ANÁLISIS CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA. CASO: EMPRESAS REPRESENTATIVAS DEL SECTOR BIOTECNOLÓGICO

Oscar Castellanos*
Claudia Jiménez**
Alexander Carrillo ***
Fernando Castro ***

RESUMEN

Se presenta la evaluación del proceso de innovación tecnológica en algunas empresas biotecnológicas colombianas, realizada mediante la aplicación de instrumentos de consulta a sus directivos. El trabajo consta de dos partes: el estudio de la manera en que estas firmas asumen la innovación tecnológica y los diferentes aspectos que ésta involucra, y un análisis FODA que se tomó como característico para la totalidad de empresas del sector biotecnológico, complementado con el aporte de expertos en el tema a través de un análisis estructural, con el cual se obtuvo un conjunto de variables clave que

* Ingeniero Químico. Msc. Ph.D. Vicedecano Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Colombia - Bogotá - e-mail: ocasta@ing.unal.edu.co

** Ingeniera Química. Directora Revista Colombiana de Biotecnología - Universidad Nacional de Colombia - e-mail:cnjimenez@terra.com.co

*** Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia

Fecha de recepción: Mayo 22 de 2002
Fecha de aprobación: Julio 18 de 2002

sirvió de base para el desarrollo de la segunda parte, en donde, por medio de la aplicación del benchmark, se estudió la forma en que la innovación se implementa en la organización. Finalmente se plantean estrategias a corto, mediano y largo plazo para las empresas analizadas, extrapolables al sector biotecnológico, y se propone su adaptación a otros sectores y organizaciones en donde la innovación es fundamental para su permanencia y competitividad.

Palabras Clave: Biotecnología, Innovación Tecnológica, Transferencia de Tecnología.

ABSTRACT

This work presents the evaluation of the technological innovation process in some companies of the Colombian biotechnological sector, carried out by means of application of consultation instruments to their managers. The work has two parts: firstly, the study of the way by the companies assume the technological innovation and the different aspects that this involves, and an analysis SOWT of the biotechnological sector, supplemented with the experts contribution through a structural analysis, with which a key group of variables was obtained, which served as basis for the development of the second part, in which, by means of a benchmark study, it is analyzed the form in that innovation is implemented in the organization. Finally, strategies to short, medium and long term for companies and the biotechnological sector in general are raised, and it is intended their adjustment to other sectors and organizations where innovation is fundamental for their permanency and competitiveness.

Key words: Biotechnology, Technology Transfer, Technological Innovation.

INTRODUCCIÓN

La biotecnología se ha visto enfrentada a grandes retos como la atención de necesidades nutricionales, la prevención y manejo de enfermedades, el control de plagas y la preservación del ambiente. Los adelantos biotecnológicos han sido enormes, aunque como ocurre con las demás tecnologías de punta, se han centralizado en países desarrollados. La innovación en procesos y productos ha determinado tales avances, puesto que, como lo expresa Drucker (1986), el cambio tecnológico está constituido por dos procesos básicos: el proceso de innovación tecnológica y el proceso de transferencia de tecnología.

Siendo uno de los sectores más nuevos y dinámicos para las economías globalizantes, la biotecnología se constituye en un campo de innovación por excelencia: la innovación representa todavía el grueso del negocio biotecnológico. Aún en el caso de la adquisición externa de una licencia de biotecnología para iniciar un proyecto, 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 la biotecnología se pueden mencionar: es principalmente un sector de tecnología de proceso; la mayoría de los procesos biotecnológicos se establecen en competencia con tecnologías preexistentes, un hecho que define sus perspectivas de éxito; la biotecnología presenta: a) heterogeneidad tecnológica con distintos grados de madurez, complejidad y aplicación que influyen directamente sobre el riesgo de los proyectos de innovación. b) heterogeneidad del mercado de usuarios determinada por la diversidad de los productos biotecnológicos. c) heterogeneidad de la organización empresarial, puesto que la innovación biotecnológica puede surgir como proyecto de empresas dedicadas sólo a biotecnología, o de actividades integradas a

empresas de un perfil productivo diferente, o de grupos científicos que tratan de valorizar los resultados de sus investigaciones.

En Colombia, el rezago o avance del sector biotecnológico también está determinado por la innovación, más aún si se considera la limitación de recursos, los obstáculos propios de un sistema productivo que no ha contemplado adecuadamente a la biotecnología como factor de progreso, y las importantes demandas para la satisfacción de necesidades características de un país en desarrollo, así como la tendencia a copiar modelos y tecnologías foráneas. Es así como la creatividad, habilidades y conocimientos de las personas deben constituir el pilar de los cambios tecnológicos requeridos y la generación de invenciones pertinentes. Justamente la preocupación sobre el papel que debe desempeñar la gestión tecnológica, y dentro de ella la innovación, en el desarrollo de la biotecnología industrial ha tomado cada vez más importancia y se refleja en trabajos como los realizados por Castellanos (1996) y Colciencias (1999).

Este trabajo busca establecer un diagnóstico de la innovación tecnológica mediante el análisis de los procesos innovativos en empresas pertenecientes específicamente al sector biotecnológico colombiano, por la potencialidad inventiva de éste al señalarse a la biotecnología como un factor de innovación (Colciencias, 1992); para ello se tomó como caso de estudio un grupo de organizaciones de diferentes tamaños, integrantes de diversos subsectores (biopesticidas, vacunas, alimentos, entre otros), por lo cual pueden considerarse como representativas de este sector[1]. Dicho análisis se presenta en dos partes: la primera aborda la percepción de la innovación tecnológica a nivel organizacional, y la segunda estudia el aspecto operativo y de aplicación en el entorno empresarial. Así mismo se pretende, mediante la formulación de estrategias basadas en lo analizado en las empresas seleccionadas, aportar al fortalecimiento de la gestión en innovación tecnológica tanto en éstas como en las restantes organizaciones del sector biotecnológico colombiano. Igualmente, pueden considerarse tales estrategias como aplicables a otras firmas del sector industrial del país.

