

Vigilancia como herramienta de innovación y desarrollo tecnológico. Caso de aplicación: Sector de empaques plásticos flexibles

Surveillance as an innovative tool for furthering technological development as applied to the plastic packaging sector

Freddy Vargas,¹ Oscar Castellanos²

RESUMEN

La exigencia en la eficiencia y calidad de los procesos productivos hace necesario recurrir a nuevas herramientas para la generación de desarrollo e innovación tecnológica, por lo cual se ha identificado la necesidad de vigilar el entorno como una prioridad, otorgando especial atención a la tecnología que, por su naturaleza cambiante, es un factor clave en la competitividad. Siendo la vigilancia una actividad común en organizaciones de países desarrollados, prácticamente no se han llevado a cabo adecuadamente estudios que tengan en cuenta este aspecto en nuestro país, ni se han generado instrumentos para aplicarla en los sectores reales de la economía. El presente artículo, a partir de una base conceptual, buscó definir una metodología de vigilancia tecnológica, basada en la transformación de la información contenida en bases de datos, mediante la elaboración de mapas tecnológicos que aporten conocimiento útil a los procesos productivos. Posteriormente, esta metodología se aplicó en temas clave del sector de empaques plásticos flexibles. Se identificaron las principales tendencias en el desarrollo tecnológico en esta industria, lo cual permitió a su vez proponer estrategias para incorporar estos avances y tendencias en las empresas y grupos de investigación de carácter nacional que estén involucrados con el desarrollo tecnológico y la innovación de los empaques plásticos flexibles. Finalmente, se analizan las posibilidades del mapeo tecnológico como un instrumento importante para la generación de desarrollo tecnológico en el sector dado y sus posibilidades para ser utilizado en otros procesos productivos.

PALABRAS CLAVE: vigilancia tecnológica, mapeo tecnológico, empaques flexibles, ingeniería de procesos.

ABSTRACT

The demand for production process efficiency and quality has made it necessary to resort to new tools for development and technological innovation. Surveillance of the environment has thus been identified as being a priority, paying special attention to technology which (by its changing nature) is a key factor in competitiveness. Surveillance is a routine activity in developed countries' organisations; however, few suitable studies have been carried out in Colombia and few instruments produced for applying it to existing sectors of the economy. The present article attempts to define a methodology for technological awareness (based on transforming the information contained in databases) by means of constructing technological maps contributing useful knowledge to production processes. This methodology has been applied to the flexible plastic packaging sector. The main trends in this industry's technological development were identified allowing strategies to be proposed for incorporating these advances and tendencies in national companies and research groups involved in flexible plastic packaging technological development and innovation. Technological mapping's possibilities as an important instrument for producing technological development in a given sector are then analysed as are their possibilities for being used in other production processes.

KEY WORDS: technological surveillance, technological mapping, packages.

Recibido: agosto 10 de 2004

Aceptado: junio 7 de 2005

1. Ingeniero químico, investigador Grupo Biogestión, Programa de Formación Docente, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, e-mail: favargasc@unal.edu.co

2. Ingeniero químico PhD, profesor asociado, coordinador Grupo Biogestión, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: ofcastellanos@unal.edu.co

Introducción

Nuevos retos en la gestión del conocimiento para la innovación y el desarrollo tecnológico

El rápido avance de la ciencia y tecnología, así como las marcadas diferencias entre los países desarrollados y en vías de desarrollo, son característicos de nuestro tiempo. Las transformaciones de la sociedad van determinando amenazas y oportunidades en el entorno mundial y, más aún, en los países en vía de desarrollo, los cuales se deben preocupar por entenderlas y aprovecharlas. Diferentes autores han analizado las principales dinámicas que tienen lugar en la sociedad actual, agrupándolas en cuatro tipos (Chaparro *et al.*, 1997; Freeman, 1998; David y Foray, 2002): la revolución científica y tecnológica, las modificaciones estructurales en la producción, la edad de la comunicación y de la información, y las nuevas relaciones internacionales. En este sentido, una característica común a estos cambios consiste en darle cada vez una mayor importancia al conocimiento como factor no sólo de producción, sino principalmente como fuente de enriquecimiento cultural y de poder. Se debe tener en cuenta que de la conjunción de los cambios estructurales y de la forma en que ahora se valora el conocimiento, nace la que varios autores han llamado *economía del conocimiento*.

Se reconoce implícitamente que la economía del conocimiento, para desarrollarse adecuadamente, se apalanca en las tecnologías, ya sean de la información y comunicación (*software*, redes corporativas, internet), o de proceso y de producto. Una visión ampliada de la tecnología la define como los medios, incluyendo la información, conocimientos y recursos necesarios para el diseño, la producción, comercialización y/o implementación de productos (tangibles o intangibles) y servicios que satisfacen una demanda o necesidad o para el mejoramiento de un producto o proceso (Castellanos *et al.*, 2005). Dentro de esta visión ampliada se reconoce que la tecnología, para obtener resultados, se vale de diferentes medios, unos *duros* como las tecnologías de procesos, de equipo, de operación y de procesos como la transferencia de tecnología y la innovación; y otros *blandos* como la estructura y la cultura organizacional, la planeación estratégica, el *marketing*, el manejo de la información y la gestión del recurso humano (Castellanos y Guevara, 2000). Existe una relación indiscutible entre estos dos tipos de tecnología ya que un sistema productivo con un gran acervo de tecnología dura pero limitada por una tecnología blanda poco fortalecida, no utilizará eficientemente sus recursos, mientras que una organización con una tecnología blanda fuerte, pero sin los medios para concretarla en la realidad, ni siquiera podría existir. Para que los sistemas productivos, las empresas y las industrias funcionen de manera eficiente y productiva se debe mantener un equilibrio (que depende de los objetivos y el medio en que se desenvuelva) entre los componentes citados, ya que uno de los dos puede supeditar la capacidad de acción del otro.

En los países en vías de desarrollo los compradores de tecnología deben estar al tanto del tipo de ofertas que pueden encontrar en los mercados, es posible que las puedan ir estudiando antes de que se comercialicen. Aun si el proveedor no accede a dejar disponible esta tecnología, el comprador habrá ganado con el hecho de tener conocimiento sobre el rumbo de la misma, y tendrá algunos elementos de juicio para poder adquirir o descartar ofertas. Es éste un camino que se debe explorar y aprovechar para poder aminorar la magnitud de la brecha tecnológica a la cual estamos enfrentados.

