

# ANÁLISIS DE LAS PRINCIPALES TENDENCIAS DE INNOVACIÓN EN NANOTECNOLOGÍAS DE ALIMENTOS: UNA APROXIMACIÓN A SU ESTUDIO A PARTIR DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA

*Analysis of main trends in food nanotechnology innovation: a technology surveillance-based approach*

Jhonjali García-Mosquera 

Administrador de Empresas. Universidad Tecnológica del Chocó, Colombia, jhojalisk2@gmail.com

Eliana María Villa-Enciso 

PhD. (c) en Ingeniería Industria y Organizaciones, Universidad Nacional de Colombia, Colombia, emvilla@unal.edu.co

## Cómo referenciar / How to cite

García-Mosquera, J., & Villa-Enciso, E. M. (2018). Análisis de las principales tendencias de innovación en nanotecnologías de alimentos: una aproximación a su estudio a partir de vigilancia tecnológica. *Revista CEA*, 4(8), 95-115. <https://doi.org/10.22430/24223182.1118>

Recibido: 01 de marzo de 2018

Aceptado: 13 de junio 2018

**Resumen:** en el estudio se analizan las principales tendencias en producción científica y tecnológica en el área de nanotecnología de alimentos. El propósito se centró en conocer su evolución y así poder identificar oportunidades potenciales de innovación, con base en sus principales usos y aplicación en la industria alimenticia. Se utilizó la Vigilancia Tecnológica, indicadores cientimétricos, así como la teoría de redes y grafos para la visualización y análisis del comportamiento de las principales áreas de investigación y desarrollo tecnológico, con base en el tema de estudio. Se identificaron ocho potenciales oportunidades de innovación en el área: nanopartículas, nanomateriales, nanocompuestos, nanoemulsión, nanoencapsulación, microencapsulación, nanorecubrimientos y nanosensores; las cuales están influyendo notablemente en el desarrollo de la industria de alimentos y se han convertido en elementos claves de investigación y desarrollo tecnológico a nivel mundial. El uso y aplicación de la nanotecnología en la industria de alimentos han aumentado rápidamente en las últimas décadas y su constante evolución ha tenido

una gran contribución en el desarrollo de la industria.

**Palabras clave:** nanotecnología, innovación, alimentos, producción científica, desarrollo tecnológico.

**Abstract:** This study analyzes the main trends in scientific and technological production in the field of food nanotechnology. The purpose is to describe their evolution and thus identify potential opportunities for innovation based on their main uses and applications in the food industry. Technology Surveillance, scientometric indicators, and graph and network theory were used to visualize and analyze the behavior of the main research fields and technological development of the subject under study. We identified 8 potential innovation opportunities in the area: nanoparticles, nanomaterials, nanocomposites, nanoemulsions, nanoencapsulation, microencapsulation, nanorecovering, and nanosensors. All of them are significantly influencing the development of the food industry and have become key



elements of research and technological progress worldwide. The uses and applications of nanotechnology in the food industry have rapidly expanded in recent decades, and their constant evolution has made a great contribution to the development of this sector.

**Keywords:** nanotechnology, innovation, food, scientific production, technological development.

## 1. INTRODUCCIÓN

Con la creciente demanda por parte de los consumidores de nuevos productos, con características duraderas, seguras y con propiedades nutricionales saludables, la industria alimentaria lleva años investigando en el desarrollo de nuevas tecnologías que puedan responder a esta tendencia (Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria, 2012; Kalpana, Anshul, & Rao, 2013; Steenis & Fischer, 2016; Robles, García *et al.*, 2016; Granqvist & Ritvala, 2016; Bowman & Ludlow, 2017), planteando la nanotecnología como una importante herramienta que ha revolucionado a la industria alimentaria y que su aplicabilidad ha abarcado desde el desarrollo de materiales a una escala de nanómetros con el fin de detectar contaminantes, controlar la trazabilidad y sistema de envasado hasta avanzar en el desarrollo molecular, funcional y microbiológico de los alimentos (Erdem, 2015; He & Hwang, 2016; Eduok & Coulon, 2017; Singh *et al.*, 2017; Eleftheriadou & Demokritou, 2017; Thiruvengadam, & Chung, 2018).

El siguiente estudio de Vigilancia Tecnológica, en adelante VT, se basó en explorar y examinar las principales tendencias en producción científica y tecnológica a nivel mundial sobre nanotecnología, como herramienta fundamental en la industria de alimentos, esto con el fin de conocer su evolución y así poder identificar oportunidades potenciales de innovación con base a sus usos y/o aplicabilidad. Por ello, fue necesario apoyarse

de indicadores cuantitativos (Macías, 2001; Elango, Rajendran, & Bornmann, 2015), así como la teoría de redes y grafos (Molina, 2004; Vélez, 2010; Wasserman & Faust, 2011; Robledo, Osorio, & López, 2014; Pinto & González, 2014; Yandy, 2015) como mecanismos metodológicos complementarios para visualizar y analizar el comportamiento del tema en análisis. En este orden, el documento se estructuró de la siguiente manera: en la primera sección, se hace una breve revisión de literatura sobre el tema en estudio; en la segunda sección, se diseña y define una ecuación de búsqueda a partir de términos clave identificados en la sección anterior, a su vez se describe detalladamente la metodología abordada; en la tercera sección, se presentan los principales hallazgos o resultados del estudio según la metodología; y finalmente, en la sección cuatro, se realizan las discusiones y conclusiones pertinentes.