CONCEPTUALIZACIÓN

Innovación

La innovación no está limitada en su concepto a la generación de algo nuevo, puesto que se complementa con diferentes aspectos involucrados en las definiciones expresadas por diversos autores, como las que a continuación se mencionan: dentro del Sistema Nacional de Innovación, ésta se concibe como una estrategia empresarial relacionada con el desarrollo de nuevos procesos y productos, con la adquisición y adaptación de nueva tecnología y con cambios en las prácticas gerenciales o en los aspectos organizacionales de la empresa, lo cual permite incrementar su productividad y su competitividad, logrando mantener o mejorar su posición en el mercado (Colciencias, 1997).

Schumpeter (1942) expresa que la innovación es un cambio histórico e irreversible en la manera de hacer las cosas. Es una evolución en las funciones de producción que no se puede descomponer en etapas infinitesimales. Gracias a dicha innovación puede haber una fuente de ganancias que permite la continuación de la actividad; es decir, la ganancia es la recompensa a la innovación. Según Snarch (1998) la innovación abarca un proceso en donde una idea nueva se lleva a un uso productivo, el cual comprende las fases creativa, con la generación de la idea, y ejecutiva, con la transformación en un resultado concreto. Battini (1994) afirma que la innovación debe buscar imponerse en el mercado, puesto que, de no ser así, sólo dará una oportunidad a la competencia. El Manual de Oslo (1992) presenta una clasificación de las innovaciones en absolutas y relativas. Las primeras son la resultante de un proceso

1 Las 9 empresas biotecnológicas que hicieron parte del estudio se mencionan en los agradecimientos, al final de este artículo.

sistemático y organizado que se basa en el conocimiento de las ciencias básicas y en la compra de tecnología exógena; en las innovaciones relativas no cambian sustancialmente los productos, procesos, equipos, operaciones existentes y por lo general, no requieren grandes inversiones.

Innovación tecnológica

Los conceptos de innovación mencionados anteriormente tienen aplicabilidad en el campo tecnológico, siendo preponderante la comercialización de las invenciones a partir de la generación de nuevas ideas. La innovación tecnológica es un proceso que consiste en conjugar oportunidades técnicas con necesidades, integrando un paquete tecnológico que tiene por objetivo introducir o modificar productos o procesos en el sector productivo con su consecuente comercialización (Waissbluth, 1990). Consta de las siguientes etapas:

- *Reconocimiento de la oportunidad:* mediante el conocimiento del estado de arte tecnológico y de la situación del uso económico y social de los bienes derivados de la tecnología en cuestión, se reconoce una demanda existente o potencial y se identifican necesidades tecnológicas o cambios requeridos al interior de la organización.

- *Generación de la idea:* la generación de nuevas ideas se ve favorecida por el estímulo a la creatividad en un ambiente propicio, siendo ésta una capacidad innata del individuo, quien debe aprender a desarrollarla y darle un adecuado uso. Sin embargo, son frecuentes las barreras al proceso creativo, tanto a nivel de individuo como en la organización.

- *Formulación de la idea:* es la vinculación de la factibilidad técnica con la demanda mediante un concepto de diseño, el cual implica identificar y plantear un problema que requiere una asignación de recursos para su solución, unido a una orientación, todavía imprecisa, de la dirección y los detalles de esta solución.

- *Solución del problema:* la innovación en esta etapa surge cuando la información técnica requerida para la solución del problema no está disponible como parte del estado del arte, o mediante la generación de tecnología endógena a través de proyectos de I&D, o por la adopción por transferencia de tecnología exógena para la solución del problema (Marcovith, 1990).

- *Etapa de desarrollo:* contempla el escalamiento de la producción y la verificación detallada de la demanda del mercado. Este es el resultado material de la innovación.

- *Etapa de uso y difusión de la solución:* se realiza la aplicación de la solución generada a la producción, para luego difundirla a otras empresas. Durante esta etapa se incurre en los costos más significativos del proyecto[2]. Cabe anotar que, por lo general, el retorno financiero de las inversiones en innovaciones tecnológicas sólo es obtenido en el mediano y largo plazo[3].

METODOLOGÍA

La primera parte de este trabajo tomó como referencia la evaluación realizada por Carrillo y Castro (1999) sobre la innovación tecnológica en procesos biotecnológicos, a partir de la consulta a un total de nueve empresas representativas del sector biotecnológico (Ver Agradecimientos). Dicha consulta se basó en el diligenciamiento de una encuesta por parte de los directivos, que permitió abordar los aspectos centrales de la innovación tecnológica a nivel organizacional. Con base en los resultados de la aplicación de este instrumento se estructuró un análisis FODA, que por ser producto del análisis de organizaciones representativas del sector

2 Tal es el caso de las innovaciones de productos en algunas ramas industriales, en donde muchas veces el costo de su introducción en el mercado es el doble o el triple de los costos de I&D (Waissbluth, 1990).

3 Enos (1986) analizó el plazo transcurrido entre las fechas de la invención (la primera concepción del producto en forma sustancialmente comercial) y de innovación (la primera aplicación comercial) y estableció un intervalo medio de 11 años en el área de refinación de petróleo, y de 13.6 años para otras 35 grandes innovaciones. Esta variabilidad se debe a: características de cada sector, tamaño de las organizaciones involucradas, origen de la tecnología, periodo histórico considerado, calidad gerencial de los proyectos y condiciones de cada país.

biotecnológico y de acuerdo con la opinión de expertos, es posible considerar que caracteriza al total de empresas del sector biotecnológico colombiano. A partir de ello se definió un conjunto de variables relativas a cada una de estas categorías (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas). Un grupo de expertos en gestión e innovación tecnológica convalidó tales resultados aportando en la identificación de impactos en innovación tecnológica y el establecimiento de variables clave para La innovación en el sector, mediante un análisis estructural.

