positivista declarado desde las ciencias de la física. Su principal perspectiva era estudiar la empresa y la organización con un método que fuera científico y que les permitiera la separación exacta de las partes (tareas, movimientos, entre los más importantes) para estudiar y desarrollar los procesos. Sin duda, este sistema permitió logros importantes en el transcurso de la primera y segunda revolución

industrial y llevó a la humanidad a logros tan importantes como las bandas transportadoras productoras de los automóviles de Henry Ford.

Otra metáfora es la *organización como organismo*. Allí se encuentran todos aquellos biólogos y estudiosos del comportamiento humano como Mayo, Maslow, Bertalanffy y los principales cibernéticos. Dentro de esta metáfora podemos encontrar una muy acorde, la *organización como cerebro*, derivada de los estudios de cibernéticos como Wiener, Neumman, Shannon, McCulloch, quienes pretendían desarrollar un sistema de comunicación y control por medio de redes neuronales.

La siguiente metáfora está desarrollada a partir de la *organización como un sistema social, político, un sistema de cambio*, o la empresa como una *cárcel psíquica*, donde el individuo desarrolla ansiedades, miedos y dependencias.

Metáfora biológica

La metáfora biológica es una forma reconocida en el ámbito de la gestión de organizaciones, donde se pretende emular el sistema perfecto de la naturaleza. Uno de sus elementos es la práctica del pensamiento sistémico, el cual comienza con la comprensión de un concepto simple, denominado *feed back* o retroalimentación, propio de los ingenieros, que muestra cómo los actos pueden reforzarse o contrarrestarse (equilibrarse) entre sí (Montoya, 2003). Se reconocen las organizaciones como sistemas abiertos, como “sistemas de aproximación”, cuya principal inspiración está tomada de los trabajos del biólogo Ludwig von Bertalanffy.

Esta relación con la biología permitió definir la organización como subsistemas, en donde su estabilidad y desarrollo pueden ser comprendidos en términos de dos mecanismos organizadores básicos: formación y regulación.

Ludwig von Bertalanffy desde la biología y Kenneth 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.

El concepto de sistema se refiere a un modelo teórico que considera los fenómenos orgánicos e inorgánicos encajados en estructuras con su ambiente en movimiento. Las organizaciones entendidas como sistemas abiertos deben involucrar, como sistema social, las tareas, las interacciones y los sentimientos, en relación con un ambiente dinámico. El sistema

organizacional de Kast y Rosenzweig está conformado por subsistemas: técnico, de metas y valores, psicosocial y estructural. La intersección de estos subsistemas—inmersos en intercambios de energía, materiales e información—es el subsistema administrativo.

La supervivencia será posible si se tienen disponibles procesos de comunicación y control. Los cuatro conceptos fundamentales de sistemas son *emergencia* (características que surgen en ciertos niveles de complejidad), *jerarquía*, *comunicación* y *control*, puntos clave para describir la metáfora del sistema. Estos conceptos básicos han sido elaborados en muchos campos dentro del trabajo del enfoque de sistemas, desde la ingeniería hasta la política, desde la biología hasta el trabajo social.

Que las organizaciones son sistemas es una idea que tiene firmes raíces en la teoría organizacional (...) de manera más amplia, esta perspectiva (de sistemas) sugeriría que debido a que las organizaciones se parecen a muchas entidades físicas, mecánicas y biológicas, puede asignárseles una categoría bajo el rótulo de sistemas generales (Montoya, 2002).

En resumen, se puede decir que la teoría general de sistemas fue innovadora al:

1. Observar el mundo como un conjunto de fenómenos individuales interrelacionados en lugar de aislados, en donde la complejidad adquiere interés.
2. Haber demostrado que ciertos conceptos, principios y métodos no dependen de la naturaleza específica de los fenómenos implicados. Todo este bagaje conceptual es aplicable, sin modificación ninguna, a diversos campos de la ciencia, la ingeniería, las artes y las humanidades. De ahí que surjan lazos entre las distintas disciplinas clásicas, que podrán compartir varios principios, conceptos, modelos, ideas y métodos.
3. Abrir a través de investigaciones generales, nuevas posibilidades (principios, paradigmas, métodos) a disciplinas específicas (Bertalanffy, 1987)

La organización puede tomarse como un organismo social compuesto por partes interdependientes, diseñadas con base en unas normas de estructuración, determinadas de antemano en donde se coordinan todas las actividades que allí se ejecutan.