## 2. MARCO TEÓRICO

La nanotecnología es un área nueva de investigación que empezó a tomar fuerza en la década de los 80 y 90, gracias a los trabajos de Drexler, Feynman, Rorher y Binnig, por mencionar algunos (Serena, 2002). Su desarrollo y surgimiento se alude a la necesidad que ha tenido el ser humano de elaborar materiales industriales, con base en la creación de nuevas clases de estructuras moleculares originales (Molins, 2008; Steenis & Fischer, 2016; Otles S., Yalcin B., 2015; Aouada, de Moura, 2015; Viberg, 2017), para hacer frente a los principales problemas de salud, energía y medio ambiente que aquejan a la población mundial (Masami *et al.*, 2013; Tomiko, 2013; Sunil, K., Paresch & Kulkarni, 2013; Sodano, Gorgitano, Quaglietta, & Verneau, 2016; Cundy, 2017; Bautista *et al.*, 2017; Sougata, Gandhi & Jana, 2017).

Este concepto abarca diversas áreas de aplicación en el sector industrial, como nanomateriales y nanosensores, la producción

de nanopartículas y materiales nanoestructurados (Gomes, Pastore, Martins, & Francisc, 2015; Lacey, 2017; Busquets, 2017), sin embargo, en la industria alimentaria, esta tecnología se ha constituido en una herramienta de investigación y desarrollo tecnológico fundamental, gracias a las exigencias de los consumidores en adquirir alimentos más funcionales, duraderos y nutritivos (Kalpana, Anshul, & Rao, 2013; Singh, 2016; Fornari, Grandi, Menegatti, & Hofacker, 2016; Dilmacınal, 2017; Pathak, 2017). A continuación, se hace una breve descripción teórica de esta nueva herramienta y sus principales aportes en la industria de alimentos.

En primer lugar, la nanotecnología es catalogada como una nueva revolución tecnológica que ayudará en las próximas década a solucionar los más diversos problemas; a partir de sus estudios se pueden encontrar nuevas formas de combatir el cáncer, diseñar medios eficientes para potabilizar agua, construir sistemas de almacenamiento de energía más pequeños y de mayor duración, envases que conservan mejor los alimentos entre otras promesas de esta nueva área tecnológica (Foladori & Invernizzi, 2012; Amini, Seyed; Gilaki, Marzieh; Karchani, 2014; Gomes, Pastore, Martins, & Francisc, 2015; Sodano, Gorgitano, Quaglietta, & Verneau, 2016; Busquets & Mbundi, 2017).

Según Gomes, Pastore, Martins, & Francisc (2015); Sodano *et al.*, (2016) esta hace referencia a un conjunto de tecnologías, técnicas y procedimientos utilizadas para construir un nuevo material a escala nanométrica y es considerada una tendencia actual en la ciencia y la tecnología del siglo presente.

Por otro lado, entre las áreas que pueden beneficiarse de esta nueva tecnología, la industria alimentaria es, de hecho, uno de los sectores que atrae más inversiones (Gomes, Pastore, Martins, & Francisc, 2015); e incluye el

desarrollo de nuevos materiales funcionales, productos, envases y métodos para mejorar la inocuidad de los alimentos (Echegoyen, 2015; Sadeghi, Rodríguez, Yao, & Kokini, 2017; Jurewicz, 2017).

### 3. METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo mediante una vigilancia tecnológica apoyada en indicadores cuantitativos (Barbosa, 2012), así como de la teoría de redes y grafos que permitiera explorar, analizar y visualizar el comportamiento del área en estudio, con el fin de identificar oportunidades de innovación potenciales con base en sus principales usos y/o aplicabilidad. Esta metodología se basó en 3 fases:

**F1. Planeación de VT.** Aquí se define el objetivo y alcance del estudio, así como la definición de bases de datos para la recuperación de la información de carácter estructurada.

**F2. Estrategia para la búsqueda y análisis de la información.** En esta fase, se definen los términos de búsqueda con base a elementos claves identificados en la revisión de literatura y se diseña una ecuación, la cual fue usada para la recuperación, selección y construcción de indicadores y grafos.

**F3. Tratamiento y análisis de la información.** Finalmente, en esta fase se analizan: a) Tendencias actuales en producción científica teniendo en cuenta: número de publicaciones científicas durante el año, principales países con publicaciones científicas, red de colaboración de los países líderes en publicaciones científicas, revistas líderes, red de colaboración de revistas, principales autores en el área, centralidad de grado e intermediación de los autores líderes. b) Tendencias en producción tecnológica, se analiza: número de patentes publicadas a través de los años, principales países e instituciones con desarrollo tecnológico y se

finaliza con la red de las principales tecnologías identificadas, las cuales fueron consideradas como parte de las oportunidades de innovación potencial en el área de nanotecnología de alimentos.