Sin embargo, debido a la gran disponibilidad de información, el problema que surge ahora no es dónde investigar, sino definir la forma de optimizar dicha investigación para que no se pierda mucho tiempo en ella, cómo presentar los resultados de un manera comprensible y cómo manejar de forma eficiente la ingente cantidad de información que aparece disponible cada día (Escorsa y Maspons, 2001). La sociedad actual se encuentra expuesta a un crecimiento exponencial de la producción científica y de las aplicaciones tecnológicas, y a una explosión tanto de las fuentes de información, como de los medios de acceso a las mismas y de los de comunicación; ya Saavedra (2000) reconocía que la información existente se duplicaba cada cinco años y que aproximadamente el 50% de las tecnologías cambiaban en una década; esta aceleración hace que los métodos de análisis convencional y estudios prospectivos sean menos eficaces (en el corto plazo) que la captación, selección y análisis de un flujo de información constante a partir de un mayor contacto con el entorno (Castellanos *et al.*, 2003).

Los estudios conocidos como *estado del arte* son los más usados para caracterizar el entorno tecnológico y/o científico en un área particular, sin embargo, estos presentan la falencia de ser una mirada estática del entorno, se suelen identificar tecnologías puntuales, no tendencias que brinden elementos concretos para generar estrategias a mediano y largo plazos. Es aquí donde nace el concepto de vigilancia, el cual, para ponerse en práctica, necesita ser robustecido y adaptado a las necesidades del entorno, así como conocer sus metodologías y los impactos que este puede generar.

Bases conceptuales de la vigilancia tecnológica

La esencia de la vigilancia es ser un sistema organizado de observación y análisis del entorno, seguido de una correcta circulación y utilización de la información en los sistemas productivos y en las empresas e industrias. Se aplica cuando los sistemas productivos comprenden que deben disponer de un sistema de vigía permanente que le permita ajustar el rumbo y esclarecer el camino hacia la consecución de sus objetivos. El fin último es recopilar gran cantidad de datos y transformarlos a través de la clasificación, análisis y su relación con el entorno, logrando generar un sistema de inteligencia. La Figura 1 mues-

tra precisamente el modelo de pirámide informacional propuesto por Ponjuán (1998), donde se relaciona la evolución de los datos hasta convertirse en el concepto de inteligencia.



Figura 1. Pirámide informacional. Fuente: Ponjuán, 1998

Dependiendo el marco conceptual en el cual se defina, la vigilancia se puede dividir en diferentes aspectos (como comercial, competitiva, financiera y de entorno), siendo el tecnológico el de mayor importancia para los procesos de innovación y desarrollo, ya que se tienen en cuenta los avances científicos y técnicos fruto de la investigación básica y aplicada, los productos y servicios, los procesos de fabricación, los materiales, su cadena de transformación, y las tecnologías y sistemas de información (Paplop y Vicente, 1999; Escorsa y Maspons, 2001). Las principales metodologías de la vigilancia tecnológica son la minería de datos y el mapeo tecnológico.

La minería de datos se refiere a técnicas, principalmente informáticas, que permiten la extracción de conocimiento e información implícita, previamente desconocida y potencialmente útil, de grandes volúmenes de datos (Cotec, 2004). Aplicar la minería de datos en un sector industrial, implica que este tenga diseñadas e implementadas diferentes bases de datos sobre sus tecnologías preexistentes, nuevos desarrollos, clientes y productos, etc., para poder descubrir correlaciones, segmentar poblaciones en grupos homogéneos y prever tendencias de comportamiento. Sin embargo, en nuestro medio no es común que los diferentes niveles del aparato productivo cuenten con una base de datos madura, lo cual implica que como una primera aproximación a la vigilancia tecnológica haya que utilizar para la realización del presente estudio el mapeo tecnológico.

El mapeo es una metodología que se centra en un área de interés, basando su análisis en la información estructurada contenida en patentes y/o artículos, a los cuales se les aplican métodos cuantitativos que permiten obtener la relación entre diferentes datos acumulados sobre el tema. En este punto se pueden dife-

renciar dos clases de mapeo: a) monitoreo, que sólo utiliza un conteo de registros y revisión de patentes o artículos encontrados sobre un tema, aplicando herramientas de estadística descriptiva básica, y b) la aplicación de indicadores cuantitativos trasciende el simple conteo y se obtienen índices relacionales entre los datos (registros de patentes o artículos) que posteriormente se usan en la obtención de mapas tecnológicos, los cuales representan gráficamente *proximidades* o *distancias* que son función de los índices calculados. La distancia en el mapa entre dos palabras (referentes a tecnologías, productos, autores, empresas...) señalará la mayor o menor relación entre ellas. Los mapas agregan los datos de una forma que ningún experto es capaz de hacer, dada la imposibilidad de asimilar la ingente información disponible. Además, los mapas son independientes de las opiniones individuales.

Después de consultar diferentes autores y desarrollar un ejercicio de vigilancia tecnológica, se desprende una interpretación pertinente para el contexto del aparato productivo de una economía emergente, del concepto de vigilancia tecnológica como: *la actividad de la vigilancia que se dedica a identificar las evoluciones y novedades de la tecnología, tanto en proceso como en producto, con el fin de determinar oportunidades y amenazas provenientes del entorno, para el futuro de un sistema dado.*

En la presente investigación inicialmente se realizó una conceptualización de la vigilancia tecnológica, para luego desarrollar una metodología de mapeo pertinente, que se aplica a un sector real de la economía nacional en las condiciones locales de desarrollo tecnológico.

Mecanismos de implementación de la vigilancia tecnológica

Para ilustrar la implementación de las actividades de vigilancia tecnológica se han propuesto diferentes esquemas (Rodríguez, 1999); sin embargo, basados en la experiencia adquirida en la implementación de este tipo de actividades, se propone el esquema de vigilancia presentado en la figura 2. En este proceso se enfatiza la necesidad de recopilar la información previa relevante y conformar un equipo interdisciplinario que se encarga de desarrollar el proyecto. Este equipo es el que ejecuta las fases del proyecto, pero siempre debe contar con el apoyo de dos tipos de expertos, uno que conozca las tecnologías del sector empresarial al cual se le está haciendo la actividad de vigilancia, y otro que administre y conozca muy bien la metodología de la vigilancia. Si la disponibilidad de los expertos es amplia, ellos entrarían a formar parte del equipo base de trabajo. Se debe prestar especial atención a la preparación de la búsqueda, la definición de la morfología y la sintaxis a usar en la búsqueda, que es crucial para encontrar datos utilizables y disminuir el ruido de registros que no sean útiles. La etapa de diseño de estrategias debe tener en cuenta no solo los resultados obtenidos en la vigilancia,

sino también aquellos generados en otros procesos de gestión como referenciación competitiva o prospectiva.

