

Tendencias investigativas de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos*

Katia Cecilia Méndez Naranjo**, María Lorena Caicedo Palacios***,
Sandra María Bedoya Correa****, Andrés Ríos Mesa*****,
Robín Zuluaga Gallego*****, Diana Patricia Giraldo Ramírez*****

Resumen

Introducción. Las tendencias muestran que son especialmente los países industrializados los que han destinado mayor esfuerzo en el fomento de la nanotecnología, en la I+D y las patentes concedidas. Sin embargo, para países caracterizados por su rezago tecnológico como Colombia, esta puede representar una oportunidad para incorporarse a esta revolución tecnológica, para mejorar el crecimiento económico y el desarrollo tecnológico en la industria alimentaria. **Objetivo.** Este artículo busca identificar las áreas potenciales de investigación en nanotecnología para empaques y envases para alimentos utilizando Vigilancia Tecnológica (VT). **Materiales y métodos.** Se utilizó la VT para la identificación de las áreas de investigación mediante la construcción de ecuaciones de búsqueda estructuradas, con las cuales se realizó una consulta en bases de datos científicas como *Scopus* y de patentes. El análisis de los datos se hizo con *Vantage Point* y para patentes se efectuó una búsqueda en *MatheoPatent*. **Resultados.** En el contexto colombiano se identificaron las aplicaciones en nanotecnología para empaques y envases para alimentos, junto con los grupos de investigación e investigadores líderes. Para el contexto mundial se muestran las instituciones y autores representativos en el tema. **Conclusiones.** Se presentan las tendencias a escala mundial como también las investigaciones realizadas en el contexto colombiano. Entre las tecnologías con mayor

tendencia se encontraron los sensores, nanocompuestos, empaques e inocuidad.

Palabras clave: nanotecnología, agroindustria, empaques y envases para alimentos, nanocompuestos, tendencias.

Research trends in nanotechnology for food packaging and containers

Abstract

Introduction. The trends demonstrate that industrialized countries have been the ones that have dedicated a bigger effort to boost nanotechnology, according to R+D reports and to the patents granted. Nonetheless, countries with outdated technology, such as Colombia, have an opportunity to be a part of this technological revolution in order to increase the economic growth of its food industries. **Objective.** This article aims to identify the potential research areas in nanotechnology for food packaging and containers, by the use of technological surveillance (TS). **Materials and methods.** TS was used to identify the research areas by constructing structured research equations, used to consult in scientific databases such as *Scopus*, and in databases of patents. The data analysis was performed by the use of *Vantage Point* and patents were searched in *MatheoPatent*. **Results.** In the Colombian context nanotechnology

* Artículo derivado del proyecto de investigación "Definición de áreas potenciales de investigación en nanotecnología para el sector agroindustrial colombiano empleando vigilancia tecnológica". Trabajo de investigación realizado entre febrero de 2011 y mayo de 2012, y financiado por el CIDI de la Universidad Pontificia Bolivariana.

** Ingeniera Electrónica. Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica. Profesional de transferencia programa Vigila de la Universidad Pontificia Bolivariana.

*** Ingeniera de Sistemas. Especialista en Gestión de la Innovación Tecnológica. Instructora SENA, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

**** Ingeniera de Sistemas. Magister en Gestión Tecnológica. Líder programa Vigila de la Universidad Pontificia Bolivariana.

***** Ingeniero Agroindustrial. Docente investigador.

***** Ingeniero Agroindustrial. Doctor en Ingeniería. Docente investigador.

***** Ingeniera Agroindustrial. Doctora en Ingeniería. Docente investigadora.

gy applications for packaging and containers were identified, along with the research groups working on them, and their leaders. For the global context, representative institutions and authors are showed. **Conclusions.** Global trends are introduced, and also are the research initiatives in Colombia. Among the technologies, the most recurrent research works are about sensors, nanocomposites, packaging and safety.

Key words: nanotechnology, agribusiness, food packaging and containers, nanocomposites trends.

Tendências investigativas da nanotecnologia em empacotamentos e vasilhames para alimentos

Resumo

Introdução. As tendências mostram que são especialmente os países industrializados os que destinaram maior esforço no fomento da nanotecnologia, na I+D e as patentes concedidas. No entanto, para países caracterizados por seu atraso tecnológico como Colômbia, esta pode representar uma oportunidade para incorporar-se a esta revolução tecnológica, para melhorar o crescimento econômico e o

desenvolvimento tecnológico na indústria alimentaria. **Objetivo.** Este artigo procura identificar as áreas potenciais de investigação em nanotecnologia para empacotamentos e vasilhames para alimentos utilizando Vigilância Tecnológica (VT). **Materiais e métodos.** Utilizou-se a VT para a identificação das áreas de investigação mediante a construção de equações de busca estruturadas, com as quais se realizou uma consulta em bases de dados científicas como Scopus e de patentes. A análise dos dados se fez com Vantage Point e para patentes se efetuou uma busca em *MatheoPatent*. **Resultados.** No contexto colombiano se identificaram as aplicações em nanotecnologia para empacotamentos e vasilhames para alimentos, junto com os grupos de investigação e investigadores líderes. Para o contexto mundial se mostram as instituições e autores representativos no tema. **Conclusões.** Apresentam-se as tendências a escala mundial como também as investigações realizadas no contexto colombiano. Entre as tecnologias com maior tendência se encontraram os sensores, nanocompostos, empacotamentos e inocuidade.