En la figura 1 se puede observar esquemáticamente la metodología utilizada:

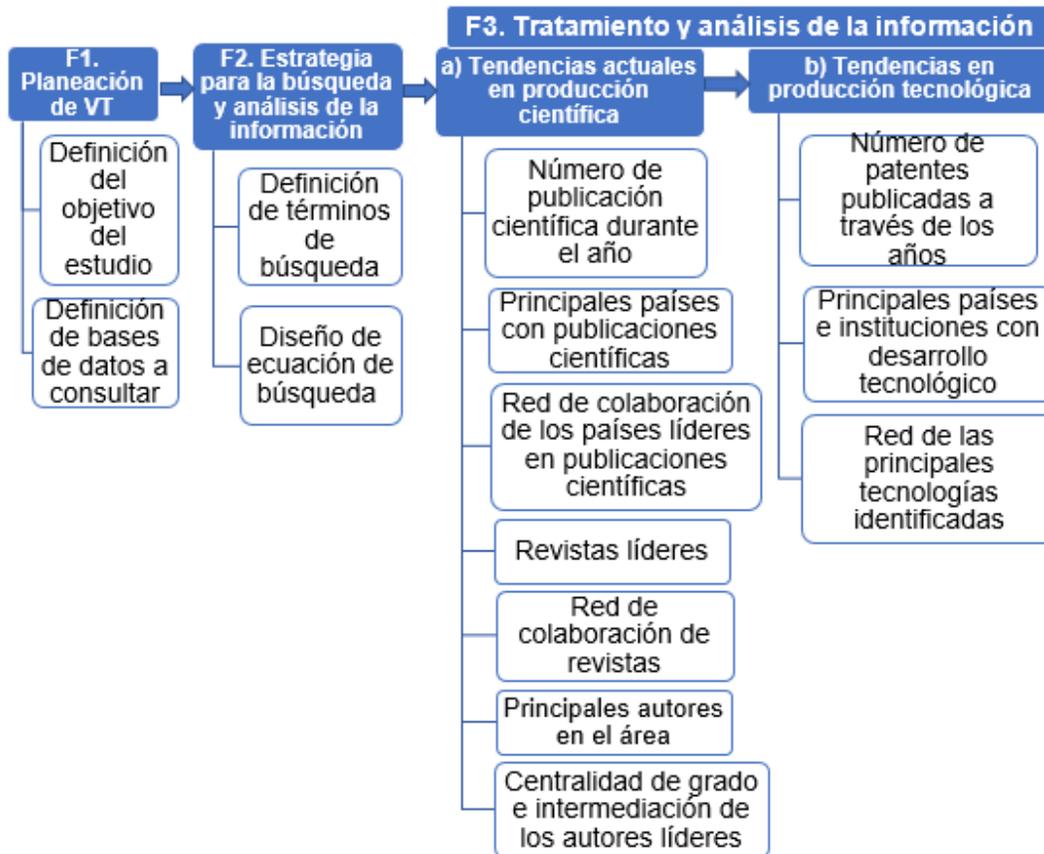


Figura 1. Metodología de VT aplicada en el estudio

Figure 1. TS method applied in the study

Fuente: elaboración propia.

#### 4. RESULTADOS

En este apartado, se presentan los principales hallazgos del estudio teniendo en cuenta la metodología descrita con anterioridad. En este sentido se realizó lo siguiente:

##### F1. Planeación de VT

Con el desarrollo de este estudio de VT aplicado en la industria de los alimentos, se planteó conocer: ¿Cuáles son las principales tendencias en producción científica y tecnológica en el campo de nanotecnología en alimentos a nivel mundial que permitan la

identificación de potenciales oportunidades de innovación? Posteriormente, se definen las bases de datos a consultar como estrategia de recolección de información e insumo clave para alimentar la revisión de literatura y diseñar la ecuación de búsqueda. Estas bases de datos se describen en la Tabla 1.

##### F2. Estrategia para la búsqueda y análisis de la información

Para dar respuestas al objetivo planteado en el estudio, fue necesario definir los términos de búsqueda, producto de los resultados de la

revisión de literatura, y diseñar dos ecuaciones de búsqueda necesarias para la recolección de literatura científica estructurada, así como la recuperación de la producción tecnológica.

Dicha información fue procesada para la construcción de los indicadores cuantitativos y grafos de análisis. Este proceso se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 1. Descripción de las bases de datos definidas en el estudio**

Table 1. Description of the databases used in the study

Tipo	Bases de datos	Descripción
Producción científica	Scopus®	Es la mayor base de datos de resúmenes hasta ahora vista en el mundo, con 20.500 publicaciones (85 % de las cuales están indizadas con vocabulario controlado) procedentes de más de 5.000 editoriales internacionales.
	The SCImago Journal & Country Rank	Es un portal público que incluye las revistas y los indicadores científicos de los países desarrollados a partir de la información contenida en la base de datos Scopus® (Elsevier BV).
Producción tecnológica	Patentscope®	Proporciona acceso a las solicitudes internacionales del tratado de cooperación en materia de patentes en formato de texto completo, el día de la publicación, y a los documentos de patentes de las oficinas nacionales y regionales de patentes participantes.

Fuente: elaboración propia con base a Elsevier (2015); Rodríguez (2015); WIPO (2017).

**Tabla 2. Definición de términos claves para el diseño de ecuación de búsqueda**

Table 2. Selection of keywords to design the search equation

¿Cuáles son las principales tendencias en producción científica y tecnológica en el campo de nanotecnología en alimentos a nivel mundial que permitan la identificación de y desarrollo de potenciales oportunidades de innovación?		
<b>Palabra clave</b>	<b>Sinónimos</b>	
Nanotechnology in food	Nanofood	Functional Nanofoods

Fuente: elaboración propia con base a la revisión de literatura.