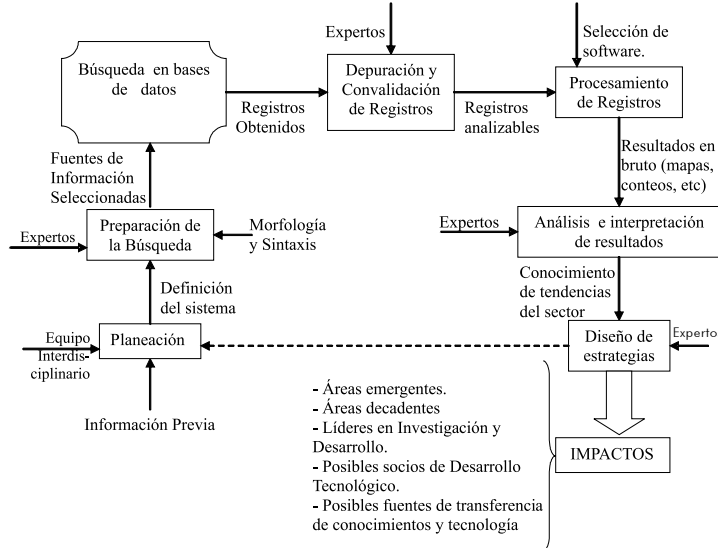


Figura 2. Ciclo de la vigilancia

Metodología de la investigación

La realización de un ejercicio de vigilancia tecnológica tiene diferentes etapas, que no necesariamente deben ser secuenciales y rígidas. Sin embargo, el orden general del proceso se asemeja al esquema presentado en la Figura 2. El ciclo de la vigilancia se aplica siempre a un sistema productivo o sector definido. Para la presente investigación, la aplicación del esquema se desarrolló sobre el Sector de Empaques Plásticos Flexibles (SEPF), por lo que se abordará una somera caracterización del mismo.

Una definición general de empaques los caracteriza como un “medio técnico, industrial y de mercadeo usado para contener, proteger, identificar y facilitar la venta y distribución de productos agrícolas, industriales y de consumo en general” (Noriega *et al*, 2003), y los principales aspectos que tiene en cuenta para brindar protección son: pérdida o ganancia de compuestos volátiles y/o humedad, reacciones oxidativas, acción de la luz y la actividad de microorganismos. De otro lado, en la producción industrial de la economía nacional, el sector de empaques flexibles se ha caracterizado por ser el primer consumidor de materiales plásticos con 318.000 Ton. de resina plástica en 2002, lo que corresponde a un 52% del total de las resinas plásticas utilizadas en el país. La Asociación Colombiana de Industrias Plásticas - Acoplásticos, recientemente lideró un estudio orientado a identificar debilidades y fortalezas de la industria de empaques y generar estrategias para subsanar las problemáticas encontradas (Acoplásticos, 2003).

Con ese objetivo, mencionado con anterioridad para la investigación de vigilancia tecnológica en el SEPF, y tomando como referencia el ciclo propuesto en la Figura 2, a continuación se describe la implementación de cada una de las etapas, aclarando que desde la planeación hasta la preparación de los registros se abordan en este nu-

meral, mientras que en los resultados se retoma el análisis del ciclo representado en la Figura 2, desde el análisis de los resultados hasta la definición de estrategias. Nótese que en todo el esquema es importante la participación de expertos, aportando conocimiento y convalidando el proceso de vigilar, tanto en temas relacionados con la vigilancia tecnológica, como en el tema o sistema particularmente seleccionado para cada estudio.

- **Planeación:** para esta etapa se recopiló la información sobre el sector, tomando como base el reporte antes mencionado del estudio realizado por Acoplásticos (2003). Se determinaron el objetivo de la búsqueda y la estrategia a seguir. Como consecuencia de la planeación se definió el sistema sobre el cual específicamente se aplicaría la vigilancia, tomando como base los resultados del análisis sobre el desarrollo e innovación tecnológica y en la generación de valor en el sector (Castellanos y Gaitán, 2004).

- **Preparación de la búsqueda:** Para realizar el mapeo tecnológico, lo recomendable es utilizar fuentes primarias de información y, de ser posible, tener acceso a bases de datos estructuradas. En este sentido, es común utilizar patentes y artículos científicos. En la investigación realizada se tuvieron en cuenta únicamente patentes, ya que por un lado se buscaba fortalecer el desarrollo tecnológico y la capacidad de innovación centrada en principales productos de la empresa, y por otro, en una economía como la colombiana es recomendable inicialmente obtener una visión sobre las fuentes de desarrollo tecnológico que están más cerca de ser comercializadas, preferentemente sobre las que aún se están investigando. En las patentes se encuentran las tecnologías que están próximas a salir al mercado, y un gran porcentaje de estas no se encontraron reportadas en otras fuentes de literatura técnica ni artículos (Guzmán, 1999). La base de datos usada se encuentra disponible por vía web en la dirección www.uspto.gov. Se establecieron los puentes de información, que son los que orientan la búsqueda y que por su generalidad abarcan el tema de estudio, o palabras muy bien definidas sugeridas por criterio de expertos. En este trabajo se usaron palabras genéricas como: *film, plastic, package, packaging, food, flexible*.

Adicionalmente, se deben definir las fuentes idóneas a consultar, ya que la disponibilidad de estas debe ser previamente verificada. Entre las fuentes de información sobre patentes se pueden mencionar: INSPEC, ChemAbstract, Delphion, USPTO, entre otras. Para ingresar a algunas de ellas, se debe cancelar una suscripción anual. Por ello, en esta investigación se acudió a bases gratuitas y de fácil acceso, así como a las que la Universidad Nacional de Colombia ha adquirido.