En la segunda parte, el conjunto de variables clave definido en el análisis estructural se concretó, y en algunos casos se reagrupó, en ocho variables con el fin de realizar un estudio de benchmark (Suárez y Garavito, 2001). Tales variables se muestran en la tabla 1.

Variable	Definición
1. Conceptualización de la innovación tecnológica	Forma en que se interpreta la innovación tecnológica dentro del sector
2. Gestión de la innovación tecnológica	Manera como se realiza la innovación, se compone de tres elementos: Claridad en los objetivos de la innovación; tendencia a generar innovación a partir de la interacción con las universidades y centros de investigación; manejo de proyectos y estudios de factibilidad.
3. Factor humano	Incluye elementos como la creatividad y capacidad de los profesionales.
4. Manejo de la información	Proceso de buscar y manipular la información para generar innovación.
5. Tendencia hacia la calidad	Objetivos de la innovación orientados hacia la calidad de productos y mejoramiento continuo de la empresa.
6. Transferencia de tecnología	Tendencia a generar la innovación a partir del proceso que adopta tecnologías extranjeras dentro del aparato productivo.
7. Rol de la Gerencia	Grado de compromiso de la gerencia con proyectos nuevos y apoyo manifestado en el empoderamiento; creación de lazos motivacionales
8. Relación con entidades de apoyo	Nexos con entidades que brindan asesorías y financiación. También define el papel del Estado para el fomento de la innovación del sector, y la actuación de entidades como ICA e Invima para certificar productos.

Tabla 1. Variables para el estudio de benchmark

Se estableció la mejor práctica en innovación tecnológica consultando a las empresas sobre su desempeño con relación a las ocho variables antes mencionadas, de tal forma que se otorgaron valores entre 5 (buen desempeño) y 1 (desempeño deficiente), y se comparó con las prácticas correspondientes a las organizaciones analizadas. Igualmente se desarrolló un análisis cualitativo de las etapas constitutivas del proceso de innovación tecnológica. Por último, con base en los resultados obtenidos se formularon planteamientos estratégicos para las empresas analizadas, y puesto que pueden ser consideradas representativas del sector biotecnológico colombiano, es viable que tales estrategias sean extrapoladas tanto a este como a otros sectores de la economía nacional en los cuales las nuevas tecnologías son la base fundamental de su actividad, y por tanto, la innovación debe ser parte de su cultura y cotidianidad.

RESULTADOS

Caracterización de la innovación tecnológica en las empresas biotecnológicas

A través del análisis de los siguientes nueve puntos básicos se estableció el diagnóstico de la innovación tecnológica en las empresas estudiadas del sector biotecnológico:

1. *Conceptualización de la innovación tecnológica:* en general, las empresas biotecnológicas reconocen la importancia de la generación de nuevas ideas a partir de la identificación de oportunidades, su desarrollo y posterior comercialización como fundamento del proceso innovativo. Sin embargo, se presentan falencias en la conceptualización del proceso de innovación tecnológica, lo cual es apreciable en el hecho de que algunas empresas consideren la transferencia de tecnología como un aspecto fundamental de éste, y que la innovación no necesariamente tenga que llegar al mercado, de tal manera que puede referirse únicamente a las actividades a nivel de laboratorio del área de investigación y desarrollo. También fue posible establecer que la biotecnología es un factor de innovación en el país, tal como había sido

explícitamente definido por Colciencias (1992). No obstante, las opiniones en este punto son diversas teniendo en cuenta que se ha llegado a pensar que sólo la aplicación de la biotecnología en los procesos productivos constituye una actividad innovadora. Es importante anotar que la biotecnología se traduce en innovación cuando aprovecha la biodiversidad y la convierte en nuevos productos y procesos comerciales.

2. *Objetivos de la innovación tecnológica:* los principales objetivos de la innovación identificados son: mejorar la calidad de la empresa, elevar la productividad, optimizar los procesos, aumentar la competitividad, mantener o acrecentar la participación en el mercado logrando liderazgo en él, reducir el impacto negativo en el entorno y mejorar las condiciones de trabajo.

3. *Fuentes de actividades innovadoras:* de acuerdo con las empresas consultadas, las actividades que pueden ser fuente de innovaciones en el sector biotecnológico son primordialmente la consulta a fuentes de información como revistas, Internet, bases de datos o patentes, la capacitación y el fomento de la creatividad en el personal administrativo, la aplicación de círculos de calidad y la interacción con la universidad y los centros de investigación. En menor medida se considera que actividades como la visita a ferias y seminarios, el *outsourcing* para innovación, el fomento de la creatividad en los empleados de la parte operativa y la capacitación en el exterior pueden contribuir a generar innovaciones en la organización.

4. *Actividades innovadoras:* dos son las actividades en donde el proceso de innovación se verifica según las organizaciones biotecnológicas estudiadas: la generación de invenciones propias en la unidad de investigación y desarrollo, y la ejecución de procesos de transferencia de tecnología.

5. *Gestión del factor humano:* el desarrollo de la creatividad es un factor fundamental para las empresas del sector, siendo esta habilidad aparentemente más fomentada en los empleados de nivel administrativo y profesional. En general, se observa la falta de trabajo en equipo a raíz de que la percepción de la biotecnología como un área multidisciplinaria no está muy arraigada, y por la separación de los niveles operativo y administrativo; por tanto, la innovación proviene sólo de un grupo de personas de la organización. De otra parte, la formación de recursos humanos es considerada como débil, por lo cual se sugieren cambios en los programas curriculares de los centros educativos, así como una vinculación más activa de las universidades con el sector productivo mediante prácticas industriales. Adicionalmente, es fundamental elevar el nivel de los egresados de las instituciones de educación superior con una gran capacidad creativa y habilidades de trabajo en equipo.