### Diseño de ecuaciones de búsqueda

Como se mencionó con anterioridad, a partir de estos términos claves se definieron las siguientes ecuaciones de búsqueda:

- ✓ **Producción científica:** TITLE-ABS-KEY ((“Nanotechnology in food”\*) OR (“Nanofood”) OR (“Functional Nanofoods”)) AND PUBYEAR > 2007 AND PUBYEAR < 2018
- ✓ **Producción tecnológica:** ((Nanotechnology in food) OR (Nanofood) OR (Functional Nanofoods)) AND DP: [2008 to 2017]

### F3. Tratamiento y análisis de la información

De acuerdo con el diseño de las ecuaciones, se procedió a la búsqueda de la información con respecto a la producción científica y tecnológica. Para la producción científica se consultó la base de datos Scopus®, de la cual se recuperaron 153 publicaciones en un periodo comprendido entre el 2008 hasta el 2017. Por otro lado, con respecto a la producción tecnológica, se consultó la base de datos de la WIPO – Patentscope® de la que se pudo obtener 4.342 invenciones entre el 2008 al 2017.

#### 4.1 Tendencias actuales de la producción científica en nanotecnologías de alimentos

De acuerdo con la información obtenida de la base de datos Scopus®, se ha registrado un total de 153 publicaciones en el área de estudio en un periodo comprendido entre 2008 y 2017. Estas publicaciones han experimentado constantes fluctuaciones en lo corrido de la última década. Sin embargo, en los últimos 5 años, la tendencia marca que en promedio las publicaciones se han mantenido por encima de los 14 documentos. En el Gráfico 1 se puede apreciar dicho comportamiento y las fluctuaciones, notándose el mayor crecimiento de producción científica entre los años 2013 y 2014.

#### Principales países con publicaciones científicas

Entre los principales países con participación en la producción científica, con respecto al tema de interés, se destacan: Estados Unidos e India como líderes, con 23 publicaciones, relacionadas con la importancia que tiene la nanotecnología para la conservación y transformación de alimentos; seguidos del Reino Unido, con 19; Bélgica 12; y finalmente, Corea del Sur con 10. En el Gráfico 2 se describe el top diez de estos países.

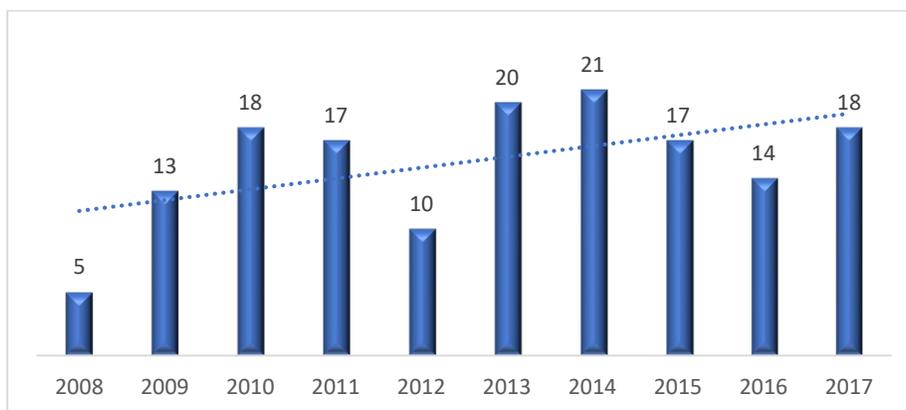


Gráfico 1. Número de publicaciones a través de los años

Graph 1. Number of publications over the years

Fuente: elaboración propia base a Scopus®

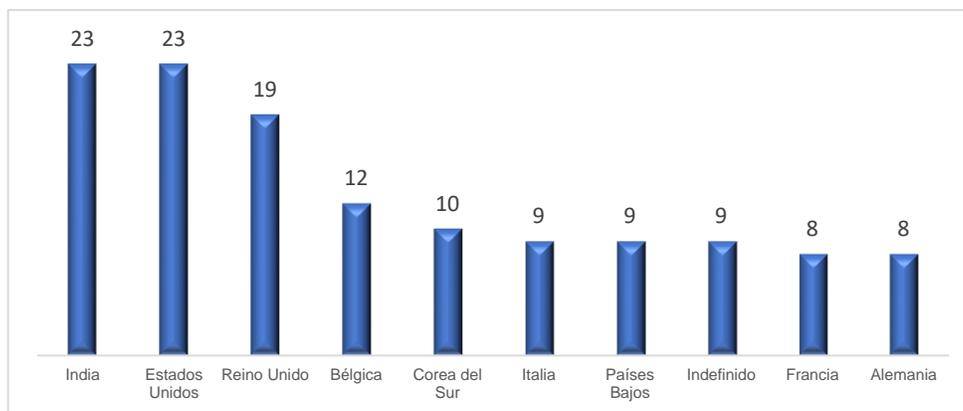


Gráfico 2. Principales países con publicaciones científicas

Graph 2. Top countries in scientific publications

Fuente: elaboración propia con base a Scopus®

### Red de colaboración de los países líderes en publicaciones científicas

Sumado a lo anterior, se construyó una red que muestra la colaboración de los países líderes en producción científica. Esta red está conformada por nodos y aristas, los cuales representan los países y las relaciones e interacciones generadas, a medida que se realizan trabajos o se crean vínculos de acuerdo con la publicación de temas comunes. Con base en esto, en la Figura 2 se visualizan las diversas interacciones producidas, hasta la fecha, entre los principales países que colaboran en la generación y transferencia de conocimiento en el área de nanotecnología de alimentos. Los colores de los nodos y aristas indican relaciones directas y, entre más grande sean, significa mayor visibilidad, peso y grado de colaboración en la red, siendo entonces Estados Unidos, India y Reino Unido los países con mayor influencia y participación en la red.