- **Búsqueda en la base de datos:** utilizando las palabras genéricas definidas se llevó a cabo la descarga de información correspondiente a un intervalo de tiempo com-

prendido entre los años 2000 a 2003 (se toma un intervalo corto de máximo cinco años, ya que el mapa que se generará es como una fotografía de las tecnologías disponibles). Se encontraron cerca de 2.000 patentes usando las palabras genéricas, y al hacer una depuración inicial sobre el tema de tecnologías de proceso y de producto, solamente quedaron cerca de 150, que fueron descargadas y analizadas

- Depuración y convalidación de registros: una vez seleccionados los documentos que se utilizarán en el trabajo, cada uno de los registros se debe caracterizar por descriptores, es decir, características comunes a todos ellos. Los campos retenidos que se seleccionaron fueron los siguientes: número de patente, palabras clave que la identifican (del título y/o resumen), empresa o institución que reclama la patente, inventores, código internacional de patente (CIP), fecha de concesión y referencias (preferiblemente de otras patentes). La base de datos se construyó en el programa Microsoft® Excel 2000. Las palabras clave con que se caracterizó cada patente, fueron extraídas después de analizar su título y su resumen. Aunque este trabajo es dispendioso, se evitan las ambigüedades que puedan surgir al utilizar alguno de los programas diseñados para tal fin, que con frecuencia suelen usarse de forma poco fundamentada. En la Figura 3 se plasma el resultado del análisis por código y por palabra clave.

# Patente	Palabras Clave					
5085904	barrier	multilayer	SiO	metallic	dopant	
5102948	polyamide	composite	silicate			
5202052	polycarboxylic acid	oxygen scavenger	permeable			
5634567	heat bondable	container		closure		
5834079	Film	oxygen scavenger	zeolite			
5876812	barrier	nanocomposite	clay			
5911937	moisture absorbing	entrained	desiccant			
5916685	barrier	multilayer	SiO	vapor deposition	self-supporting	
5958254	organic compound	oxygen scavenger	transition metal			
5985075	Film	multilayer	label	pressure sensitive		
6004682	Film	printable	label	heat activated		
6054153	Modified atmosphere	oxygen scavenger	compartment	meal		
6057035	High-temperature	nanocomposite	silicate	surfactants		
6071988	polyester	composite	manufacturing	polyalkoxylated		
6080350	moisture absorbing	entrained	desiccant			
6083585	copolymers	oxygen scavenger	polyolefines			
6124006	modified polymer	channels	controlled transmission			

Figura 3. Análisis de patentes, depurado por tema y contenido en función de sus palabras claves y códigos

Debe mencionarse que en el proceso de depuración y convalidación de registros se pueden usar diversos tipos de software. Estos varían desde un simple editor de texto, hasta herramientas avanzadas como el ULTRAEDIT o TheraLab; el criterio para definir qué tipo de herramienta usar es el número de registros que se tienen para procesar. Cuando estos registros sobrepasan de 1.500 es conveniente usar software especializado y robusto como los antes mencionados, o incluso involucrar en el proceso herramientas como Tetralogic, Matheo y otros.

- Procesamiento de Registros: al identificar estas palabras clave, se cruzan con el número de la patente de la que fueron extraídas, generándose entonces una matriz

de $m \times n$, donde m es el número de patentes analizadas y n el número de palabras clave identificadas (matriz Palabra clave – Número de patente). Cuando la palabra j -ésima aparece en la patente i -ésima, se asigna un valor de 1 a la casilla ij , de lo contrario se deja con valor de 0. Luego se diseña otra hoja electrónica, que a partir de cálculos en la matriz Palabra clave – Número de patente genera una matriz de concurrencia, en la cual las palabras clave son puestas como filas y columnas, esta matriz es simétrica y muestra la frecuencia de aparición de una palabra con otra en un mismo documento, las celdas ii de la diagonal son las frecuencias de aparición de una palabra clave. La Figura 4 muestra la matriz generada al final del procesamiento de los datos.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
barrier	17	4	3	1	1	1	1	1	0	0	0
multilayer	4	16	3	1	1	1	1	0	0	0	5
SiO	3	4	1	1	1	0	0	0	0	0	1
metallic	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
dopant	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
polyamide	1	1	0	0	0	5	1	1	0	0	4
composite	1	0	0	0	0	1	3	1	0	0	1
silicate	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0
polycarboxylic acid	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
oxygen scavenger	5	5	1	0	0	4	1	0	1	1	53
normasha	n	1	n	n	n	n	n	n	n	1	1

Figura 4. Ocurrencias y coocurrencias de las palabras clave

Se observa, por ejemplo, que en la celda generada en la primera fila, *barrier*, cuando se cruza con la primera columna, *barrier*, el número es 17, lo que quiere decir que dicha palabra clave se encuentra en 17 documentos. La primera fila, *barrier*, con la segunda columna, *multilayer*, generan el número 4, lo que quiere decir que estas dos palabras se encuentran en 4 documentos en común. Por ser una matriz simétrica se puede trabajar sólo con la parte diagonal superior (o inferior) de la misma, ya que los datos que contiene el resto de la matriz se pueden obtener de esta mitad.

Para la obtención de mapas no se utilizan todas las palabras clave, ya que en la distribución de frecuencia de estas palabras se encuentra que existen pocas de ellas que se repiten muchas veces, y muchas palabras que se repiten pocas veces. La Figura 5 muestra este comportamiento para la presente investigación.

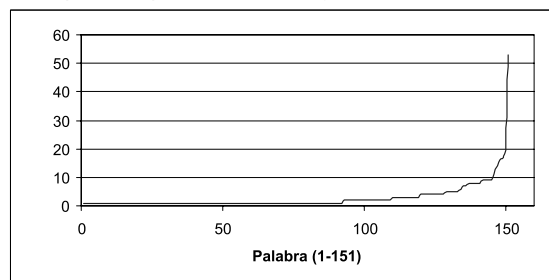


Figura 5. Frecuencia de aparición de las palabras clave

Por lo anterior se decidió utilizar las 31 palabras más frecuentes, las cuales son enumeradas en la Tabla 1 por orden descendente en la frecuencia de aparición.

Tabla 1. Palabras clave más frecuentes.