   La capacitación en estas empresas se dirige a menudo sólo a los niveles más altos de la organización, siendo una práctica de moderada frecuencia puesto que se supedita a la realización de nuevos proyectos. Para ello las actividades más utilizadas son la asistencia a seminarios, conferencias y exposiciones de tecnología. La capacitación en el exterior se realiza en pocas ocasiones, principalmente debido a la falta de políticas del Estado en este sentido.

6. *Papel del Estado en el desarrollo de la innovación:* se considera que este papel es insuficiente en el sector biotecnológico, por cuanto sólo las empresas estatales o mixtas reciben apoyo estatal directo. Colciencias brinda financiamiento a proyectos de innovación, pero se piensa que es escaso para las empresas privadas. A pesar de la existencia de políticas estatales en el campo, como la Política Nacional de Innovación, se evidencia la necesidad de concretarlas

puesto que son muy generales y tienden a parcializarse[4] . Además, los trámites de licencias y patentes son complicados, no se incentiva al sector privado para el desarrollo de nuevas tecnologías y se obstaculiza la adquisición de tecnologías exógenas.

7. *Innovación como estrategia empresarial:* la innovación tecnológica es un factor clave dentro de la planeación estratégica de las empresas estudiadas. Además, es una herramienta para el logro de niveles elevados de competitividad e importancia en la economía nacional. En nivel gerencial en las organizaciones no cumple adecuadamente su papel con relación al compromiso que debe asumir en el desarrollo de proyectos innovadores y la motivación del recurso humano responsable de su ejecución.

8. *Obstáculos al desarrollo de la innovación:* además de las mencionadas limitantes a la innovación por parte del Estado, es poca la motivación para invertir en el sector biotecnológico y existen monopolios estatales que se autofavorecen (específicamente en el caso del sector vacunas). Otros obstáculos son el desconocimiento en gestión de este factor, la falta de recurso humano capacitado, la deficiente conceptualización en sectores como el agropecuario, lo cual se refleja en una baja tecnificación e ignorancia en prevención y manejo de plagas y enfermedades; la escasez de recursos económicos y financiación para el sector biotecnológico y la concepción errónea de la biotecnología, por cuanto no se considera como interdisciplinaria y con fundamento en el trabajo en equipo.

9. *Alternativas para el mejoramiento de la innovación:* se plantea por parte de las empresas la necesidad de integración con áreas y disciplinas, con el fin de adquirir y manejar adecuadamente conocimientos sobre planeación estratégica, gestión tecnológica y de la innovación. El Estado debe reconocer la importancia de la biotecnología en el desarrollo del país brindando herramientas para su avance y eliminando los obstáculos que dependen de su gestión. También se propone fortalecer el nexo entre investigación básica y aplicada favoreciendo el escalado industrial de los desarrollos a nivel laboratorio. Una cultura de la innovación debe ser generada al interior de cada organización, la cual se verá fortalecida con la interacción permanente con universidades y centros de investigación.

Análisis FODA del sector biotecnológico

Con base en los resultados presentados se concretaron cuatro variables que describen las fortalezas de las empresas biotecnológicas estudiadas en cuanto a innovación tecnológica; estas variables, como se mencionó anteriormente, fueron consideradas como aplicables al sector biotecnológico colombiano. Se procedió de igual manera con relación a las oportunidades, debilidades y amenazas. En la tabla 2 se presentan las 16 variables que conforman el análisis FODA.

Análisis estructural

Las variables definidas en el análisis FODA fueron examinadas por un grupo de expertos del sector biotecnológico, quienes cuantificaron el impacto de cada una de ellas sobre la innovación tecnológica, como se muestra en la figura 1. En ésta se aprecia que las variables con mayor impacto positivo sobre la innovación tecnológica corresponden a dos oportunidades: la existencia de entidades de apoyo y financiación para la innovación y la demanda de productos biotecnológicos en el país (5 y 8). Luego están las variables 3 y 7 -tendencia hacia la calidad y la biotecnología como factor de innovación-. De acuerdo con la opinión de los expertos, este grupo de variables constituye un importante estímulo a la innovación tecnológica en las

4 Es el caso del apoyo a entidades como Cenicafé, por ser el café un producto de gran importancia para la economía del país.

empresas del sector. Igualmente los expertos consideran que la variable 13 -papel del Estado- es la que más afecta de forma negativa la innovación, específicamente por las restricciones que impone, en especial al sector privado. Este aspecto junto con la variable 16 -enlace entre la investigación básica y aplicada- (que al no darse de forma adecuada ocasiona problemas de escalado de productos biotecnológicos al nivel industrial) son los principales causantes de las deficiencias del sector en cuanto a innovación tecnológica. Con relación a la variable 11 -rol de la gerencia- no ejerce ninguna influencia sobre la innovación, lo cual se debe principalmente al desinterés de los directivos por asumir procesos innovativos.

Fortalezas	Oportunidades
1. Innovación a partir de la transferencia de tecnología. 2. Creatividad de los profesionales. 3. Tendencia hacia la calidad y el mejoramiento continuo. 4. Manejo de la información.	5. Entidades de apoyo 6. Biodiversidad del país. 7. Biotecnología como factor de innovación. 8. Demanda de productos biotecnológicos en el país.
Debilidades	**Amenazas**
9. Conceptualización de la innovación tecnológica. 10. Gestión de la innovación tecnológica 11. Rol de la gerencia (compromiso y fomento a la innovación). 12. Gestión del factor humano.	13. Papel del estado en el fomento a la innovación. 14. Preparación y capacidad factor humano. 15. Presencia de monopolios estatales. 16. Enlace entre investigación básica y aplicada.