En un principio, imperó la analogía mecánica con Frederick Taylor y su estudio del trabajador; la empresa era un sistema cerrado, tipo caja negra, donde entraba

un *input* y se lograba un *output* o varios, sin tener en cuenta el proceso. Posteriormente surgió la teoría de sistemas, donde la cibernética se posiciona como el estudio de la comunicación y el control entre máquinas y animales a través de procesos de revisión, produciendo sistemas autorregulables que mantienen su equilibrio. El enfoque de sistemas, ayudado por el estudio de la complejidad, permite entender las organizaciones como un conjunto de elementos que interactúan y que están relacionados de manera tal que si se afecta uno, los demás también reaccionan. Es fácil ver la organización como una estructura de muchas partes y explicar el comportamiento del sistema en términos de relaciones entre las partes, causas y efectos, estímulos y respuestas. El conocimiento de los sistemas vivos anima esta interpretación, recalcando que las estructuras, funciones, comportamientos y otras características de las operaciones del sistema están estrechamente entrelazadas. La vida de una simple célula depende de una compleja red de relaciones entre la estructura celular, el metabolismo, la adquisición de alimentos y otras numerosas funciones.

La célula, como un sistema, es una interdependencia funcional 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 mismo es cierto para organismos más complejos, cuyo reflejo incrementa la diferenciación y especialización de las funciones, con órganos facultados para realizar tareas específicas, con lo cual se requieren sistemas más complejos de integración para mantener el sistema como un todo.



Procesos metabólicos en una célula vegetal. (Tomado de Capra [1998, p. 179]).

Más tarde surgió la cibernética, que 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 lugar a uno nuevo más amplio, donde se observan 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 o psiquiatría); luego, crea unos controles cibernéticos, nuevos modos de organización de tratamiento de la información y de toma de decisiones entre las personas.

A mediados de los sesenta surgió una nueva metáfora, para unirse a la del cerebro como una computadora, creada por el científico Karl Pribram. En ella, el cerebro holográfico es una nueva perspectiva de los procesos cerebrales. El carácter holográfico del cerebro se refleja claramente en los modelos de conexiones de las neuronas (células nerviosas), a través de los cuales cada una de ellas se relaciona con otros cientos de miles, permitiendo un sistema de funcionamiento general y a la vez especializado. Así, se pueden distinguir entre las funciones realizadas por el control (la planificación, actividades no rutinarias y la memoria), el cerebelo (actividades rutinarias) y en medio el cerebro (el centro de sensación, los sentidos y las emociones), reconociendo que todos son interdependientes y capaces de actuar en nombre de cada uno de los otros cuando es necesario. La holografía fue determinada por Rupert Sheldrake, cuando verificó que si se quita o añade una parte a un embrión, el organismo continúa desarrollando una estructura más o menos normal. Si se mata una de las dos células del embrión del erizo de mar, la otra no produce medio erizo sino uno más pequeño; de igual forma, si se unen dos células, engendran un erizo gigante y no dos gemelos siameses. Esto también se vio ratificado al extirpar la mitad del cerebro de unos ratones entrenados para pasar por un laberinto; gracias a su aprendizaje pudieron superar nuevamente esta prueba e incluso quedó información para que sus generaciones reconocieran también el laberinto (Montoya, 1999).

El sistema de funcionamiento del cerebro es la redundancia de toda la información, la cual puede darse en las partes: cada parte está diseñada para realizar una función específica y se añaden partes especiales con el propósito de controlar y copiar la redundancia en funciones, donde el sistema es capaz de engranar una serie de funciones en vez de realizar una sencilla actividad especializada.

La organización puede desarrollarse de una forma celular alrededor de la autoorganización, grupos multidisciplinarios que tienen cualificaciones y habilidades requeridas para tratar el entorno de forma holística e

integrada. Dentro de la metáfora, Jay Galbraith relacionó la organización, la incertidumbre y el proceso de información. Según la incertidumbre aumenta, las organizaciones encuentran formas de controlar las salidas (estableciendo objetivos y metas), antes que controlar conductas (a través de normas y programas). La jerarquía proporciona un medio efectivo para controlar situaciones que son favorablemente ciertas, pero en situaciones inciertas pueden encontrarse con un exceso de información y de decisiones.

Otra analogía creada con la metáfora se encuentra relacionada con los esquemas evolutivos que señala Sheldrake y sus campos morfogenéticos, como el estudio de sus formas y evolución con métodos no mecanicistas. Se observa, entonces, un nuevo organismo que se encuentra interconectado internamente —puede ser comparado con la red neuronal—, gracias a lo que en las organizaciones se ha desarrollado como redes (*Internet*), que se pueden unir a otras redes, como conglomerados de organismos (*Extranet -Eternet*), creando una dimensión tanto en organizaciones como en organismos de protección y capacidad adaptativa. La metáfora de relacionar el sistema neuronal biológico con el de los computadores y sus métodos de comunicación, y con la organización, ha mejorado las relaciones intra y extrafirma, permitiendo integrar al individuo, con un equipo de alto rendimiento, a una empresa que después de integrarse se expande y le conecta en un mundo global.