	PALABRAS CLAVE	PALABRAS	FRECUENCIA
1	OXYGEN SCAVENGER	oxygscav	53
2	FILM	film	21
3	BARRIER	barrier	17
4	MULTILAYER	multilay	16
5	TRANSITION METAL	transmet	14
6	MANUFACTURING	manufact	9
7	CHANNELS	channels	9
8	FLEXIBLE	flexible	9
9	RFDI	rfdi	9
10	NANOCOMPOSITE	nanocomp	8
11	ORGANIC COMPOUND	orgcompo	8
12	COATING	coating	8
13	SLIDER	slider	7
14	CLAY	clay	7
15	LABEL	label	7
16	MODIFIED POLYMER	modipoly	6
17	RESEALABLE	resealab	6
18	POLYAMIDE	polyamid	5
19	CLOSURE	closure	5
20	ZIPPER	zipper	5
21	SiO	SiO	4
22	CONTAINER	containe	4
23	ZEOLITE	zeolite	4
24	MOISTURE ABSORBING	moistabs	4
25	ENTRAINED	entraine	4
26	DESSICCANT	dessicca	4
27	MODIFIED ATMOSPHERE	modatmos	4
28	ADHESIVES	adhesive	4
29	THERMOPLASTIC	thermopl	4
30	PET	pet	4
31	TAG	tag	4

Al definir las palabras a utilizar y generar la matriz de coocurrencia correspondiente, esta se puede normalizar calculando diferentes índices cuantitativos (índice correlacional, de Sokal, entre otros), donde el que es más usado en este tipo de estudios es el de Jaccard (Pelc, 2000) que está definido por la función:

Fórmula 1. Índice de Jaccard

$$J(ij) = \frac{c_{ij}}{c_i + c_j - c_{ij}} \quad \text{en donde} \quad \begin{array}{l} C_{ij} = \text{Número de ocurrencias de la palabra } i \text{ e } j, \\ C_i = \text{Frecuencia de la palabra } i, \\ C_j = \text{Frecuencia de la palabra } j \end{array}$$

Este índice es la razón entre el número de documentos que tienen dos palabras clave y la suma total de los en que estas palabras se encuentran por separado menos los documentos en que se encuentren las dos palabras. Esta relación siempre da resultados entre 0 y 1, y es igual a 1 (uno) cuando dos palabras aparecen solamente en los mismos documentos ($C_i = C_j = C_{ij}$), y toma el valor de cero cuando dos palabras no aparecen citadas en forma conjunta en ningún documento ($C_{ij} = 0$). La matriz obtenida de este proceso de normalización, se analizó en el software SPSS 11. ® (paquete estadístico). Para el procesamiento se utilizó una técnica de escalamiento multidimensional, que sirve para que a partir de relaciones numéricas entre diferentes variables (en nuestro caso la matriz 31x31), se genere un gráfico en dos dimensiones que representa en forma visual las relaciones que se encuentran en la matriz (Cox y Cox, 2001). El mapa de coocurrencia de palabras que se obtuvo del análisis a través de escalamiento multidimensional se presenta en la Figura 6.

Interpretación y análisis de resultados

A continuación se continúa explicando el esquema propuesto para la implementación de la vigilancia tecnológica en el sector de empaques plásticos flexibles.

A. Interpretación del mapa tecnológico. Como resultado de la investigación se originó el mapa mostrado en la Figura 6.

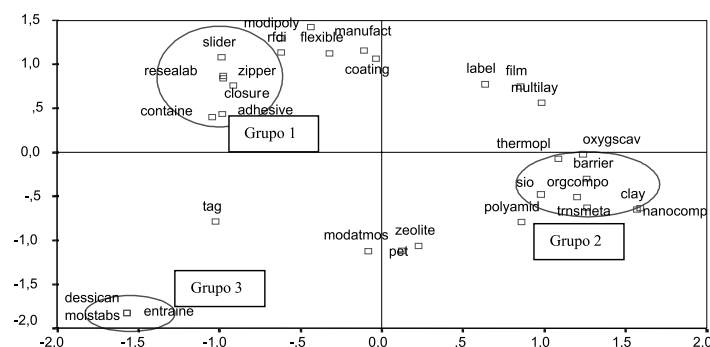


Figura 6. Mapa tecnológico por coocurrencia de palabras

Inicialmente, al analizar la distribución de las palabras clave en el mapa se obtiene un indicio de las interrelaciones entre ellas, así como de ciertos grupos que se relacionan como tecnologías particulares. Para dar sentido a la configuración del mapa, se debe analizar el contenido de las patentes (solamente las que quedaron seleccionadas luego de depurar por frecuencia de palabra clave) que contienen las descripciones de las tecnologías, para de esta forma poder relacionar los diferentes grupos que se forman en el gráfico.

El primer grupo se ubicó en la parte superior izquierda de la gráfica, relacionando las modificaciones físicas de los polímeros, lo cual se vio reflejado en palabras como *slider*, *zipper*, *closure* y *resealable* (dispositivo deslizante, cremallera, cierre y resellable). Una expresión que aparece en este grupo es RFID (de las siglas en inglés de identificación por radio frecuencia), que aunque en realidad no tiene mucha relación con las demás palabras adyacentes, sí la tiene con la palabra *manufacturing*. El segundo grupo, referenciado en la parte inferior derecha de la gráfica, incluyó a la mayoría de cambios fisicoquímicos que se han desarrollado en los polímeros para darles una propiedad específica. Pertenecen a este grupo palabras como *oxygen scavenger*, *transition metal*, *organic compound*, *nanocomposite*, *clay*, *SiO*, entre otras (agotadores de oxígeno, metal de transición, compuesto orgánico, nanocomponente, arcilla, óxido de silicio, respectivamente). Como se explicará más adelante, estas palabras tienen relación entre sí y definen un campo en la investigación sobre otro tipo de empaques.

Adicionalmente, apareció otro grupo de palabras ubicadas en la parte superior del cuadrante superior izquierdo (*manufacturing*, *coating*, *flexible*), las cuales conformaron un subgrupo de aquellas que no figuraron en patentes que traten un tema muy específico, y por eso mismo fueron transversales a varias de ellas, lo que motivó a que se agruparan entre los dos grandes temas identificados. Hay un subgrupo ubicado en la parte inferior izquierda de la gráfica, y se compone de tres palabras diferentes y superpuestas, *entrainer*, *desseccant*,

moisture absorbing (orientador, desecante, absorción de humedad); estas palabras clave representan un nicho muy especializado, ya que sólo se encontraron cuatro patentes sobre el tema, todas de una misma empresa de investigación sobre polímeros absorbentes de vapor de agua. Cabe anotar que también en esa empresa se han patentado logros que tienen que ver con la absorción de agua líquida (palabras ubicadas en la parte superior, a la izquierda del eje vertical), en esta ocasión las palabras clave fueron *channels* y *modified polymers*.

Las palabras ubicadas en los cuadrantes inferior izquierdo y superior derecho se relacionaron con algunas palabras de uno de los grupos identificados, pero no de una forma muy fuerte con las demás, por lo que aparecieron alejadas de esos grupos. Por ejemplo, *zeolita* y *modified atmosphere* se relacionan estrechamente con *oxygen scavenger* pero no con las otras palabras, por lo que aparecen alejadas.