Tabla 2. Análisis FODA del sector biotecnológico

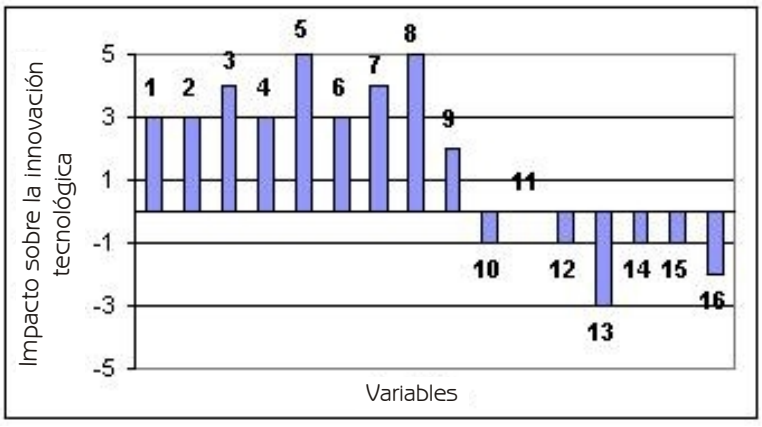


Figura 1. Impacto de las variables sobre la innovación tecnológica

Continuando con el análisis estructural, los expertos consultados establecieron la influencia de unas variables sobre otras a través de matrices de impacto cruzado (MIC), en donde se determina la dependencia y motricidad[5] de cada variable. Con base en ello, se graficaron los resultados en un diagrama de motricidad y dependencia[6], como se muestra en la figura 2.

La variable con mayor motricidad y por tanto, la que más afecta al sistema es la número 2, que corresponde a la creatividad de los profesionales, evidenciando la relación directa entre innovación y creatividad. Por otra parte, la variable menos dependiente del conjunto es la número 15 (presencia de monopolios estatales), seguida por las variables 6 y 13 -biodiversidad del país y papel del Estado-, lo cual indica que el cambio de estos factores no se considera competencia directa de las empresas; no obstante, su grado de influencia sobre las demás variables es considerable. De igual forma se destacan las variables 1 y 7 -innovación a partir de la transferencia de tecnología y biotecnología como factor de innovación- por ser las más dependientes del sistema, puesto que las acciones que la organización realice sobre estos factores pueden conducir a la generación de innovaciones.

5 **Dependencia**: Influencia sobre cada una de las variables ejercida por el conjunto. **Motricidad**: Influencia de cada variable sobre el conjunto.

6 Esta figura se divide en cuatro zonas: **Zona de Poder**: de mayor importancia por agrupar las variables que más influyen sobre las demás y a la vez dependen poco de ellas (son fuertes y poco vulnerables). **Zona de Conflicto**: allí están las variables con alta dependencia y motricidad; son influidas pero también influyen sobre las demás. **Zona de Problemas autónomos**: con las variables de motricidad y dependencia más baja, por lo cual no influyen ni son influidas significativamente por el sistema. **Zona de Salida**: contiene las variables de motricidad baja (afectan muy poco al conjunto) y alta dependencia. Consultar a Iñiguez (1990) para más información sobre el análisis estructural y el método MIC MAC.

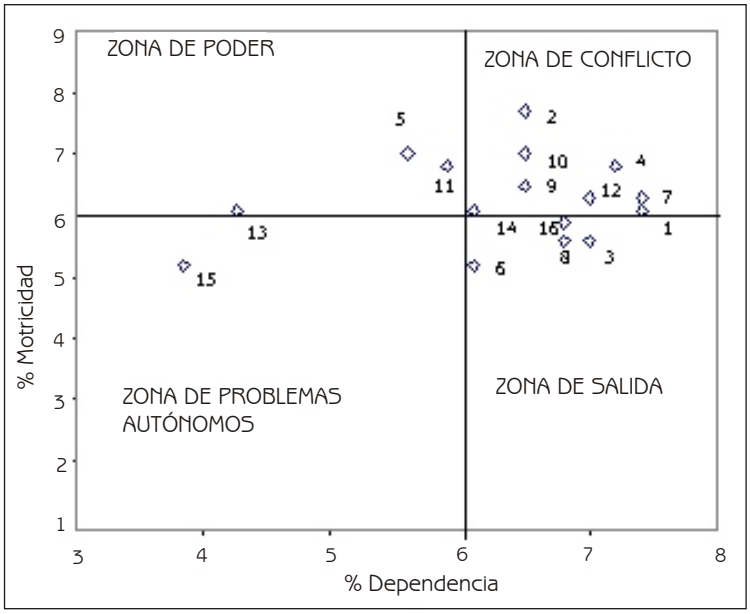


Figura 2. Diagrama de motricidad y dependencia

Con base en el análisis estructural presentado en los párrafos anteriores se realizó un estudio semicuantitativo con el cual se seleccionaron las variables clave del proceso de innovación tecnológica por cada método empleado y de allí se estableció el conjunto de variables de mayor prioridad. Del análisis sobre impacto en la innovación tecnológica (figura 1) se tomaron las variables 3, 5, 7 y 8 (tendencia hacia la calidad, entidades de apoyo, biotecnología como factor de innovación y demanda de productos biotecnológicos) por su alto impacto positivo, y las variables 13 y 16 (papel del Estado y enlace entre investigación básica y aplicada) al ser las que más inciden negativamente en la innovación.

Del diagrama de motricidad y dependencia (figura 2) se seleccionaron las variables más importantes de las zonas de poder y conflicto, puesto que en tales zonas están las variables que influyen en mayor medida sobre el sistema. Así, de la Zona de poder se consideraron tres variables (5, 11 y 13 -entidades de apoyo, rol de la gerencia, papel del Estado-), por su alta motricidad. De la zona de conflicto se tomaron las variables 2, 10 y 4 (creatividad de los profesionales, gestión de la innovación tecnológica, manejo de información) por su motricidad elevada, y las variables 1 y 7 (transferencia de tecnología, biotecnología como factor de innovación) puesto que además de su alta motricidad, dependen de forma importante del sistema.