Esta metáfora deja comprender las ideas de aprendizaje organizacional y capacidades de autoorganización, además de principios de la cibernética y la holografía. Así, las empresas innovadoras pueden desarrollar habilidades de aprendizaje a través de su trabajo multidisciplinario. Cuando los directivos reconocen la importancia de los sistemas de comunicaciones e información en cada una de las partes del proceso gerencial, la idea de utilizar la metáfora del cerebro en la organización, se crean nuevas perspectivas y posibilidades, donde puede apreciarse la organización como un sistema cognitivo, incorporando una estructura de pensamiento al igual que cualquier otro modelo de acción.

Las desventajas se relacionan con los conflictos inherentes al aprendizaje y la autoorganización, y la presión de un cambio en las actitudes y los valores.

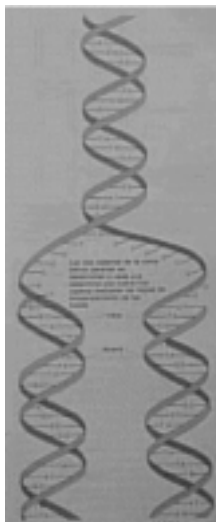
Siguiendo en la comparación con la ciencia natural y la ciencia social, específicamente la gestión, se desarrolla la gerencia inmunológica. Basado en los procesos homeostáticos, el sistema inmunológico encuentra la analogía con la organización en su capacidad y flexibilidad de actuar frente a cambios en el medio ambiente. Todos

los organismos saludables tienen procesos de control, que son distribuidos; si el sistema inmunológico tuviera que pedir permiso para actuar, la infección se propagaría por todo el organismo. La esencia del control orgánico es la capacidad para conservar equilibrios internos, cruciales para la estabilidad y el crecimiento. En el cuerpo humano, un sinnúmero 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 (Pauli, 1999).

Para Gunter Pauli, la gerencia inmunológica —como un sistema que contiene en sí mismo toda la información necesaria para reconocer un virus, por ejemplo, aun durante 10 generaciones, capaz de decidir en sí mismo cómo actuar, altamente descentralizado, con redundancia y que permite tomar decisiones en forma rápida y acertada— y el estudio genético serían las posibilidades de las empresas para adaptarse en un mundo cambiante, donde el sistema inmunológico puede referirse a experiencias de hace miles de años y el código genético presentar una excelente red de memoria; allí cada célula cuenta con dicha información y permite actuar cuando un elemento extraño se le acerca. Según Pauli (1999), el sistema inmunológico, aparte de ser autoorganizador, es el mejor modelo de gerencia descentralizada y de *empowerment*.

Una de las principales ventajas de la metáfora es el énfasis de entendimiento de las relaciones entre la organización y su entorno o ambiente; otra ventaja es que la dirección de la organización puede aumentarse generalmente a través de una atención sistemática a las necesidades que deben ser satisfechas para que la organización sobreviva.

La genética



Dentro de esta nueva perspectiva de la gestión como elemento enlazador de la investigación y la aplicación, el conocimiento de los biotecnólogos resulta muy útil para entender —gracias a su enfoque biológico— las posibilidades de metáforas que les permitan direccionar su enfoque en pro de un mejor desarrollo en ambos sentidos. Una de las propuestas es el modelo de gerencia genética, el cual busca relacionar los conocimientos de la naturaleza en función de transmisión, codifi-

cación y almacenamiento de la información en usos industriales. Es posible hacer la metáfora, primero, porque las comparaciones permiten entender mejor la realidad que se vive y, segundo, porque el sistema genético tiene como función primordial guardar, transportar y generar información en las organizaciones. La información está definida como un signo o conjunto de signos que impulsan a la acción, consiste en estímulos que en forma de estos signos desencadenan un comportamiento, principalmente siendo motor de toma de decisiones en incertidumbre (Montoya, 1999).