B. Tendencias relevantes en el desarrollo tecnológico del sector de los empaques plásticos flexibles. Con base en el mapa obtenido se identifican grupos o *clusters*, lo que permitió llevar a cabo una revisión de patentes que se relacionaron con vectores de desarrollo tecnológico específicos, proporcionando elementos para identificar y analizar innovaciones con mayor impacto en el SEPF, entre las cuales se destacan: los nanocomponentes, los agotadores de oxígeno, los absorbentes de humedad y la identificación por radiofrecuencia.

Nanocomponentes. En el mapa, la palabra nanocomponente apareció muy cerca de arcilla (*clay*). El objetivo que busca esta tecnología es reducir las tasas de transferencia de gases (principalmente O_2) hacia los productos que se empaquen, con el fin de evitar la degradación de los mismos; el principio en que se basa es interponer barreras físicas en la película de polímero para disminuir el paso de los gases. Para esto se usan arcillas (montmorillonitas, generalmente) dentro de la matriz del polímero, para lo cual se tienen que intercalar, usando un eslabón entre el polímero y la arcilla, que es una sal orgánica. Las partículas de arcilla generalmente no miden más de 50 nm., ya que si son más largas la película no presenta buenas propiedades mecánicas, además que se empieza a comprometer la transparencia del polímero. Otra forma de lograr el objetivo de esta tecnología es depositando películas de óxidos (silicio, cromo, aluminio) sobre una película ya formada, utilizando tecnologías de deposición de plasma.

Agotadores de oxígeno. La palabra *oxygen scavenger* (agotadora de oxígeno), aparece cerca de muchas otras (eslabonadas por la palabra *barrier*), como compuesto orgánico (*organic compound*) y metal de transición (*transition metal*). El objetivo de esta tecnología es obtener películas de polímero que eviten el traspaso de oxígeno a través de ellas. Para lograrlo se ubican moléculas en las que el oxígeno

no se consume. Las moléculas usadas son diversas (por lo que en el mapa se identificaron como *organic compound*) y tienen como característica principal la presencia de enlaces dobles carbono. Entre otras se destacan el ácido ascórbico, ascorbato de sodio, polímeros de isopreno y de butadieno. Para que este tipo de compuestos pueda cumplir su objetivo, se necesita un catalizador que es siempre un metal de transición (generalmente cobalto).

Absorbentes de humedad. Este tipo de tecnologías se describe por las palabras que se encuentran en la esquina inferior del cuadrante izquierdo (ver Figura 6), como encarrilador, desecante y absorbente de humedad (*entrained, desiccant, moisture absorbing*); también hay otras palabras relacionadas que no aparecen cerca de las anteriores, como polímeros modificados y canales (*modified polymers* y *channels*). El fin de esta innovación es obtener artículos de polímero que sean capaces de impedir que a través de ellos atravesara el vapor de agua. La forma de lograrlo es que mientras el polímero no esté sólido, moléculas como el polietilenglicol (llamadas agentes canalizantes) hacen que dentro de este se generen canales, en los cuales después se dispersan y pegan agentes que absorben agua (como sílica gel micropulverizada o tamices moleculares). Los canales generan caminos a través de los cuales el vapor de agua se difunde por la matriz polimérica hasta que es capturada por un agente desecante.

Identificación por radiofrecuencia. Una palabra que en el mapa aparece cerca a las de diseño, es RFDI (*Radio Frequency Identification*) y caracteriza toda una nueva forma de ver los empaques. La idea de esta tecnología es poder insertar chips dentro de los empaques (dentro de la matriz polimérica, mediante una etiqueta, etc.) para que actúen como identificadores de cada uno de ellos. Es similar al código de barras tradicional, ya que si los empaques pudieran tener cada uno un chip, se les podría hacer seguimiento a los embarques que los transportan y programarlos de forma que tuvieran toda la información del producto, entre una gran gama de aplicaciones. En las patentes, lo que queda claro es que cada vez se investiga más para hacer que los chips sean más funcionales y baratos (se han diseñado pequeños circuitos con tinta semiconductor), y que además por ahora sólo se están patentando como un medio para identificar los empaques y tener sus características disponibles, pero se espera que muy pronto sirvan como indicadores de las condiciones de los productos a los cuales van adheridos (pH, temperatura, contenido de O_2 , etc.).

C. Análisis de las temáticas líderes en el sector estudiado. A partir de un conteo de las clasificaciones internacionales de patentes (códigos que se usan para identificar la temática de cada patente) más frecuentes en los documentos analizados, se puede generar la siguiente figura.

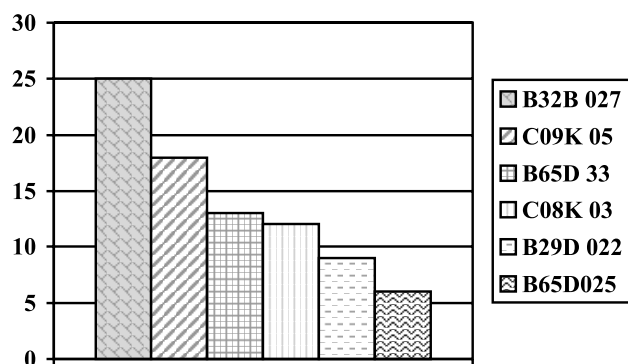


Figura 7. Número de patentes vs Clasificaciones Internacionales

Verificando los códigos de la Figura 7 con la clasificación internacional de patentes se identifican las siguientes temáticas como las más usadas para proteger el conocimiento en el sector de empaques plásticos: productos planos o no planos en capas, esencialmente comprenden resinas sintéticas (B32B 027), materiales para aplicaciones varias (composiciones antioxidantes o inhibidoras de cambio químico) (C09K 05), detalles o accesorios para sacos o bolsas (B65D 33), compuestos orgánicos macromoleculares (usos como componentes de una mezcla, compuestos inorgánicos) (C08K 03) y detalles de otro tipo de contenedores rígidos o semirrígidos (B65D 025).

D. Análisis de los mayores patentadores. Al identificar las empresas que más patentan, se puede saber cuáles son las más dinámicas en generación de conocimiento y por ende las más interesantes para lograr contactos con miras a establecer convenios o licenciar tecnologías (Figura 8).