Estudio de benchmark

Este estudio tiene un carácter dinámico y busca identificar los factores sobre los cuales es prioritario trabajar para elevar constantemente el desempeño organizacional y disminuir la brecha entre la práctica empresarial identificada y la mejor práctica, a través del mejoramiento continuo. En la figura 3 se muestra a manera de ejemplo el resultado del estudio de benchmark para una de las empresas analizadas. Cada uno de los ejes corresponde a las variables que se enumeraron anteriormente; se asume que a medida que aumenta el valor del radio para cada valor del radar, el desempeño de la empresa en esa variable es mejor. Las fortalezas constituyen

Método	*Impacto/Zona*	*Variables Clave*
Impacto sobre la innovación tecnológica	Positivo	3. Tendencia hacia la calidad y el mejoramiento continuo. 5. *Entidades de apoyo.* 7. *Biotecnología como factor de innovación* 8. Demanda de productos biotecnológicos en el país.
	Negativo	*13. Papel del Estado en fomento a la innovación.* 16. Enlace entre investigación básica y aplicada.
Análisis de Motricidad y Dependencia	Zona de poder	5. *Entidades de apoyo.* 11. Rol de la Gerencia. *13. Papel del Estado en fomento a la innovación*
	Zona de Conflicto	1. Innovación a partir de la transferencia de tecnología. 2. Creatividad de los profesionales. 4. Manejo de la información. 7. *Biotecnología como factor de innovación.* 10. Gestión de la innovación tecnológica.
Variables prioritarias	Σ	5. Entidades de apoyo 7. Biotecnología como factor de innovación. 13. Papel del Estado en el fomento a la innovación.

Tabla 3. Variables Clave

la mejor práctica, que es presentada como una línea negra continua en el radar de la figura 3. El desempeño de las empresas se compara con esta línea.

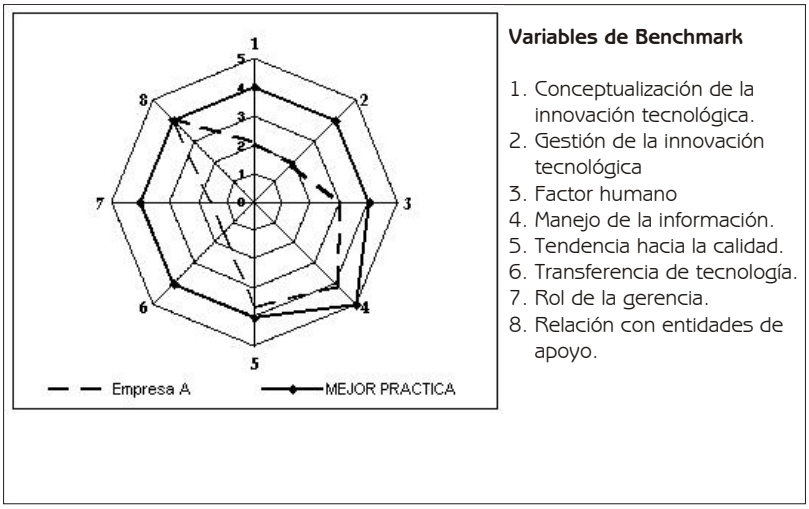


Figura 3. Comparación de una de las empresas analizadas con la mejor práctica

En la figura 3 se observa cómo la empresa A[7] tiene fortalezas en su relación con entidades de apoyo, manejo de información y tendencia hacia la calidad (variables 8, 4 y 5, respectivamente), pero presenta brechas considerables con relación a la mejor práctica en lo relativo a transferencia de tecnología y rol de la gerencia (6 y 7). Para las demás empresas se puede generalizar la situación con respecto a las variables 1, 2, 3, 4 y 5 (Ver figura 3). Las variables 6 y 7 presentan diversos comportamientos dependiendo de la organización. No obstante, la empresa A tiene un comportamiento excepcional con relación a la variable 8, por cuanto la brecha entre esta variable y la mejor práctica en las otras organizaciones analizadas es mayor.

El benchmark no se limita a la metodología de radar sino que además contempla aspectos cualitativos comprendidos dentro de cuatro condiciones de los procesos analizados: a) actividades primarias que involucra, b) *outputs* o salidas de cada fase en términos de toma de decisiones e información, c) recomendaciones acerca del manejo de las etapas del proceso de acuerdo con la mejor práctica, lo cual se ha denominado habilitador,[8] y d) herramientas específicas o técnicas que puedan ser aplicables a las etapas del proceso. Estas condiciones en conjunto pueden ser aplicadas a cada una de las etapas del proceso de innovación tecnológica mencionadas anteriormente. El análisis cualitativo que se efectuó, tomó como base un proceso genérico de innovación con actividades específicas que operacionalizan las capacidades tecnológicas evaluadas cuantitativamente. Así, se partió de la identificación de necesidades y se concluyó con la retroalimentación a través del seguimiento a la invención o nuevo desarrollo. Como ejemplo se presenta el análisis cualitativo para la etapa inicial del proceso de innovación.

- *Etapa*: análisis de las necesidades.
- *Qué involucra?:* estimar necesidades de clientes y posibles clientes.
- *Output o salida:* especificación de necesidades.
- *Habilitador Mejor Práctica:* contacto permanente con clientes y seguimiento de los productos.
- *Herramientas:* bases de datos, encuestas, investigaciones de mercados.

Los resultados de la aplicación de las metodologías descritas anteriormente han sido convalidados y divulgados en cada una de las empresas participantes.