### Revistas líderes en publicación

Según la información obtenida de la base de datos de Scopus®, entre las revistas líderes en producción científica se destaca: *Rsc Nanoscience and Nanotechnology*, con un total

de 5 documentos publicados en el 2017, relacionados con ingredientes genéticamente modificados, la nanotecnología en envases y su uso en la ciencia de los alimentos. Otras de las revistas líderes se muestran en el Gráfico 3.

De acuerdo con la base de datos Scimago Journal & Country Rank, que mide el nivel de prestigio de las revistas más importantes del mundo en la comunidad científica (Rodríguez, 2015), de las principales revistas mencionadas con anterioridad, *Trends In Food Science and Technology*, de Netherlands presenta el mayor número de factor de impacto (142); en el periodo comprendido entre 1997 y 2015 se ha ubicado entre segundo y primer cuartil (Q1-Q2) en las áreas de ciencias agrícolas y biológicas, ciencia de los alimentos y biotecnología. A continuación, se encuentra la revista japonesa “*Biological and Pharmaceutical Bulletin*”, con el segundo mayor factor de impacto (100) y manteniendo su nivel de prestigio entre el primer y segundo cuartil (Q1-Q2) en las áreas de farmacología, toxicología y medicina. En la Tabla 3 se describe dicha información con base en las 5 revistas identificadas en el estudio.

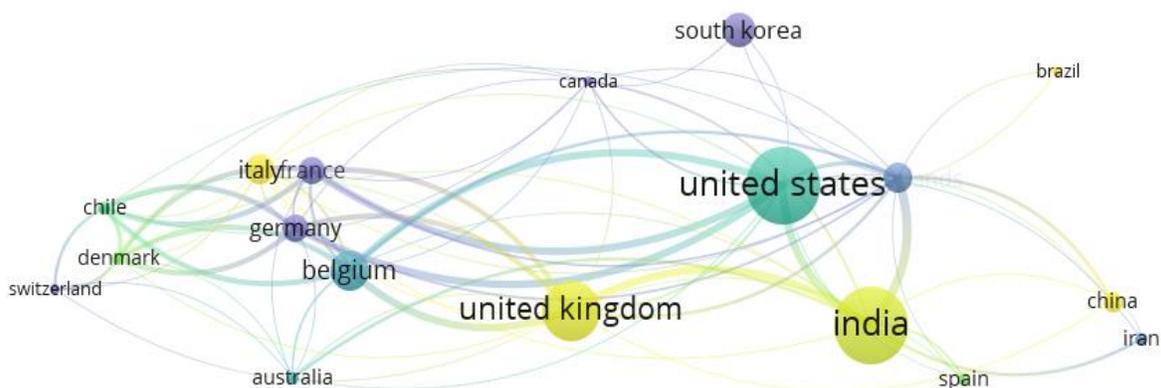
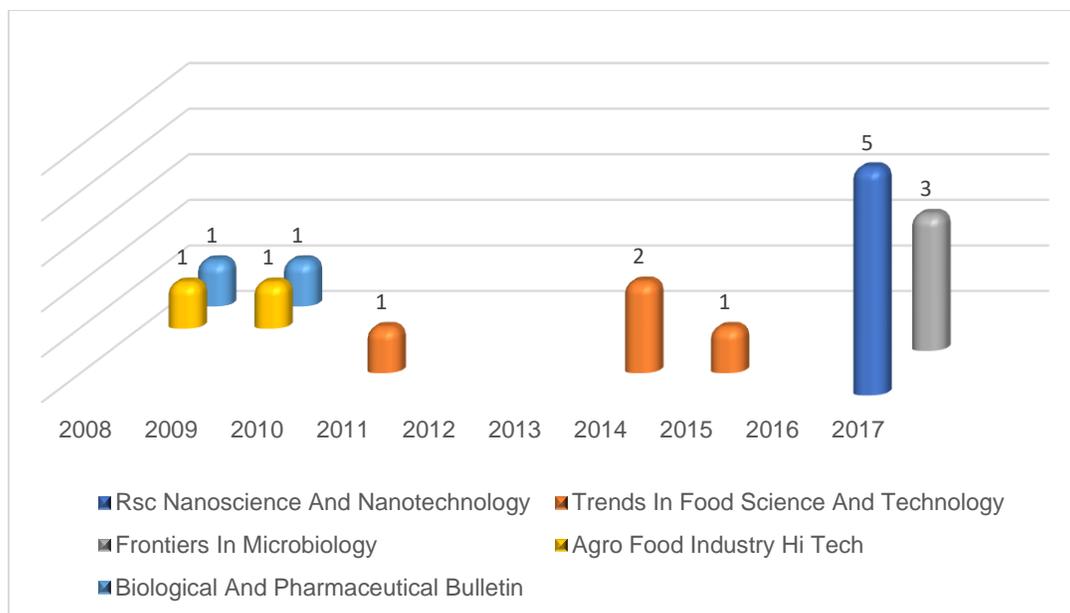


Figura 2. Red de colaboración de los países líderes en publicaciones científicas

Figure 2. Collaboration network of leading countries in scientific publications

Fuente: elaboración propia con base a VOSviewer®



**Gráfico 3. Revistas líderes en publicación**

Graph 3. Leading journals in publications  
Fuente: elaboración propia con base a Scopus®

**Tabla 3. Descripción e historial cientométrico de la revista líderes en el área**  
Table 3. Description and scientometric history of leading journals in the field

Source	Country	Subject Area and Category	Historial cientométrico	
			H-Index	Quartiles (1997 – 2015)
Trends in Food Science and Technology	Netherlands	ciencias agrícolas y biológicas, ciencia de los alimentos y biotecnología.	142	Q2-Q1
Biological and Pharmaceutical Bulletin	Japan	pharmacology, toxicology and medicine	100	Q1-Q2
Frontiers in Microbiology	Switzerland	immunology and microbiology microbiology, medicine	69	Q3-Q1
RSC Nanoscience and Nanotechnology	United Kingdom	chemical engineering bioengineering; materials science	6	Q4-Q3
Agro Food Industry Hi-Tech	Italy	agricultural and biological sciences food science	16	Q4-Q3

Fuente: elaboración propia.