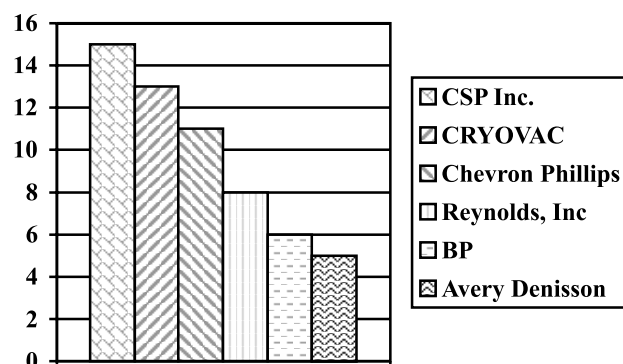


Figura 8. Empresas que más patentan en el sector de EPF.

Basados en la información de las patentes de las empresas más relevantes en desarrollo tecnológico e innovación, se obtiene un perfil aproximado de los nichos tecnológicos que cada una de ellas está investigando, así:

CSP Inc.: posee 15 patentes, todas en el campo de absorción de humedad (vapor) y de agua. Es la única que tiene documentos registrados sobre estas tecnologías, por lo que es una innovadora neta. Aunque la mayoría de las patentes están relacionadas con absorción de vapor de agua, las 2 más recientes se refieren específicamente a la absorción de agua líquida.

CRYOVAC Inc.: posee 13 patentes, 11 de las cuales hacen referencia a agotadores de oxígeno. Las otras dos son recientes y versan sobre modificaciones superficiales de polímeros para darles propiedades de buena adsorción de tintas, lo que indica que esta firma está abriendo nuevas líneas de investigación. Es una de las empresas que más patenta sobre agotadores, y de las que más temas abarca en este campo (desde los simples agotadores hasta la activación con radiación, pasando por el uso de zeolitas en estas formulaciones).

CHEVRON PHILLIPS: con 11 patentes, todas sobre agotadores de oxígeno, es otra de las empresas más dinámicas en este sector de la investigación, y a diferencia de Cryovac, no trabaja con zeolitas (sí con el resto), pero ha patentado sobre empaques de cartón con propiedades de agotador.

REYNOLDS Inc.: posee 8 patentes, todas sobre empaques resellables que usan sistemas de cierre tipo cremallera. También ha patentado sobre el uso de elementos deslizadores para facilitar la apertura y sellado de bolsas. Por el perfil que posee, esta empresa tiene su fortaleza en el diseño de empaques.

BP Corp.: con 6 patentes sobre agotadores de oxígeno, es la compañía que más patenta en el uso de dienos como materia prima de los agotadores.

AVERY DENNISON Corp.: esta empresa cuenta con 5 patentes, de las cuales 4 son sobre sellos adhesivos y 1 sobre impresión.

Aportes de la vigilancia tecnológica al diseño de estrategias para el desarrollo tecnológico en el SEPF

En el sector de empaques plásticos flexibles se identificaron diferentes tecnologías en desarrollo, que probablemente tendrán gran influencia en los sistemas productivos en un futuro cercano (de 5 a 10 años). En el entorno colombiano se debe dar mayor importancia a las tecnologías de nanocomponentes y las concernientes a agotadores de oxígeno, porque sus objetivos se adecúan más al mercado de los productos generados por el SEPF del país. Al contrastar estos resultados con el informe sectorial liderado por Acoplásticos (2003), se pueden deducir dos importantes particularidades de la vigilancia. La primera consiste en que la aplicación de la vigilancia tiene ventajas sobre los informes de estado del arte, ya que la información obtenida es más profunda; además, al profundizar en cada tecnología en particular, se tienen criterios para priorizar un tipo de desarrollo tecnológico sobre otro. La segunda particularidad enfatiza en la necesidad de generar estrategias que permitan integrar las nuevas tecnologías a los procesos de producción de las empresas del SEPF colombianas, para lo cual se proponen como ejemplo las siguientes:

- Generar procesos de transferencia de tecnología (mediadas por licenciamiento de patentes) con las empresas que han desarrollado los procesos en cuestión.
- Empezar procesos de ingeniería inversa y concurrente, los cuales deben estar basados en estudios de mapeo de patentes y tecnológicos más detallados, aplicados conjuntamente entre las empresas del sector, los centros de desarrollo tecnológico involucrados y las universidades.
- Capacitar a los investigadores de las entidades mencionadas sobre los conceptos, métodos y herramientas relacionados con las dos tecnologías destacadas, así como con la vigilancia tecnológica, para que estén en capacidad de asimilar este tipo de procesos y los implementen de manera adecuada en sus organizaciones.
- Generar convenios de cooperación entre las empresas líderes a nivel mundial en el desarrollo de conocimiento y tecnologías en el sector de empaques plásticos flexibles y las entidades nacionales, con el fin de aprovechar las ventajas comparativas de cada una de ellas, su conocimiento y experiencia.

Conclusiones

La realización del presente artículo partió del reconocimiento de que para el fortalecimiento de los procesos de innovación y desarrollo tecnológico, la ingeniería requiere de nuevas metodologías y herramientas que agreguen valor a partir de los enormes volúmenes de información a las cuales hoy se tiene acceso, entendiendo a su vez que los mecanismos de ingeniería secuencial estructurados en estados del arte, son insuficientes e ineficientes como métodos únicos para el desarrollo tecnológico del siglo XXI. Como se pudo evidenciar, conceptualmente la vigilancia de la tecnología no es nueva y está implícita en el desarrollo de procesos productivos. Los estudios de vigilancia añaden un mayor valor que los estados del arte que se realizan comúnmente, ya que son capaces de identificar empresas y tecnologías a partir de métodos estadísticos, lo que brinda mayores elementos para orientar decisiones estratégicas. Sin embargo, se debe aclarar que vigilar es una postura metodológica, no excluyente de otras fuentes de innovación, y que a su vez puede retomar una o varias herramientas en el manejo de la información para generar impactos en un área determinada.

En esta metodología se hizo particular énfasis en la planeación del ejercicio, la manipulación adecuada de la información para generar conocimiento, la participación de expertos y la definición de estrategias para el sector. En este ciclo planteado de actividades se subrayó que, si bien el *software* es una herramienta clave en el proceso de vigilar, es tan sólo un componente, y su selección y aplicación depende del sistema estudiado y de los objetivos de la vigilancia.

Particularmente, al SEPF se le dieron elementos para definir las tecnologías de mayor prioridad, además de identificar las empresas con las cuales es recomendable establecer contactos y generar relaciones que conlleven a un mayor conocimiento y manejo de los procesos que impactarán próximamente nuestro mercado.