Palavras importantes: nanotecnologia, agroindústria, empacotamentos e vasilhames para alimentos, nanocompostos, tendências.

Introducción

El crecimiento económico, el desarrollo humano y el bienestar social se apoyan en la capacidad de las naciones para generar, usar y adaptar el conocimiento (Departamento Nacional de Planeación-DNP, 2007). La dinámica económica en los países más avanzados revela que cada día son más las actividades basadas en conocimiento las que contribuyen al fortalecimiento del Producto Interno Bruto (PIB), lo que ha permitido que este pase de un lugar secundario en la sociedad a posicionarse como el factor de producción más relevante y como eje de desarrollo, hasta el punto de consolidar una nueva forma de actividad social y económica.

En las últimas décadas, un área del conocimiento en donde la comunidad científica ha tornado su atención en el campo de la I+D ha sido el desarrollo de las nanociencias y las nanotecnologías (N+N). Gracias a estos desarrollos, se han generado avances en una amplia gama de sectores, progresos que pueden responder

a las necesidades de las personas y contribuir a los objetivos de competitividad y desarrollo sostenible de las naciones y de muchas de sus políticas, como la salud pública, el empleo, la sociedad de la información, la energía, los transportes, entre otros.

Los avances en el estudio científico de la materia a escala atómica podrán tener implicaciones sociales tan profundas como las ocasionadas en el período de la Revolución Industrial. Diversos estudios de prospectiva y vigilancia tecnológica (VT) (Hullman, 2008) coinciden en señalar que este conocimiento podría cambiar desde el balance geopolítico mundial hasta nuestra forma de pensar y actuar. De igual forma, un reporte del ETC Group (2004), grupo que se encarga de vigilar al poder, monitorear la tecnología y fortalecer la diversidad, indica que para el 2015 los países que tengan nuevos desarrollos asociados a la nanotecnología controlarán la economía en el mundo.

En el campo de la agroindustria, los principales desarrollos de la nanotecnología han gira-

do en torno a los empaques y envases para alimentos. Las aplicaciones son diversas, y van desde el diseño hasta el desarrollo de aditivos “a la medida” del consumidor. Particularmente en empaques, se incluyen los nanomateriales inteligentes, que informan o alertan al consumidor sobre una probable contaminación del producto y/o de la presencia de agentes patógenos.

Con este trabajo se pretende aportar en la definición de apuestas investigativas y desarrollos en el campo de los alimentos. Adicionalmente contribuye a la identificación de capacidades del sistema de Ciencia y Tecnología de Colombia.

Materiales y métodos

La metodología adoptada para el desarrollo de esta investigación involucró la utilización de herramientas y métodos que hacen parte de la VT, la cual se define como una herramienta que brinda la posibilidad de observar, captar, analizar y comunicar información, mediante esfuerzos sistemáticos y organizados sobre los hechos del entorno, relevantes para la toma de decisiones (Escorsa & Maspons, 2001). La VT debe alertar sobre cualquier innovación científica o técnica susceptible de crear oportunidades o amenazas. La figura 1 describe la metodología aplicada durante el desarrollo de este trabajo.