7 La relación directa entre resultados y empresas se omitió conscientemente para mantener niveles adecuados de confidencialidad y confiabilidad, requeridos en investigaciones universidad sector

8 Prácticas, procesos o métodos que facilitan la implementación de una mejor práctica y permiten satisfacer un factor crítico de éxito, ayudan a explicar el por qué del desempeño indicado por un benchmark. (Corporación Calidad, 1995)

DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS

El análisis efectuado al proceso de innovación tecnológica en las empresas que colaboraron con este trabajo, sirvió como base para la formulación de estrategias para el mejoramiento de tal proceso a su interior, las cuales pueden ser extrapoladas a las demás empresas que conforman el sector biotecnológico, y a otros sectores en donde la innovación es un factor crítico de éxito, como aquellos que aplican la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones.

A corto plazo

- La estrategia prioritaria consiste en la concientización sobre las problemáticas internas que enfrentan las empresas, relacionadas con fallas en conceptualización y gestión de la innovación tecnológica y el factor humano, así como el compromiso de la alta dirección con los procesos de innovación, a partir de lo cual debe generarse una cultura proactiva en todos los niveles. Esto es fundamental por cuanto la tendencia predominante implica considerar factores externos a la empresa como los que más pueden afectar a los procesos de innovación, tal como se evidenció en la tabla 3 al definir las variables prioritarias, desconociendo que la propia organización puede y debe aprovechar sus fortalezas para superar sus debilidades, es decir, ser parte activa en el mejoramiento de los procesos de innovación a su interior y en el sector, y no limitarse a adoptar una actitud contemplativa en donde se espera que el Estado y otros actores externos sean los únicos proveedores de soluciones y alternativas viables.

- Con relación a la alta gerencia, que como se vio en el análisis estructural, no ejerce ningún tipo de influencia sobre la innovación tecnológica según los expertos, pero constituye una variable muy motriz que puede afectar significativamente al sistema (diagrama de motricidad y dependencia), su papel debe fortalecerse y enfocarse en la gestión de la innovación tecnológica, el factor humano y los procesos de transferencia de tecnología, como variables clave para el desarrollo adecuado del proceso de innovación en las organizaciones (Ver análisis FODA). Los directivos deben actuar como motivadores de los miembros responsables de los procesos de innovación, al tiempo que facilitan el desarrollo de tales procesos con recursos, capacitación y fomento al trabajo en equipo y a la integración. En este sentido, es viable elevar la tendencia hacia el mejoramiento continuo de las empresas y sus productos, siendo éste el objetivo central de la innovación según lo manifestado por sus directivos, y una actitud que prevalece en las organizaciones, puesto que está muy cercana a la mejor práctica en innovación (benchmark).

- La formulación de políticas estatales concretas que atiendan los diferentes requerimientos del sector, constituye una estrategia que debe implementarse rápidamente, por cuanto el Estado debe tomar conciencia de la importancia de la biotecnología para el desarrollo nacional. Siendo el papel del Estado una de las principales amenazas para el sector (Análisis FODA y estructural), sus políticas deben contemplar la financiación con créditos blandos, los mecanismos para garantizar procesos de capacitación en el país y el exterior, la reducción y agilización de trámites, entre otros aspectos.

- Dentro de la conceptualización de la innovación, como falencia sustancial detectada en las organizaciones analizadas, es prioritario implementar programas de capacitación, en especial para el nivel gerencial y el personal responsable de la ejecución de proyectos de innovación, con relación a la gestión de la innovación tecnológica y contando con la participación de entidades de apoyo como Innovar, Corpodib, Tecnos e IFI. Se debe enfatizar en la gerencia de proyectos, estudios de factibilidad, análisis de riesgos y procesos de gestión de transferencia de tecnología. Estos programas deben contribuir a la generación de una cultura de innovación en las empresas que conlleve la adecuada apropiación y asimilación de

tecnologías, la búsqueda constante y el acertado manejo de información, la interacción activa con centros de investigación y universidades para afrontar la escasa vinculación entre investigación básica y aplicada (amenaza para el sector), y la consolidación de la innovación como una estrategia de liderazgo, mediante acciones ofensivas en el mercado que permitan superar obstáculos como los monopolios o el desconocimiento de la comunidad sobre los beneficios de la biotecnología, propendiendo por cuidado del entorno ambiental y social. Dentro de la gestión del recuso humano (debilidad en el análisis FODA) la realización de programas más amplios de capacitación y formación deberán fomentar el trabajo en equipo y multidisciplinario mediante la creación de grupos estratégicos para solución de conflictos, generación de ideas y concientización acerca de los beneficios de la integración interempresarial e intersectorial.

A mediano y largo plazo

- La revisión de los programas curriculares de las universidades con el fin de lograr mejores niveles de formación de los profesionales, así como un mayor desarrollo de sus habilidades creativas, constituye una estrategia en innovación que puede ser implementada a mediano plazo. Esta revisión debe incluir además la búsqueda de mayor dinamismo de los mecanismos de integración con el sector productivo, como las pasantías y prácticas industriales. Esta estrategia atiende aspectos como la formación en gestión de tecnología e innovación, y su incidencia sobre la interrelación de la investigación básica y aplicada y el consecuente escalado industrial exitoso de nuevos productos biotecnológicos a nivel laboratorio.

- Los sectores de tecnologías como la biotecnología o la informática deben fomentar de forma permanente la creatividad del factor humano, lo cual incide directamente en su capacidad de innovación (por ser la variable de mayor motricidad), que a su vez es un factor fundamental para su avance. Así mismo, la demanda creciente de productos de altas tecnologías constituye un reto, y por tanto, su satisfacción debe hacer parte de los lineamientos de la organización, y los recursos como la biodiversidad, en el caso de la biotecnología, deben ser adecuadamente aprovechados. Las empresas deben ser concientes de la importancia de vincular entidades de apoyo en estos procesos, por su capacidad y experiencia en campos específicos, que de otra manera son difíciles de obtener. Estos aspectos no pueden ser abordados sólo a corto plazo, sino que deben implementarse de forma permanente y hacer parte de la dinámica propia de cada empresa, logrando así disminuir la brecha existente respecto a la mejor práctica en innovación tecnológica, y a mediano y largo plazo superarla.