Las dos áreas comparten las mismas características con respecto a la información:

- Tiene una finalidad en el momento de transmisión.
- Consta de un modo o formato; en el sistema genético es químico y en el de gestión es visual o auditivo, aunque existe la comunicación no verbal.
- Consta de redundancia, que a la larga señala la eficiencia, evitando errores en el proceso de comunicación.
- Tiene una frecuencia de envío, de acuerdo con el área que esté transmitiendo, y también una velocidad (relacionada con la amplitud del mensaje); en el sistema genético, la velocidad es altísima.
- Tiene un costo, ya sea de alimento o de dinero, y un valor, evaluándose como un costo de oportunidad. Un cambio ambiental para la organización y el organismo puede ser fatal, si las decisiones no se toman a tiempo.
- Debe tener exactitud, validez, cierta confiabilidad.
- Finalmente, debe tener actualidad.

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 (esta codificación en el sistema genético se da gracias a las dos purinas [A & G] y a las dos pirimidinas [C & T]), que permitirá a la organización y a sus miembros su asimilación. La codificación de la información se produce y se desenvuelve en una organización en la que existe una cultura, o perfil de todos los elementos materiales o de conducta que han sido adaptados por una sociedad como métodos tradicionales para resolver problemas de sus miembros, elaborada a través del tiempo y que incluye ciertos hábitos, costumbres, tradiciones, actitudes, modelos y reglas que determinan las relaciones humanas y rigen comportamientos que pueden adoptarse y definen las comunicaciones que pueden establecerse (en el sistema genético, este desarrollo se da gracias a las interrelaciones químicas). El código re-

flejará la personalidad del emisor y sus funciones también como la cultura, su escala de valores y sus normas de conducta, así como un fenotipo refleja un genotipo.

Otra de las funciones principales de la organización, la de transmitir la información, permite garantizar la comunicación, en la gran estructura jerárquica y con contactos informales. Para ser efectiva, la comunicación necesita un ambiente adecuado; puede tener problemas en la estructura (alargamiento, acortamiento o sobrecarga en los canales), psicológicos por omisión de la información o por contradicción, diferencias de percepción y tendencia a la valoración. Estos problemas de comunicación no se presentan en la estructura de información genética, aunque algunas veces se desconoce el origen de algunas mutaciones.

Aplicación en empresas usuarias de la biotecnología

Esta analogía o metáfora organizacional facilita varios procesos: primero, permite entender otras ciencias biológicas que pueden servir como modelo y de las cuales ya se han hecho analogías; después, facilita establecer ciertas pautas que pueden ser seguidas por los gerentes para lograr el éxito en sus empresas y, finalmente, abre el camino para un entendimiento más completo de la rama del saber. En este sentido, este tipo de sistemas gerenciales resulta de fácil entendimiento para los investigadores de las ciencias naturales debido a que conocen en forma precisa el funcionamiento natural y trabajan con él, de manera que llevarlo a su práctica gerencial es mucho más sencillo que para el investigador social, que debe empezar a estudiar los sistemas naturales, aprenderlos y entenderlos para poder así aplicarlos en las organizaciones.

Los nuevos gerentes, en especial de las empresas que desarrollan y aplican con productos biotecnológicos, que como se señaló tienen principalmente problemas de gestión, se aproximan a grandes retos: la globalización, los sistemas de información gerencial que agilizan procesos, pero que también son inseguros. Las empresas requieren

lograr cambios sostenibles en el largo plazo, como resultados del cambio a nivel individual; a su turno estos cambios individuales dependen de las estrategias de desarrollo humano que se adopten.[...] [Se necesitan] cuadros directivos de empresas de desarrollo tecnológico con apertura mental hacia nuevos mercados, nuevos procesos, nuevas tecnologías y nuevas formas de organización, [quizás un modelo

genético] [...] típicamente, esto ha implicado la búsqueda y promoción de individuos que han trabajado en diversas áreas de la información, que cuentan con una formación generalista, y que han tenido experiencia en empresas internacionales. [...] Otros enfoques [han demostrado la importancia] de cuestionarse los supuestos internacionales que han guiado los modos de comportarse [...] buscando el alineamiento de los miembros de las organizaciones en torno a una visión compartida (Cárdenas, 1998; Montoya, 2003).

En la empresa de desarrollo biotecnológico de los próximos años será más importante ser capaz de aprender que saber (Serna, 2002) y para ello los gerentes deberán tener nuevas cualidades tales como un liderazgo transformador, con tres principales características: relaciones humanas en el trabajo, carisma y calidad humana, personas motivadoras con el ejemplo. El líder natural debe contar con alta delegación y permitir errores, ya que conoce la capacidad de aprendizaje, tiene visión del futuro, sabe establecer prioridades, se anticipa y es proactivo frente al entorno. Trabaja con sentido de equipo, complementado con tres aspectos: la integridad personal, la capacidad innovadora ante una crisis y el trabajo por objetivos, toma rápidamente decisiones en los momentos difíciles, busca nuevas oportunidades y acepta el cambio de manera creativa.