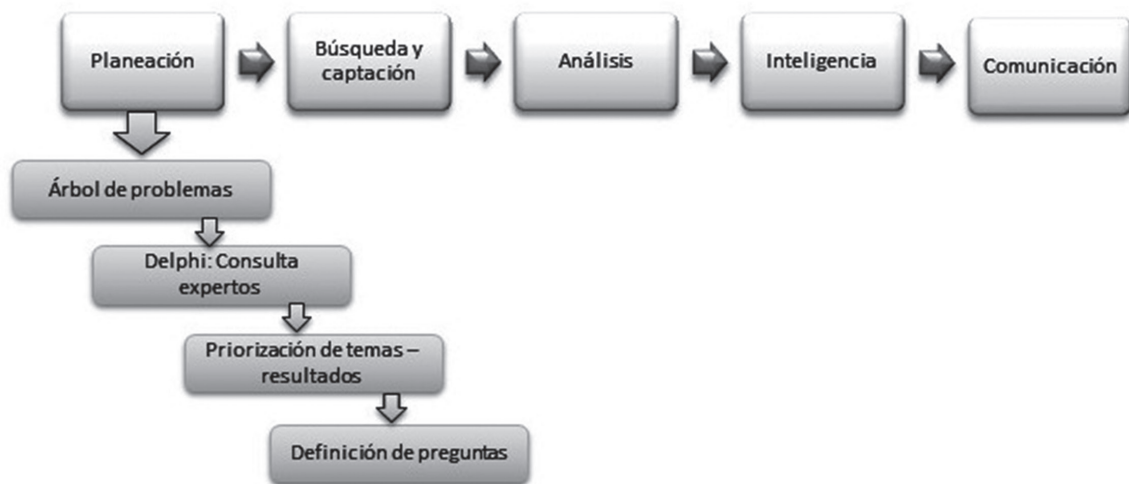


Figura 1. Metodología utilizada en el proceso investigativo

Las fases presentadas en la figura anterior involucran aspectos propios de la VT y de la prospectiva tecnológica. Estas tienen como fin último garantizar que mediante un procedimiento sistemático de captura, análisis y explotación de información puedan ser tomadas decisiones estratégicas. La fase de planeación, por su parte, fue desarrollada mediante el diseño de un árbol de problemas, la aplicación de dos rondas Delphi (consulta a expertos); posteriormente se realizó una priorización de resultados, y finalmente se definieron las preguntas KIQ (*Knowledge Intelligence Questions*). Lo anterior se describe de la siguiente manera:

- **Árbol del problema**

Es un método que facilita el análisis y la comprensión de los problemas y la formulación de la problemática a resolver. Este método comprende una descripción general del objeto y una exploración desagregada de los componentes y elementos, vigilando principalmente las interdependencias entre ellos. El objetivo de este procedimiento es determinar los aspectos del problema y cómo pueden ser intervenidos con resultados favorables (Escorsa & Maspons, 2001).

- **Delphi – Consulta a expertos**

Es un método que consiste en selecciones repetidas de preguntas y respuestas expresadas

por parte de los mismos participantes, con el propósito de generar una mayor confianza de los juicios evaluativos sin influencia de actores con gran capacidad de persuasión a fin de obtener información u opiniones sobre deseabilidad de desarrollos específicos. Esta práctica se realiza con un tiempo limitado, y permite re-orientar opiniones para las decisiones iniciales, de modo que los participantes pueden evaluar la posición en el caso de presentarse puntos de vista diversos (Valdez, 2005). Esta herramienta se utilizó en el proyecto con la finalidad de priorizar las temáticas clave de nanotecnología aplicada a empaques y envases de alimentos; se enviaron las encuestas a un grupo de profesionales considerados expertos en el tema, se aplicaron dos rondas Delphi, de los cuales se obtuvieron los temas más relevantes a los cuales se les aplicó todo el proceso de vigilancia tecnológica.

- Priorización de temas y principales resultados de la microcultura

Se realizó una búsqueda inicial (microcultura) en la cual se lograron identificar los temas que actualmente están siendo objeto de desarrollo y estudio en el campo de la nanotecnología para los alimentos. Lo anterior mediante una revisión bibliográfica en las bases de datos científicas.

- Definición de preguntas (KIQs)

En esta etapa fueron definidas las preguntas clave a ser resueltas mediante el ejercicio de la VT como: ¿Qué instituciones y autores son pioneros en el tema de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos? ¿Qué tecnologías y/o desarrollos existen actualmente? ¿Cuáles aplicaciones en nanotecnología para empaques y envases para alimentos se tienen en la industria colombiana? ¿Qué grupos de investigación e investigadores, y qué temas son abanderados en la nanotecnología para envases, y envases para alimentos en Colombia?

Resultados

Los principales desarrollos de la nanotecnología en torno a los empaques y envases para alimentos son diversos, y van desde el diseño hasta el desarrollo de aditivos “a la medida” del

consumidor. Particularmente en empaques y envases se incluyen los nanomateriales inteligentes, que informan o alertan al consumidor sobre una probable contaminación del producto y/o de la presencia de agentes patógenos. Los principales temas en los cuales la comunidad científica internacional se encuentra realizando actividades de I+D son: sensores, nanocompuestos, empaques e inocuidad. En la tabla 1 se presentan los principales subtemas identificados mediante el análisis de palabras clave y su coocurrencia observada en un listado arrojado por el *software vantage point*, lo cual llevó a la determinación de estas temáticas clave.

Dinámica de la actividad científica

En esta sección se presentan los resultados de la dinámica de las publicaciones científicas desde el año 2000 hasta el 2011 con respecto a tiempo, países, instituciones, autores, y las redes de trabajo colaborativo. El análisis de la información se llevó a cabo mediante búsquedas estructuradas en la base de datos *Scopus*. La actividad científica en torno a los desarrollos y/o aplicaciones de nanotecnología en los empaques y envases para alimentos comienza a tener una mayor visibilidad a partir del año 2006; el 2010 es el año con mayor cantidad de publicaciones registradas. En la tabla 2 se presenta un sumario de los principales temas trabajados desde el 2008 hasta el 2011.