### Red de colaboración de revistas líderes en nanotecnología en alimentos

En la Figura 3, se ilustra la red de colaboración de revistas líderes en la generación y transferencia de conocimiento en el área de interés. Según este grafo, las revistas con mayor participación y peso en la red actúan como ejes centrales, el tamaño de sus nodos es más sobresalientes y las relaciones e

interacciones directas están definidas por los tamaños de las aristas.

En este caso, *Trends in Food Science and Technology* figura como la revista científica más importante en la red y actúa como puente central entre las demás revistas con publicaciones relacionadas.

### Principales autores en el área

Entre los principales autores en el área, se destacan Bieberstein, A.; Blanchemanche, S.; Marette, S.; Roosen, J. y Vandermoere, F., debido a que registran el mayor número de

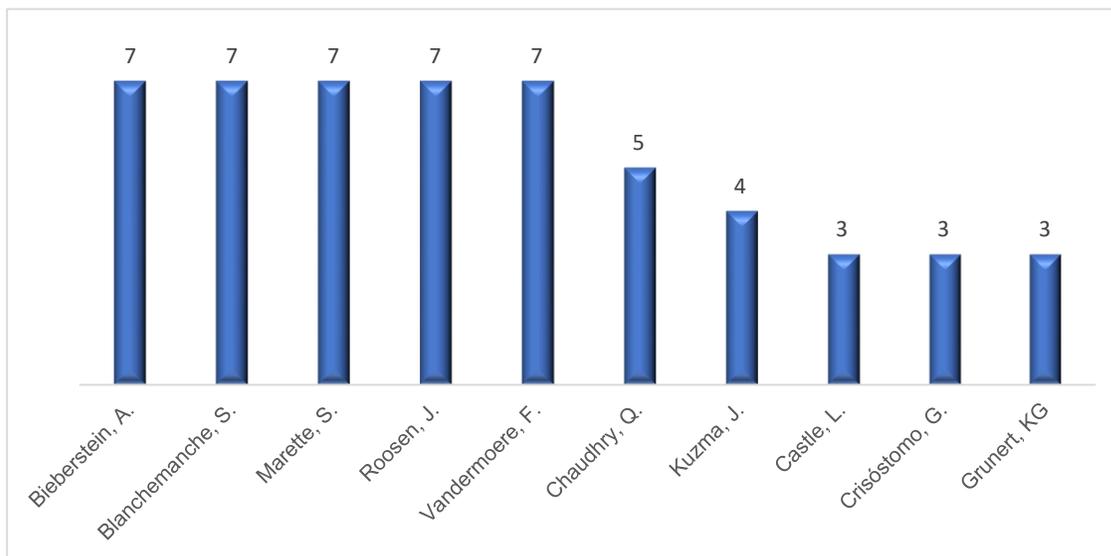
publicaciones en el área de estudio hasta la fecha de análisis con 7 documentos cada uno. En el Gráfico 4 se puede apreciar dicha información.



**Figura 3. Red colaboración de revistas con publicaciones en el área de estudio**

Figure 3. Collaboration network of journals with publications in the field under study

Fuente: elaboración propia con base a VOSviewer®.



**Gráfico 4. Principales autores con publicaciones en el área**

Graph 4. Main authors with publications in the field

Fuente: elaboración propia con base en Scopus®

Haciendo un análisis del perfil de los principales autores con producción científica en el área de estudio, se pudo conocer que los documentos publicados fueron realizados de manera colaborativa bajo la misma afiliación

institucional entre los años 2009 y 2013, distribuidas entre artículos (5), capítulos de libros (1), review (1), como se puede apreciar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Perfil de los principales autores en el área**

Table 4. Profile of the main authors in the field

Autores	Filiación institucional (# de artículos)	Frases de interés (frecuencia)	Tendencias de publicación	Tipos de documentos
Bieberstein, A. Blanchemanche, S. Marette, S. Roosen, Jutta. Vandermoere, F.	Technische Universität Munchen (7)	Experimental Economics (3) Nanotechnology y (3)		

Fuente: elaboración propia con base en Scopus®

En esta línea, en la Tabla 5, se hace una breve descripción de las principales áreas temáticas de interés e historial cuantitativo del top 5 de autores con publicaciones relacionadas. Para ello se tiene en cuenta el total de documentos publicados, número de citas realizadas por documentos, así como también las publicaciones desarrolladas en coautorías y el factor de impacto que muestren el nivel de prestigio de cada uno de estos autores, basado en el número de artículos publicados frente al índice de

impacto o citas recibidas por cada una de estas publicaciones.

Según lo anterior, los autores con mayor número de publicaciones y *h- Index*, son: Marette, Stéphan con un total de 73 documentos y un factor de impacto de 18; lo que significa que al menos 18 del total de artículos publicados, han recibido al menos 18 citas; seguido de Blanchemanche, S., con 23 documentos y un factor de impacto de 13.