- Se deben definir mecanismos y acciones para la generación de estructuras gremiales y sectoriales, cuya incidencia dinámica y permanente en la definición de políticas y estrategias de Estado que afecten a las empresas biotecnológicas, contribuya de forma importante a que variables tan motrices y exógenas como el papel del Estado, los monopolios estatales y las entidades de apoyo (figura 2) no sean tan independientes y se relacionen más fácilmente con otras variables internas.

CONCLUSIONES

El enfoque metodológico de este trabajo permitió un detallado análisis de la variable innovación tecnológica en organizaciones biotecnológicas colombianas, mediante la definición de una matriz DOFA, los análisis estructurales y los estudios de benchmark, con los cuales se conoció cómo la innovación es asumida y aplicada en tales empresas; igualmente se determinaron los aspectos clave sobre los que es prioritario tomar medidas (entidades de apoyo; papel del Estado en el fomento a la innovación; biotecnología como factor de innovación) para fortalecer y mejorar el desempeño organizacional y sectorial en innovación tecnológica. La metodología implementada en empresas del sector biotecnológico es aplicable a otras organizaciones y sectores tanto para la

evaluación del proceso de innovación, como para otros factores relativos a sus procesos de gestión y manejo de tecnología.

En el proceso de innovación confluyen conocimientos y capacidades que están presentes en las diferentes áreas de la empresa, cuyo aprovechamiento depende de las modalidades y características que asume la gestión y de los criterios que guían el proceso de toma de decisiones. Las empresas del sector biotecnológico colombiano reconocen la importancia de la innovación tecnológica para su desarrollo y la necesidad de su adecuada gestión. No obstante, es prioritaria la evaluación a fondo las capacidades empresariales en innovación, más aun en empresas que utilizan tecnologías de punta, en donde los rápidos avances tecnológicos ponen a prueba su adaptabilidad y habilidad para responder adecuadamente a las nuevos requerimientos.

Mediante la implementación de las estrategias propuestas en este trabajo y las que puedan surgir al interior de cada organización con base en la evaluación interna de sus procesos de innovación, en donde se coordinen actividades y se integren esfuerzos provenientes del Estado, las propias empresas, las entidades de apoyo, las universidades y centros de investigación, se disminuirá la brecha operacional que separa a las organizaciones de la mejor práctica, considerando que para el logro de este objetivo del benchmark, como proceso dinámico, es fundamental la generación de una cultura de intercambio permanente y mejoramiento continuo que permita implementar los cambios planteados. De esta forma el sector alcanzará liderazgo y posicionamiento dentro de la economía nacional, teniendo en cuenta además que la biotecnología ha sido considerada como un factor de innovación tanto a nivel país como dentro del mismo sector.

AGRADECIMIENTOS

A las empresas consultadas: Biológicos de Colombia, Fundación Mariano Ospina Pérez, Cenicafé, Corpoica, Instituto Nacional de Salud, Levapan, Vecol S. A., Laverlam y Orius. A los expertos que asesoraron el trabajo: Ischikawa Yokoto y Jaime Ibáñez, asesores de Pinturas Lumi Ton; Fernando Canónigo, docente de la Universidad Antonio Nariño; Marta Emilia Rueda, funcionaria de Tecnos; Hernán Cifuentes, director de Aprovet; Héctor Meza, gerente de innovación de Levapan; Néstor Beltrán, director de I&D de Vecol.

BIBLIOGRAFÍA

Battini, P. 1994. Innovar para ganar. México: Editorial Limusa.

Carrillo, A y Castro, F. 1999. Evaluación de la innovación en la producción de vacunas y biopesticidas usando métodos biotecnológicos en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ingeniería. Departamento de Ingeniería Química.

Castellanos, O. 1996. En busca de la biotecnología industrial: Un proyecto para formar un nuevo tipo de ingenieros en Colombia. Revista Diógenes de investigación en ciencias. Enero-junio. Bogotá.

Colciencias. 1992. La biotecnología, una estrategia para Colombia. Tecnologías de la vida para el desarrollo. Bases para un plan del Programa Nacional de Biotecnología.

_____ 1997. Productividad, innovación y desarrollo tecnológico en Colombia. Situación actual y políticas de fomento. Bogotá.

_____ 1999. Programa Nacional de Biotecnología. Plan Estratégico 1999-2004. Bogotá.

Corporación Calidad. 1995. Proyecto Sistema de Referenciación Competitiva.

Drucker, P. 1986. La innovación y el empresario innovador. Práctica y principios. Bogotá: Ed. Norma.

Enos, J. 1986. Invention at innovation in the petroleum refining industry. National bureau of economic research. Princeton university press.

Iñiguez, C. 1990. Introducción a la Prospectiva. Convenio Andrés Bello, SECAB, CONICYT.

Manual de Oslo. 1992. Proposed guidelines for colleting and interpreting technological innovation data.

Marcovith, J. 1990. Política y gestión en ciencia y tecnología. Estudios multidisciplinarios. Sao Paulo.

Suárez, E. y Garavito, S. 2001. Conceptualización y desarrollo de un estudio de Benchmarking en algunas empresas del sector biotecnológico colombiano. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas. Administración de Empresas.

Schumpeter, J. 1942. Capitalismo, socialismo y democracia. Hanfer y Row publishers.

Snarch, A. 1998. La innovación: estrategia del desarrollo empresarial. Memorias del Seminario de Formación Empresarial. Bogotá: Cámara de comercio.

Waissbluth, M. 1990. El paquete tecnológico y la innovación. Conceptos generales de gestión tecnológica. Chile: Alfabeta impresores.

Zoltán, Szabo. 1993. La Gestión de la Innovación Tecnológica en la Biotecnología. Biotecnología: Legislación y Gestión para América Latina.