El país con mayores publicaciones en el tema es Estados Unidos, seguido por China y España. Lo anterior se correlaciona con las inversiones que realizan dichos países en actividades de ciencia y tecnología. El autor que registra mayores publicaciones es Lagaron, J., en temáticas como nanobiocompuestos, empaque antimicrobial, empaques bioplásticos, incremento de propiedades de barrera, biopolímeros biodegradables, termoplásticos, biocatalizadores para biopolímeros, y empaques bioactivos. Gavara, R., por su parte, se especializa también en el estudio de las propiedades de barrera de los nanobiocompuestos para empaques de alimentos. Giménez, E. trabaja en temas como mejoramiento de las propiedades de los nanocompuestos para empaques y envases.

Tabla 1. Temas y subtemas en empaques y envases para alimentos con aplicaciones en nanotecnología

Sensores	Nanocompuestos	Empaques	Inocuidad
Biosensores	Biopolímeros	Empaques antimicrobiales	Seguridad alimentaria
Nanosensores	Nano partículas de plata	Empaques activos	Calidad y seguridad de alimentos
Sensores bacteriales	Nano partículas de oro	Películas para empaques	Seguridad microbial
Sensores con nano compuestos de oro	Nanofibras	Empaques flexibles	Regulación y seguridad de nano productos
Nanobiosensores	Nanocompuestos antimicrobiales	Empaques inteligentes para alimentos	
	Nanocompuestos biodegradables	nano empaques	
	Nanocelulosa, nano cristales, nano emulsión	Empaques con materiales biodegradables	
	Nano partículas poliméricas	Empaques antibacteriales para alimentos	
	Nano partículas de óxido de zinc	Empaques con Nano ZnO	
	Películas de nano compuestos comestibles	Empaques con nano partículas de plata	

Tabla 2. Principales temas trabajados desde el año 2008 al año 2011

2008	2009	2010	2011
Aplicaciones para empaques en alimentos. Nanocompuestos de alimentos. Incorporación de flavonoides naturales Nanocompuestos biodegradables. Nanocristales de celulosa. Nanocompuestos multicapas. Propiedades de barrera. Empaques activos. Nanopartículas de oro.	Sensores para detección de patógenos. Materiales nanoestructurados Nanocompuestos para empaques y envases. Actividad antimicrobial Nanocompuestos poliméricos.	Empaques activos para alimentos Nanobiocompuestos Recubrimiento de nanocompuestos biohidricos.	Inocuidad Actividad antimicrobial Nanomateriales para alimentos Películas para empaques activos Nanocompuestos biopoliméricos

En cuanto a las instituciones líderes en el tema de la nanotecnología con aplicaciones a los empaques y envases para alimentos se destacan: IATA (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos), Universidad del Estado de Michigan y Universidad de Jaume, según se observa en la tabla 3.

El Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos IATA se ha especializado en temas como propiedades de barrera, aplicaciones de empaques y envases para alimentos, especialmente en empaques activos para alimentos utilizando nanopartículas de plata. La Universidad de Michigan se ha especializado en el uso de nanobiosensores para empaques inteligentes

de alimentos, y cuenta con especialidades en ingeniería biomédica, ciencias de materiales e ingeniería, la escuela de empaques y embalaje, así como un doctorado en nanobiología. Finalmente, la Universidad de Jaume se especializa en el mejoramiento de las propiedades de los empaques activos para alimentos utilizando nanocompuestos.

La institución que más publicaciones presenta en la temática es la IATA. Este es un instituto español dedicado a la investigación en

temas alimentarios. Se puede considerar que es líder en el mundo, debido a que en España esta industria es considerada el primer sector industrial del país que contribuye al 8% del PIB español y según el informe sobre la situación de la industria de alimentos en España genera más de 400 000 empleos directos (AXA Empresa, 2010). Debido a la importancia del sector, el Gobierno invierte gran cantidad de presupuesto en actividades de I+D (Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas, 2012).

Tabla 3. Temas trabajados y número de publicaciones por instituciones

Institución	País	Tema	Número de publicaciones
IATA (Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos)	España	Propiedades de barrera Aplicaciones en empaques para alimentos Termoplásticos biodegradables Nanobiocompuestos Empaques activos para alimentos	25
Universidad del Estado de Michigan	Estados Unidos	Actividad antimicrobial Propiedades de barrera Biosensores Películas de nanocompuestos basados en quitosano Empaques inteligentes	10
Universidad de Jaume	España	Nanocompuestos biodegradables Nanocompuestos de biopolíester Mejoramiento de los empaques para alimentos Nanobiocompuestos	8

Redes de trabajo colaborativo

Las relaciones de red a las que se refiere este texto dan una señal sobre cuáles pueden ser las instituciones, autores y países con fortaleza científica en los temas revisados en este estudio, y que tienen una apertura significativa hacia el trabajo con otros. Teniendo en cuenta lo anterior, las instituciones, los autores y países que fueron identificados en este aparte del ejercicio pueden constituir:

- Aliados potenciales, pues su disposición y experiencia trabajando con otros puede ser interpretada a priori como una predisposición favorable a realizar trabajo colaborativo en el tema.
- Referentes, pues su elevada producción puede significar un alto dominio del conocimiento en este núcleo temático, a la vez que su participación intensa en redes les

permite acceder a fuentes de conocimiento de sus pares académicos y científicos.