El nuevo administrador de empresas de punta debe además ser investigador y diseñador. Para Senge (1998), la nueva visión del liderazgo en las organizaciones inteligentes se centra en tareas más sutiles e importantes; los diseñadores son líderes y maestros, son responsables de construir organizaciones donde la gente expande continuamente su aptitud para comprender la complejidad, clasificar la visión y mejorar los modelos mentales compartidos, siendo responsables de aprender. Scholtes (1999) indica además las nuevas capacidades que deben tener los gerentes de este tipo de empresas:

- Habilidad para pensar en términos de sistemas y saber cómo dirigir estos sistemas.
- Habilidad para comprender la variabilidad del trabajo en la planeación y en la solución de problemas.
- Entender cómo se aprende, se desarrolla, se mejora, y dirigir el verdadero aprendizaje y mejoramiento.
- Entender a las personas y la razón por la cual se comportan como lo hacen.

- Entender la interdependencia e interacción entre sistemas, variación, aprendizaje y comportamiento humano. Saber de qué manera cada uno de estos aspectos afecta a los demás.
- Dar visión, significado y orientación a la organización.
- Dentro de estas puede adicionarse la capacidad de generar nuevas teorías, ya que sin una, la práctica no tiene mucho sentido.
- La información puede aparecer simultáneamente en tantos lugares como sea necesario: la información genética se encuentra presente en todas las unidades, así como debe estarlo en todas las personas de la organización, a su libre disposición.
- Un generalista puede hacer el trabajo de un experto. La ciencia genética señala la importancia de compartir información y confiar el trabajo a grupos interdisciplinarios. El gran enigma de la transcripción y la transmisión de la información genética se centra en la posibilidad de siendo toda la información la misma, con capacidad de reproducción, que surja la especialización; de esta manera, las personas en la organización, siguiendo el ejemplo genético, podrían ser generalistas con capacidad de especialización, y el trabajo intergrupos permitirá tener un pensamiento de sistemas.
- Los negocios pueden obtener simultáneamente los beneficios de la centralización y de la descentralización. La genética señala que todas las unidades tienen la misma información; sin embargo, ésta es enviada a la especialización de algunas células por una parte y a la autoproducción por otra.
- La toma de decisiones es parte del oficio de todos. Como todos tienen la información, todos pueden participar de todos los procesos.
- El personal que trabaja fuera de la empresa puede enviar y recibir información donde quiera que esté, gracias a las telecomunicaciones y a las características de delegación y *empowerment*.

La importancia de la metáfora biológica genética radica en la posibilidad de generar en la organización un cambio de cultura organizacional, pasando de los enfoques paternalistas y dominantes a enfoques participativos, motivadores y definitivamente más eficientes, lo cual resulta muy importante en el desarrollo de empresas de base tecnológica, como las de biotecnología.

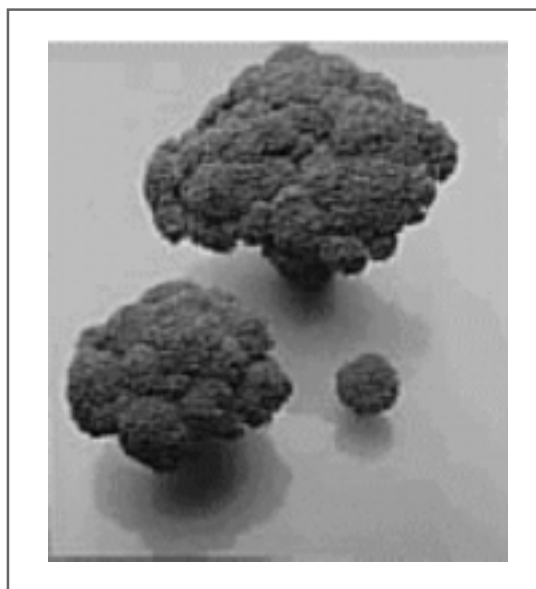
Se debe entender la organización sistemáticamente: abarcar el propósito de los compromisos y comprender las interacciones e interdependencias entre las partes; todo

resultado deseado o no deseado es producto neto del sistema y sus interacciones, y no de las personas o sus deficiencias, tal como lo enseña la ecología.

Con la metáfora genética se busca que las organizaciones sean modernas, flexibles, serviciales, adaptadas al cliente, con rendimientos y en las cuales las personas se sientan satisfechas de estar generando día a día una nueva cultura y una nueva empresa, lo que resulta indispensable en organizaciones con procesos biotecnológicos. Para su desarrollo se requieren líderes consistentes que permitan desarrollar a las personas que trabajan en grupo, sin jerarquías y altamente comunicadas, gracias a las facilidades de la tecnología.