**Tabla 5. Áreas de interés e historial cuantitativo de los principales autores**

Table 5. Fields of interest and scientometric history of main authors

Autores (# total de publicaciones)	Áreas de interés	Historial cuantitativo
Bieberstein, A.	Agricultural and Biological Sciences Economics, Econometrics and Finance	
Blanchemanche, S.		
Marette, Stéphan.		
Roosen, Jutta.		No registra
Vandermoere, Frédéric.		

Fuente: elaboración propia con base en Scopus®



**Tabla 7. Medidas de centralidad de grado e intermediación de la red**

Table 7. Measurements of degree centrality and intermediation of the network

Autor	Grado de centralidad	Centralidad de intermediación
Blanchemanche S	14	13,4
Bieberstein A	13	8,2
Marette S	12	8
Verneau F	7	6
Kuzma J	7	5,3

Fuente: elaboración propia con base a software Gephi®

### Tendencias actuales en producción tecnológica en el área de nanotecnología en alimentos

Para el análisis de las tendencias en producción científica, se hizo necesario conocer paralelamente el comportamiento del desarrollo tecnológico en el área de estudio. Para tal fin, se consultó la base de datos de WIPO - Patenstscope® a través de la ecuación de búsqueda, en un periodo

comprendido entre 2008 y 2017, recuperando en total 4.342 invenciones. En la Tabla 8, se hace un resumen de los países y oficinas con publicaciones a acerca de las invenciones desarrolladas en el campo, instituciones y empresas con participación en el desarrollo tecnológico, los principales inventores, así como el comportamiento de las publicaciones a través del tiempo.

**Tabla 8. Descripción de las tendencias actuales en producción tecnológica**

Table 8. Description of current trends in technological production

INFORMACIÓN DE PATENTES EN EL CAMPO DE NANOTECHNOLOGY IN FOOD									
((Nanotechnology in food) OR (Nanofood) OR (Functional Nanofoods)) AND DP:[2008 to 2017]									
Nº de resultados	26.271	Fecha de consulta	Agosto 10/2017	Base de datos	PatentScope	Periodo de consulta	2008 - 2017		
Países		Código IPC		Instituciones o Empresas		Principales Inventores		Publicaciones por año	
Pais u Oficina	# Patentes	Código	# Patentes	Empresa	# Patentes	Nombre	# Patentes	Año	# Patentes
Estados Unidos	2.205	A61K	1736	Massachusetts institute of technology	64	Sung hsing-wen	55	2008	262
PCT	1.178	G01N	676	Massachusetts institute of technology	60	Tu hosheng	55	2009	309
Australia	293	C12N	522	Moderna therapeutics, inc.	57	Antonin de fougerolles	41	2010	392
Oficina Europa	288	A61P	416	Gp medical, inc.	52	Tirtha chakraborty	35	2011	397
Canadá	152	B82Y	294	National tsing hua university	52	De fougerolles antonin	29	2012	392
Japón	60	C07K	288	Moderna therapeutics, inc.	50	Eugenio minvielle	27	2013	445
China	39	C12Q	283	The regents of the university of california	47	Minvielle eugenio	25	2014	536
República de Corea	30	A01N	213	President and fellows of harvard college	45	Eugenio M	22	2015	494
Federación Rusa	19	C07D	187	President and fellows of harvard college	42	Sonaje kiran	21	2016	586
Israel	17	G06F	177			Ng pei-sze	19	2017	529
								<b>Total</b>	<b>4342</b>

Fuente: elaboración propia con base a WIPO - Patenstscope®

**Número de patentes publicadas a través de los años:** Según la información reportada por la base de datos de la WIPO - Patenstscope®, durante los últimos 10 años se han patentado un total de 4.342 invenciones con respecto al

campo de análisis, siendo el año 2016 el de mayor producción tecnológica. En el Gráfico 5, se refleja los niveles de crecimiento y fluctuaciones de estas producciones de un periodo a otro, con una marcada tendencia de

crecimiento acelerado entre el 2008 y 2014, alcanzado su mayor producción en el 2016 con 586 registros de patentes. Estas tendencias reflejan la importancia que está teniendo esta nueva área en el sector de la investigación y el desarrollo tecnológico.

### Principales países e instituciones con desarrollo tecnológico

De los países u oficinas con mayor número de patentes registradas en el área de estudio,

Estados Unidos y la oficina Tratado de Cooperación en materia de Patentes, en sus siglas en inglés PCT, lideran las cifras: el primero con 2.205 y el segundo con 1.178 invenciones protegidas, respectivamente. Por otro lado, Australia, la Oficina Europea de Patentes y Canadá, se ubican en el tercer, cuarto y quinto lugar reportando cifras de 293, 288 y 152 invenciones, respectivamente. Los demás países e instituciones se muestran en el Gráfico 6.