La figura 2 muestra las relaciones en el campo científico de las instituciones en el tema.

Del trabajo colaborativo, se destaca la Universidad de Massachusetts, líder en el tema de empaques y envases para alimentos en Estados Unidos, debido a su experiencia en el campo de la nanotecnología y ciencias de los alimentos. Cuenta, además, con un centro de nanotecnología en Nowell, el cual posee altas inversiones, propiciando su liderazgo en el tema. De igual forma, existen otras instituciones que trabajan de forma individual como la Universidad de Texas, Universidad de Jiangnan, la Universidad de Victoria, INRA, ETH Zurich, y el laboratorio de Beijing.

Se encontró que los autores que trabajan principalmente en colaboración son: Sánchez-

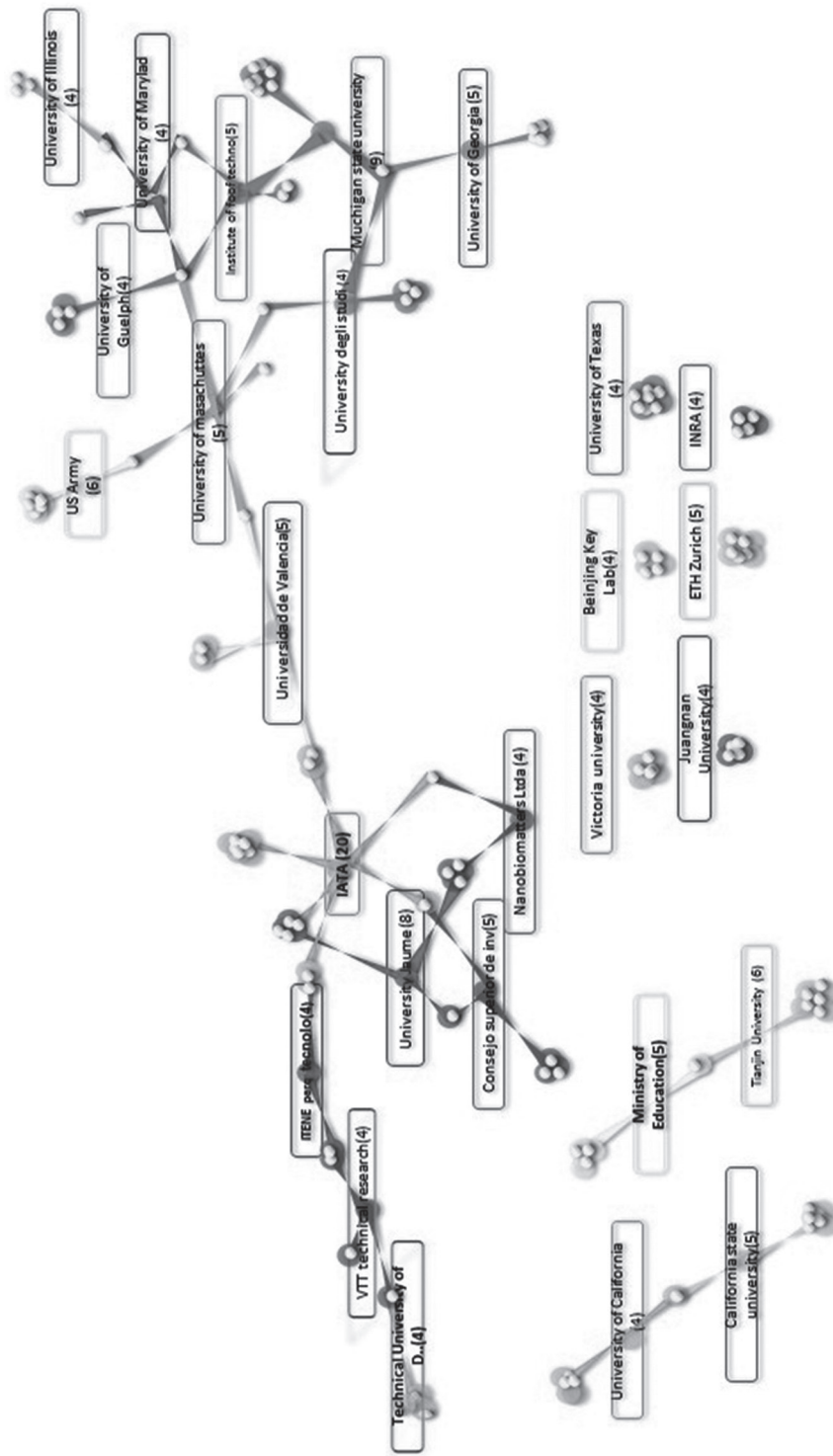


Figura 2. Trabajo colaborativo entre instituciones

Fuente: elaboración propia

García, y Lagaron. Los temas tratados por esta red son los siguientes: empaques bioactivos, propiedades de barrera, nanocompuestos antimicrobiales y nanobiocompuestos para empaques y envases. Existe, además, otra red de trabajo colaborativo conformado por Froio D., Licciarini J. y Ratto J. A., la cual trabaja principalmente en temas como nano compuestos de nailon, nano arcillas de nailon, nano compuestos de polipropileno, nano compuestos de etileno para empaques y envases de alimentos.

De igual manera, al analizar los países, se observa que Estados Unidos es el país líder en el tema y hace trabajos conjuntos con distintos instituciones alrededor del mundo. Es importante destacar que los países del Sur de América han establecido relaciones con España, debido a la afinidad lingüística y fácil acceso de los investigadores latinos a las universidades españolas. Se observa que Taiwán e Israel están realizando investigaciones en el tema, pero de forma aislada. Lo anterior se podría relacionar con que sus intereses investigativos no están alineados con los demás países, o porque no han podido establecer vínculos sólidos con otras universidades en el mundo.

Dinámica de patentes

Para efectuar el análisis de las patentes existentes en la temática, se utilizó el software *MatheoPatent*, el cual provee información sobre patentes de las bases de datos *Espa@ce-net* y *UPSTO*, permitiendo el acceso a los datos de las patentes; con este software se pueden realizar análisis automático, presentación gráfica y vigilancia automática de patentes, y brinda herramientas avanzadas como puntuación, minería de texto, texto completo, informes y búsqueda avanzada. Para el análisis de la dinámica en cuanto a patentes se ha tenido en cuenta: el número de patentes por año, las patentes por instituciones y los códigos IPC (Clasificación Internacional de Patentes).

Al observar los datos históricos de las búsquedas

realizadas, se resalta que la mayor cantidad de patentes producidas se han dado en el año 2009. Las temáticas de dichas patentes están relacionadas con los temas:

- Empaques activos para alimentos.
- Nanopelículas delgadas.