Otras características de este cambio cultural basado en las enseñanzas biológicas son:

- En el principio hologramático, cada producto o servicio de la organización demuestra su estructura y procesos, y cada persona de la organización puede satisfacer las necesidades del entorno y conocer toda la información necesaria para tomar decisiones inmediatamente (teniendo en cuenta su función y su responsabilidad). (Principio hologramático presente en el brócoli).



- Con el principio anterior se presenta alta delegación y un *empowerment*.
- Sus empleados deben tener confianza —según Fukuyama (1995), la capacidad de una empresa de pasar de grandes estructuras jerárquicas a redes flexibles de empresas pequeñas dependerá del grado de confianza que es, finalmente, la expectativa que surge dentro de una comunidad de comportamiento normal, honesto y cooperativo, basada en

valores y normas comunes y compartidas— y esta se debe ejercer de forma verdadera, con objetivos claros, constantes y ennobecedores.

- Las organizaciones deben contar con grupos interdisciplinarios y por proyectos. Esta variedad de conocimientos permite extender las posiciones y visiones de cada una de las áreas y genera el respeto por el conocimiento de otros, donde el trabajo se vuelve una tarea enriquecedora, de aprendizaje y de colaboración.
- No existen relaciones de poder, existen relaciones de colaboración y mutua ayuda, el trabajo es de todos y todos deben responder por su éxito y logro. Por lo general, deberá haber un líder o coordinador y todos los demás prestan su colaboración.
- La gestión de este tipo de organizaciones, muy adecuada para organizaciones de tipo investigación-gestión, puede ser matricial por proyectos o por clientes, donde cada trabajador y co-creador tiene en primer lugar una responsabilidad y un reto como coordinador del proyecto, lo que le permite obtener su propia satisfacción y motivación, y tiene el apoyo de sus colegas, dando confianza y seguridad. Todos trabajan en una misma dirección, porque comparten los valores y el direccionamiento de la empresa.
- Las personas son tenidas en cuenta individualmente, y su remuneración es, por una parte, por desempeño y logro individual y, por otra, por su desempeño colectivo.
- El grupo se encarga de organizar las tareas y de determinar quiénes pueden seguir en los trabajos. Se plantean relaciones de amistad, de confianza, cooperación, colaboración y sobre todo de justicia. No existen las falsas competencias, ya que todos conocen la información y todos tienen su recompensa física y emocional por los resultados obtenidos. Las decisiones son por consenso y se encuentran sustentadas tanto en la lógica y la razón como en la intuición, elemento clave de las negociaciones del nuevo siglo.
- Aunque existe la especialización de cada gen-individuo, las personas cuentan con toda la información de la generalidad, lo que les permite desarrollarse. La información se encuentra autocontenida dentro de los sistemas de información y es de conocimiento general. Cuanto más se conozca, menos problemas se tiende a tener.
- Se deben trabajar organizaciones pequeñas que conformen conglomerados; de esta manera, el ries-

go se distribuye y se gana en flexibilidad y eficacia, a través de las redes. Para Gunter Pauli (1999), la imitación de la naturaleza en conglomerados de cooperación es la mejor forma de solucionar los problemas de desechos, ya que en la naturaleza nada es desperdicio y si se imitara, se lograría que los desechos de una organización se utilizaran en otra.

- La metáfora de la organización genética busca que la mayor cantidad de información se encuentre disponible —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 y generar mayor crecimiento.
- Para que todas estas características se den, se necesitan personas de excelencia total con dominio personal (según Senge), en quienes el grupo pueda confiar y delegar al máximo, siempre que sea necesario. Permite la participación voluntaria, la generación de grupos de interés pequeños, donde no hay competencia intragrupo ni intergrupos.
- Al clonar, mutar o cambiar el fenotipo —o su presencia al exterior en productos, servicios, imagen publicitaria entre otros—, las organizaciones deben hacerlo mediante técnicas de aprendizaje. Senge indica que una organización que aprende puede desarrollarse mejor. Para lograrlo es importante que primero se desarrolle el individuo, posteriormente el grupo y luego el conglomerado.
- Se promueve el respeto por otras empresas, por su competencia, con sus proveedores y sus clientes. Creando la genética de poblaciones, el sistema de competencia cambia, los nuevos mercados globalizados permiten que la competencia sea una verdadera aliada en su conquista. Esta metáfora busca que las organizaciones respeten la naturaleza; sus tecnologías superan la barrera de ser tecnologías limpias y buscan la expectativa de alcanzar la iniciativa de producción limpia de causalidad circular, cibernética, de emisiones aprovechables. Es decir que sus desechos, si los tuviere, puedan servir a otras industrias.
- Se pueden imitar modelos como los de Japón o Israel, donde la familia, la comunidad, el Estado y la empresa se respetan y se colaboran mutuamente. Teniendo en cuenta las nuevas proyecciones de la economía institucional, esta metáfora busca que las organizaciones reduzcan sus costos de transacción.