Finalmente, la vigilancia tecnológica en economías como la colombiana, donde el presupuesto para la investigación y el desarrollo es precario, permite que la ejecución de este se lleve a cabo de una manera más eficiente. En tal sentido, la implementación de estudios de vigilancia en otros sectores es una oportunidad para generar estrategias fundamentadas que lleven a las industrias a enfrentar con éxito los retos que se avecinan (como el TLC); sin embargo, es recomendable que los estudios se fortalezcan con otros componentes como la referenciación competitiva y ejercicios prospectivos, los cuales, en conjunto, aportarán elementos de juicio robustos para orientar las actividades de los sectores. También, es recomendable que los grupos de investigación identifiquen como prioridad realizar vigilancia tecnológica sobre el sector en el que estén trabajando, ya que esto evitará que se aborden temas que ya han sido estudiados o que están lo suficientemente maduros para hacer aportes novedosos. La vigilancia sirve como un faro para orientar las temáticas de investigación a abordar, por lo cual debe realizarse de forma dinámica y continua en estos escenarios.

Bibliografía

Acoplásticos, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Capacitación e Investigación del Plástico y el Caucho - Icipc, Centro de Investigación de Polímeros Plásticos - Cipp (Universidad de los Andes), *Estudio prospectivo de los empaques plásticos flexibles y semirrígidos en Colombia*, Acoplásticos e Icipc, Bogotá, 2003.

Castellanos, O.; Gaitán, N., *Inteligencia tecnológica sectorial como el resultado de la integración de herramientas de gestión. Caso: Prospectiva tecnológica del sector de empaques plásticos flexibles y semirrígidos en Colombia*, Memorias de XXIII simposio de gestión de la Innovación tecnológica, Curitiba, Brasil, 2004.

Castellanos, O.; Martínez, L.; Salazar, G., *El mapeo tecnológico de patentes como instrumento eficaz en el desarrollo tecnológico integral, caso de aplicación grupo de Enzimas: Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Nacional*, Memorias del XXI Congreso nacional de Ingeniería Química, Bogotá, Colombia, 2003.

Castellanos, O.; Guevara, L., *Estudio de la incidencia de la tecnología blanda y la tecnología dura en empresas con procesos biotecnológicos – Biopesticidas y bebidas alcohólicas*, en: *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, INNOVAR No. 20, 2002.

Castellanos, O.; Torres, L.M.; Rosero, J., *Modelo estructurado de inteligencia tecnológica para la generación de conocimiento y el direccionamiento estratégico del sector productivo*, en Memorias del IX Congreso Anual de la Academia de Ciencias Administrativas, Mérida, México, 2005.

Chaparro, F., *Manual propiedad intelectual productos derivados de la actividad académica en universidades y centros de investigación*, Bogotá, D'vinni Editorial, 1997.

Cox, T.; Cox, M., *Multidimensional Scaling*, Boca Ratón, Florida, Ed. Chapman & Hall, 2001.

Cotec, Fundación, *Minería de datos. Serie: Documentos sobre oportunidades tecnológicas*, Editorial Gráficas Arias Montano S.A., Madrid, 2004.

David, P.; Foray, D., "Una Introducción a la economía y a la sociedad del saber", en: *Revista Internacional de Ciencias Sociales*, No. 171, marzo, 2002.

Escorsa, P.; Maspons, R., *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*, Ed. Financial Times - Prentice Hall (Grupo Pearson), Madrid, 2001.

Freeman, C., "La Economía del cambio tecnológico" *En: La economía de la innovación*, Disponible en: www.cotec.es Título original: *The economics of technical change*, publicado en Archibugi, D. y J. Michie (eds.), *Trade, Growth and Technical Change*, Cambridge University Press, 1998.

Guzmán, M., "Patentometría: herramienta para el análisis de oportunidades tecnológicas", tesis (Gerente de información), Universidad de La Habana, Facultad de Economía, La Habana, 1999, pp. 23-26.

Noriega, M.; Medina, J.; Valencia, J.; Delgado, E., *Factores claves del desarrollo tecnológico en el sector de empaques*. Proyecto de investigación: Estudio prospectivo de los empaques plásticos flexibles y semirrígidos en Colombia, Bogotá, Ed. Acoplásticos e Icipc, 2003.

Ponjuán, G., *Gestión de información en las organizaciones: principios, conceptos y aplicaciones*, Impresos Universitarios, Chile, 1998.

Paplop, F., y Vicente, J., *Vigilancia tecnológica e inteligencia empresarial. Su potencial para la empresa española*, disponible en línea: www.cotec.es 1999.

Pelc, F., "Mapa del conocimiento: una herramienta para la gestión tecnológica", en: *Manual de gestión tecnológica*, Cap. 13, Ed. Mc Graw-Hill, Madrid, 2000.

Rodríguez, M., "La inteligencia tecnológica: Elaboración de mapas tecnológicos para la identificación de líneas recientes de investigación en materiales avanzados y sinterización" disertación doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña, España, 1999.

Saavedra, O., *Los servicios de información electrónica y de Inteligencia competitiva para el sector empresarial*, Memorias: IntEmpres' 2000, La Habana, noviembre 16 a 18.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA - ÁREA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El programa de doctorado está dirigido a profesionales de Ingeniería Química y afines que preferiblemente hayan sido egresados de un programa de maestría en ingeniería que posean una sólida formación en el área y con una experiencia investigativa que les permita realizar satisfactoriamente el trabajo de tesis. Los objetivos principales del programa son:

- Formar investigadores en ingeniería. Esto se logra fundamentalmente a través de la inserción de los candidatos en el grupo de investigación y mediante la realización de un trabajo de tesis individual que represente un aporte científico o tecnológico original.
- Fortalecer las áreas de investigación que sirven de base al programa.
- Capacitar profesores universitarios que incrementen y mejoren el trabajo docente e investigativo en el área, en todo el país.
- Permitir y fomentar la interacción entre la universidad y entidades públicas y privadas para el desarrollo de estudios e investigaciones y para el intercambio de experiencias en el campo de la ingeniería.
- Inducir la creación de una base científica nacional que sirva de apoyo y de plataforma de lanzamiento para grandes proyectos de desarrollo nacional, así como para el mejoramiento de la calidad de la enseñanza en otras universidades; y que también impulse la creación de otros programas de posgrado en otras áreas.

Mayores informes: Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

Teléfono: (57 1) 3165000 Ext. 14120-14041-14068.

Página web: www.ing.unal.edu.co/posgrados/principal