- Nanopartículas de plata para preservación de alimentos congelados y secos.
- Membranas con nanocompuestos de plata para empaques y envases.
- Método para preparar plásticos antibacteriales.
- Películas biodegradables.
- Métodos antibacteriales que contienen nano partículas de plata.
- Empaque antimicrobial con nanopartículas de plata
- Método para diseñar sustratos flexibles y películas para empaques y envases para alimentos usando vapor de agua y las propiedades de barrera del oxígeno.
- Empaques y envases con extractos naturales.

Se encontró que *Procter & Gamble* es la institución que tiene mayor número de patentes. Los trabajos se enmarcan dentro del tema de nanofluidos para limpiar superficies de empaques y envases contaminadas con aceites, nanopartículas para aplicación en keratina y nanopartículas para mejoramiento de propiedades de materiales.

Teniendo en cuenta los IPC¹, los principales temas que se han trabajado en las patentes para empaques y envases para alimentos se presentan en la tabla 4.

Contexto colombiano

Según Silva (2010), en Colombia existen 34 grupos de investigación inscritos en el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, de los cuales 12 grupos se enfocan en la realización de

1 **IPC:** Clasificación internacional de patentes. La Clasificación Internacional de Patentes (CIP), establecida por el Arreglo de Estrasburgo de 1971

investigaciones asociadas a la nanotecnología aplicada a los materiales". En estos campos existe una creciente productividad científica, ejemplificada por el número de artículos publicados en revistas indexadas. Sin embargo, aunque las investigaciones y aplicaciones de la nanotecnología en Colombia están recono-

cidas como prioritarias en los planes nacionales de investigación e innovación, en el sector agroindustrial colombiano, a diferencia del área de nuevos materiales, no se evidencian estudios sobre las investigaciones y aplicaciones en nanotecnología que desarrolla el sector, lo cual indica que es un campo inexplorado en el país.

Tabla 4. Códigos IPC de patentes en empaques y envases para alimentos

IPC	Descripción
C09D	Composición para envases, fluidos, pinturas.
B29C	Conformación o unión de materiales plásticos, conformación de sustancias con plástico.
C01B	Elementos no metálicos, fermentación o procesos usando enzimas para la preparación de elementos o componentes inorgánicos excepto dióxido de carbono.
C08K	Uso de sustancias inorgánicas u orgánicas no macromoleculares como ingredientes de composición
C08L	Composición de componentes macromoleculares (componentes basados en monómeros polimerizables)
H05B	Calefacción eléctrica, alumbrado eléctrico no previsto en otro lugar.
B29B	Preparación o pretratamiento de la materia.
C08F	Componentes macromoleculares obtenidos por reacciones que involucran el carbón o enlaces insaturados de carbón.
B32B	Producto en capas o productos hechos o de varias capas de forma plana o no plana.
C07B	Métodos generales de química orgánica.