- Se respeta y sigue el principio de la variedad obligada, apoyándose en los principios hologramáticos.
- La metáfora busca desarrollar la homeostasis de todos sus individuos y sus propios mecanismos de autocontrol, no necesita jerarquías ni controles porque todas las personas son consideradas iguales y capaces.
- Adicionalmente, el sistema genético aplicado a la gestión puede permitir un avance en los sistemas de Cero Contaminación y Cero Emisiones en empresas de servicios. La iniciativa de investigación en Cero Emisiones (ZERI) ha propuesto un modelo de eficiencia en el empleo de las materias primas, como una noción clave para aumentar la productividad de las empresas, reducir la contaminación, aumentar el nivel de empleo y la eficiencia del capital y de la mano de obra. Para lograrlo, la iniciativa cuenta con una metodología que observa el empleo que tiene cada *input* en la empresa, es decir, su *output* correspondiente, bien como producto terminado o bien como desecho, residuo sólido o algún tipo de emisión, y luego piensa en los procesos o empresas adicionales que puedan tenerse para lograr un empleo máximo del *input* utilizado. Luego de estudiar la gerencia genética como metáfora para las organizaciones, adicionalmente puede proyectarse el modelo de Cero Emisiones, considerando los *input* y los *output*, no como materias primas o recursos naturales en uso: puede proponerse su estudio como flujos de información o incluso como recursos monetarios de tesorería. La propuesta confirma que la información útil para ciertos procesos y lugares de las empresas (o incluso en una empresa) puede llegar a ser una fracción de la que efectivamente puede allegar. La conformación de conglomerados industriales de información puede hacer que la información considerada desperdicio o que simplemente no es aprovechada, en razón de las ocupaciones individuales de una empresa, pueda ser fundamental y de gran ayuda para otras, que pueden no tener acceso o facilidad a ese tipo de información. Los conglomerados industriales de información, o los infosistemas integrados, acoplados mediante interfaces de comunicación de datos y protocolos, de diferentes negocios, pueden crear un sistema de inteligencia integrado, para múltiples empresas de diferentes sectores productivos en donde los esfuerzos (no sólo en costos, sino en la sofisticación de los usuarios y del sistema de captación de

la información) sean útiles para todos los miembros de la red y que la totalidad de la información sea aprovechada por el infosistema productivo integrado. Las visiones de metáforas, tales como la gerencia genética, apoyadas en el pensamiento sistémico, empiezan a ofrecer nuevas oportunidades de negocios, de empleo y de efectividad en las empresas.

La metáfora gerencial genética busca integrar las áreas de la organización, teniendo en cuenta que el desorden se vuelve orden, y el orden, desorden; que las organizaciones y las personas a través del entendimiento y el aprendizaje de las situaciones deben estar preparadas para el cambio, y que sólo mediante la cooperación se logran los objetivos individuales y colectivos.

Se observa el mercado como un gran sistema de información, del cual puede aprender y crecer; la producción como las posibilidades que tiene la empresa de ofrecer calidad y satisfacer el mercado del cual ya conoce sus características; la jerarquía como una vieja práctica que ahora busca la organización matricial y en redes de trabajo; la remuneración como una forma de incentivo, primero individual y luego colectivo; las ganancias como la recompensa que debe tener una parte del proceso que también ha trabajado y que se ha arriesgado; los sistemas financieros como otro de los mecanismos de información que les permite ser un termostato; la competencia como una oportunidad de aprendizaje y de conocimiento; los proveedores como partes invaluable de la cadena, y el medio ambiente en general como una parte de todo el sistema que actúa, interviene y se deja intervenir por lo que los otros hacen, como una compleja red de interrelaciones.

La competencia queda desarraigada, ya que todas las células—organismos, partes o personas—son importantes para el sistema en general y todos tienen un conocimiento que debe ser colectivo y respetado.

La genética es una rama apasionante del conocimiento; la gestión, el área que permite producir la sociedad en un claro sentido de autopoiesis. El sistema, como la célula, primero transmite información genérica y cuando hay suficientes elementos de esta información, se especializa. Éste es un inmejorable ejemplo para seguir en las organizaciones.