En el campo de la propiedad intelectual, la *Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia*, entidad encargada de regular las patentes del país, no se encontró evidencia sobre patentes en el tema de empaques y envases para alimentos con componente nanotecnológico. Sin embargo, algunas patentes relacionadas con la temática se listan a continuación:

- Películas solubles en agua fría utilizables como empaques.
- Aparato y método para producir en empaque para alimentos y similares.
- Conjunto de empaques para galletas.
- Material de empaque para productos sensibles a la luz.

Discusión

Según los hallazgos del ejercicio de VT, las tendencias muestran que son especialmente los

países industrializados los que han destinado mayor esfuerzo en el fomento de la nanotecnología, en la I+D y las patentes concedidas, con ciertas diferencias de especialización tecnológica y en el que se destaca el liderazgo de Estados Unidos (Kostoff, Koytcheff & Lau, 2007). No obstante, para países caracterizados por su rezago tecnológico en comparación con los países industrializados, esta puede representar una importante oportunidad para incorporarse a esta nueva revolución tecnológica, que apunten a mejorar de manera sustantiva el crecimiento económico y el desarrollo social.

Con respecto al tema de empaques y envases para alimentos se observa un crecimiento en el número de publicaciones por año. Dicho fenómeno podría estar relacionado con el interés de la industria de embalajes por la utilización de películas comestibles biodegradables con el fin de impartir propiedades funcionales específicas a los productos alimentarios, y responder al interés de los consumidores en alimentos

saludables, de alta calidad, convenientes y seguros. Los desarrollos nanotecnológicos en esta materia se deben a sus bondades en el enriquecimiento de la actividad antimicrobial, como el desarrollo de materiales biodegradables y/o reciclables.

Los principales temas desarrollados y recurrentes son: aplicaciones para empaques y envases, empaques activos y el uso de nanocompuestos. Esta influencia se podría explicar debido a los cambios sustanciales en los materiales obtenidos mediante esta tecnología, lo que la ha llevado a una muy rápida aplicación industrial. Uno de sus principales usos, que presenta una alta inversión de capital por parte de los gobiernos, se da en la industria de embalajes para alimentos y productos farmacéuticos, debido, entre otros factores, a la posibilidad de utilizar nanosensores, que al ser combinados con el embalaje, permiten que este comunique al consumidor/productor, y en ocasiones controle, características del material embalado como: calidad microbiológica, condiciones de almacenamiento (humedad, temperatura, luz, entre otros.) tratamiento tiempo-temperatura, tiempo de exposición del producto, entre otras (Roco & Bainbridge, 2003). Además, desarrollos que permiten mejorar las características de barrera a la penetración de gases con la capacidad de indicar el estado de conservación (embalajes inteligentes).

Los principales países que investigan en estos temas son Estados Unidos, España y China; se consideran que son líderes en esta temática debido a sus altas inversiones estatales en I+D en el tema. Lo anterior, jalonado por el aporte en términos poblacionales y la demanda creciente de alimentos de estas naciones. Otras razones por las cuales Estados Unidos se considera líder en empaques y envases para alimentos podrían ser las siguientes:

- Posee alrededor de 2 millones de fincas agrícolas, lo que provee un flujo continuo de alimentos con bajos costos de producción, debido a las grandes economías de escala (Departamento de Estado de Estados Unidos -Oficina de Programas de Información Internacional, 2010).
- Se ha convertido en el líder mundial de la producción alimenticia. Desde el año 1997,

el maíz generó casi 20 mil millones de dólares en ventas; la soya, 16 mil millones; el ganado, 40 mil millones; y las aves caseras, 22 mil millones. Solo en el Estado de Iowa se hicieron más de 3 mil millones de dólares en ventas de maíz; 2.700 millones en soya y 3 mil millones en cerdos en ese año. Para el año 2001 el alimento y la fibra sumaban aproximadamente el 13 % del PDB (Producto Doméstico Bruto) de los Estados Unidos y 24 millones de norteamericanos estaban directamente empleados en la agricultura, es decir, el 2 % de la población. Al año 2008, Estados Unidos seguía siendo líder en la producción de alimentos y hoy día es líder mundial en la elaboración de alimentos transgénicos.

- El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) es la agencia líder en la protección de la agricultura del país y trabaja continuamente en esta labor a través de la supervisión de los animales, la operación de estaciones de cuarentena y la implementación de planes de respuesta en el dado caso que se encuentre un agente foráneo.
- Es una prioridad la inversión en el campo alimentario, específicamente en el componente nanotecnológico debido a que puede generar altos beneficios comerciales, elevados rendimientos por aumentos en la productividad y alimentos más duraderos que le permitirán posicionarse como líder en este tema (Davis, 2013).

Con respecto al objetivo de estudio, se puede afirmar que existe un retardo entre las publicaciones científicas y las patentes concedidas. Lo anterior debido a que la dinámica de publicación de artículos no es la misma que para las patentes; esto se puede corroborar con el alto volumen de artículos escritos en el tema y las patentes registradas y aprobadas. Igualmente se observa que las patentes van relacionadas con los temas publicados en los Journals, puesto que para empaques y envases para alimentos se estudian temas relacionados con nanopartículas para mejoramiento de propiedades, actividad antimicrobial, nanocompuestos, entre otros.

Para el caso colombiano no se han realizado trabajos específicos en empaques y envases para alimentos con componentes nanotecnoló-

gicos, pero sí se han hecho revisiones teóricas en el tema y se han realizado algunos estudios del estado del arte de la nanotecnología en Colombia en general (Silva, 2010), pero no se han realizado investigaciones profundas en los temas priorizados en este trabajo. Los estudios más frecuentes se realizan en la física de los materiales, en química y en ingeniería aplicada.

Se identificaron catorce grupos de investigación en el país que trabajan temas de nanotecnología con aplicaciones en la agroindustria (Duarte, 2013) declaradas en sus líneas de investigación. Varios de ellos trabajan de forma rigurosa en el tema de nanotecnología, pero aún sus esfuerzos no son suficientes para marcar tendencias fuertes en el país, por lo que aún no hay evidenciadas normativas y políticas para este tema.

Conclusiones

Colombia ha realizado esfuerzos por conformar centros de excelencia, en los que la nanotecnología es un tema de relevancia reciente. Aunque existen alrededor de 14 grupos de investigación inscritos en la Plataforma ScienTI los cuales relacionan temas de nanotecnología y agroindustria, dichos trabajos se fundamentan principalmente por intereses personales de los investigadores, más que por prioridades nacionales y regionales en la temática.

Sin embargo, una de las áreas del conocimiento que no ha sido explorada es la agroindustria, área en la cual el país tiene un futuro promisorio, dada la gran diversidad de bio-recursos con los que cuenta. Según lo observado en el ámbito nacional, los estudios referentes al tema están dirigidos por las tendencias internacionales, sin seguir ningún patrón de necesidades o mercados específicos del país.

Referencias bibliográficas

- AXA Empresa. (2010). *Alimentación y bebidas, un sector de peso en la economía española*. 47. Disponible en http://www.axa.es/Seguros/imagenes/AXA_EMPRESA_NUMERO_47_COMPLETO_tcm5-3787.pdf

- Davis, R. (2013). *El bioterrorismo agrícola*. Disponible en <http://www.actionbioscience.org/esp/nuevas-fronteras/davis.html?print>
- Departamento de Estado de Estados Unidos-Oficina de Programas de Información Internacional (2010). *La economía de Estados Unidos en síntesis*. Disponible en http://www.usembassy-mexico.gov/bbf/le/useconomy_in_brief_sp.pdf
- Departamento Nacional de Planeación-DNP. (2007). *Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010*. Bogotá: DNP.
- Duarte, G. (2013). *Nanotecnología en Colombia*. Recuperado de <http://www.colciencias.gov.co/scienti>
- Escorsa, P. & Maspons, R. (2001). *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia Competitiva*. Madrid: Prentice Hall.
- ETC Group. (2004). *Down on the farm. The impact of nano-scale technologies on food and agriculture*. Disponible en <http://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report10.pdf>
- Federación Española de Industrias de la Alimentación y Bebidas. (2012). *Alimentación y salud: el compromiso de la industria española de alimentación y bebidas*. España. Disponible en http://www.fiab.es/archivos/documentoAutor/documentoautor_20120717224819.pdf
- Hullman, A. (2008). *European activities in the field of ethical, legal and social aspects (ELSA) and governance of nanotechnology*. European Commission, DG Research. Unit "Nano and Converging Sciences and Technologies". Cordis. Disponible en <http://cordis.europa.eu/nanotechnology>
- Kostoff, R., Koytcheff, C., & Lau, C. (2007). Global nanotechnology research literature overview. *Technological Forecasting & Social Change*, 74(9), 1733-1747. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162507000893>
- Mojica, F. (1991). *La prospectiva, técnicas para visualizar el futuro*. Bogotá, Colombia: Legis.
- Roco, M., & Bainbridge, W. (2003). *Converging technologies for improving Human Performances*. Arlington, Virginia, US: National Science Foundation. Disponible en http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf
- Silva, F. (2010). *Nanotecnología en Colombia, retos y oportunidades*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital.
- Valdez, L. (2005). Aplicaciones administrativas empíricas del análisis estructural de los sistemas en la toma de decisiones. *Contaduría y Administración*, (217), 150-179. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/395/39521707.pdf>