Los procesos de clonación son importantes para que toda la organización conozca las mutaciones proyectadas como una espléndida forma de adaptarse a entornos turbulentos como los nuestros; seguir las mutaciones accidentales también permite tomar decisiones acertadas, antes que ocurran imprevistos.

El genotipo de la organización invariablemente es conocido por todos y a veces se generaliza en cultura y conocimiento, y su fenotipo es la proyección de este genotipo. Este lo conforman todos los genotipos individuales y por esto es esencial que todos estén coordinados en un mismo objetivo, aunque sin duda surgirán discrepancias; estas son importantes en el proceso porque muestran la diversidad de conocimiento y puntos de vista que actúan en la organización.

Este tipo de modelos se convierten en interesantes, en la medida en que se retoman conocimientos de otras áreas diferentes a las humanidades para tratar de entender y mejorar las condiciones organizacionales y, de allí, tratar de solucionar uno de los problemas más específicos en organizaciones de alta tecnología, como son la organización propia de los proyectos; además, permite aprovechar las sinergias de los conocimientos de grupos interdisciplinarios tales como los grupos que son responsables de la investigación y producción biotecnológica.

Referencias bibliográficas

- Bateson, G. (1972). *Steps to an Ecology of Mind*. New York: Ballentine.
- Beer, S. (1977). *Cibernética y administración* (6ª ed.). México: Cecs.
- Bertalanffy, L. Von, Ross, A. et al. (1987). *Tendencias en la teoría general de sistemas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Briggs, J. & Peat, D. (1989). *A través del maravilloso espejo del Universo*. Barcelona: Gedisa.
- Capra, F. (1998). *La trama de la vida*. Barcelona: Anagrama.
- Cárdenas, M. (1998). Desarrollo humano y competitividad. La principal ventaja de las organizaciones es su capacidad de aprender. *Portafolio, Gerencia Siglo XXI*.
- Castellanos, O. (1996). En busca de la biotecnología industrial: Un proyecto para formar un nuevo tipo de ingenieros en Colombia. *Diógenes*, 3, 1.
- Castellanos, O. & Montoya, A. (2002). Biogestión. *Innovar*, 18.
- Castellanos, O., Montoya A. & Montoya, I. (2002). *Alternativas para la gestión ambiental en el siglo XXI, enfoque: iniciativa de investigación en cero emisiones*. Memorias del Primer Congreso Internacional Ambiental del Caribe - Concaribe.
- COLCIENCIAS. *Programa Nacional de Biotecnología*. Plan Estratégico 1999-2004.
- Guevara, L. & Castellanos, O. (1999). *Importancia de la variable tecnológica en el desarrollo industrial de la biotecnología en Colombia*. Memorias del IV Congreso Latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería, México.
- _____ (2000). Estudio de la incidencia de la tecnología blanda y la tecnología dura en empresas con procesos biotecnológicos - Biopesticidas y Bebidas Alcohólicas-. *Innovar*, 21.
- Fukuyama, F. (1995). *Trust. The social virtues and the creation of prosperity*. New York: The Free Press.
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, COLCIENCIAS (2001). *Propuesta de una política industrial en biotecnología*, Bogotá.
- Montoya, A. (1999). *Gerencia genética*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Montoya, I. (1999). *Gestión global siglo XXI*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Montoya, A. & Montoya, I. (2002). El nuevo paradigma de las ciencias y la teoría de gestión. *Innovar*, 20.
- _____ (2003). Las organizaciones y los métodos de su entendimiento. *Innovar*, 22.
- Morgan, G. (1991). *Imágenes de la organización*. México: Alfaomega.
- Pauli, G. (1999). *Avances: lo que los negocios pueden ofrecerle a la sociedad*. Bogotá.
- _____ (2002). *Upsizing. Ciencia Generativa*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Scholtes, P. (1999). *Cómo liderar: hacer que las cosas sucedan; lograr que las cosas se hagan*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana.
- Senge, P. (1998). *La quinta disciplina: cómo impulsar el aprendizaje en la organización inteligente* (3ª ed. en español). Buenos Aires: Granica.
- Serna, H. (2002). Los restos de la gerencia empresarial colombiana. *Portafolio*.
- Torres, R. (2002). *Bases para una política nacional de biotecnología*. Informe Final presentado al Departamento Nacional de Planeación, Dirección de Desarrollo Agrario, Bogotá.
- Villate, S. & Castellanos, O. (1998). Perspectivas de la biotecnología de alimentos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 1(2).
- Wheatley, M. J. (1996). *Leadership and the New Science: Learning about Organization from an Orderly Universe*. San Francisco: Berrett - Koehler Publishers.