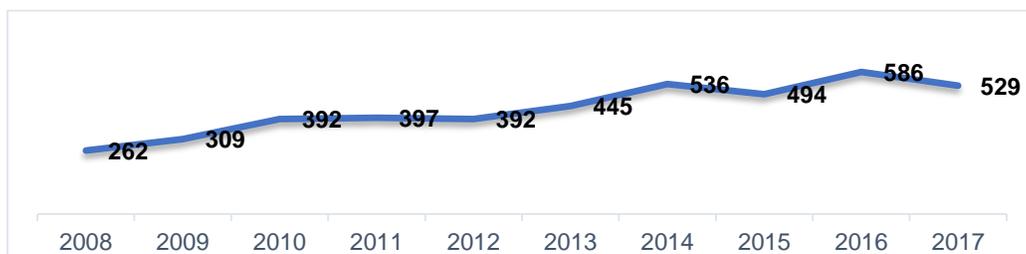


Gráfico 5. Comportamiento de las patentes publicadas a través de los años

Graph 5. Behavior of patents published over the years

Fuente: elaboración propia con base a WIPO - Patentscope®

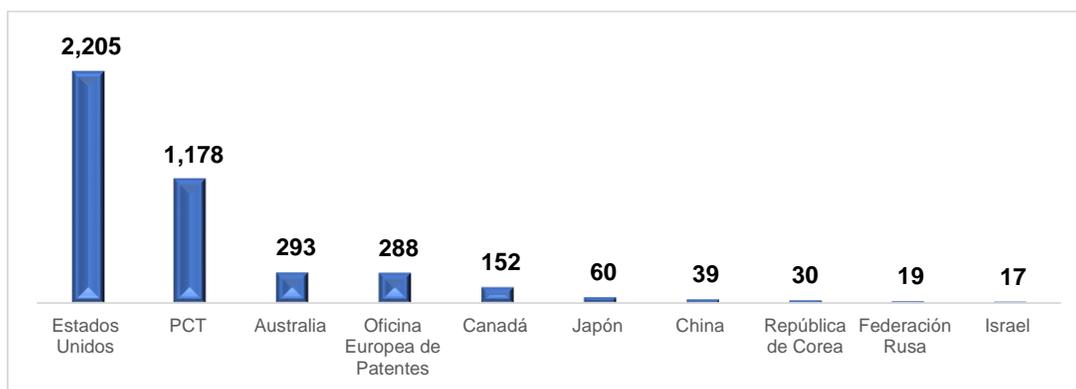


Gráfico 6. Países e instituciones líderes con desarrollo tecnológico en el área

Graph 6. Leading countries and institutions with technological development in the field

Fuente: elaboración propia con base a WIPO - Patentscope®

### Red de las principales tecnologías identificadas (Potenciales oportunidades de innovación)

En esta red se muestran las principales tecnologías identificadas en el estudio según los resultados de la producción científica y tecnológica. Para el diseño de esta red, se basó de la información obtenida de las ecuaciones

de búsqueda y someterlas a una herramienta de creación y visualización de grafos denominada VOSviewer®. Como se puede observar en la Figura 5, alrededor de nanotecnología en la industria de alimentos se han empezado a desarrollar: nanopartículas, nanomateriales, nanocompuestos,



Por otro lado, con respecto a los resultados del estudio, se pudo conocer que los países con mayor producción y desarrollo científico, generalmente no son los de mayor desarrollo tecnológico, como es el caso de India y Bélgica, por mencionar algunos. Estos países figuran en el top 10 como los líderes en generación de conocimiento en la industria, sin embargo, este indicador no guarda relación con el desarrollo tecnológico.

Según las tendencias analizadas, son especialmente los países industrializados los que han destinado mayor esfuerzo en el fomento de actividades de I+D en nanotecnología, y son estos quienes poseen el mayor número de patentes concedidas, concordando con los resultados de Naranjo *et al.* (2014), en los que se evidenciaron grandes diferencias en materia de desarrollo científico y tecnológico entre los países industrializados y los caracterizados por su rezago tecnológico con base al tema de análisis.

En este orden, el mayor desarrollo científico-tecnológico en este campo de estudio estuvieron relacionados con el diseño de nuevos nanomateriales y partículas, así como la creación de nuevas nanosustancias y nuevos sistemas de envasado para mejorar la conservación e inocuidad de los alimentos. Estos desarrollos se relacionan con lo encontrado en los estudios de Molins (2008); Amini, Seyed Mohammad; Gilaki, Marzieh; Karchani (2014); Shankar & Rhim, (2016); Peter Viberger (2017); Andrew B., Cundy (2017); Dilmaçunal, T. (2017); Kuswandi, Futra, & Heng, (2017); Cerqueira *et al.*, 2017; Hamad, Han, Kim, & Rather (2018); Thiruvengadam, & Chung (2018), en donde el uso de la nanotecnología en la industria de alimentos ha tenido diversas aplicaciones, como para diseñar nuevos ingredientes alimentarios a través de nanocompuestos, nanopartículas y nanomateriales, implementar mejoras en los sistemas de suministro de nutrientes y bioactivos, en la encapsulación y microencapsulación de textura y sabor, en el

control microbiológico, en el procesamiento y envasado de alimentos y en biosensores específicos altamente sensibles que pueden usarse para detectar patógenos, alérgenos, contaminantes y degradantes que pueden afectar la calidad y la seguridad de los alimentos.

Las aplicaciones de la nanotecnología en los alimentos han aumentado rápidamente en las últimas décadas y su constante evolución ha tenido una gran contribución en el procesamiento de alimentos, el paquete y la conservación de los mismos. Esta evolución en la industria alimentaria ha contribuido eficientemente en el procesamiento, empaquetado y conservación de alimentos. Estos recientes avances sugieren aplicaciones nuevas e innovadoras y se configura como un método eficiente no sólo para la industria alimentaria sino también para otros campos, como como la agricultura, la ingeniería, la biología y farmacología, la física, química entre otras.

Sin embargo, a pesar del gran avance y desarrollo tecnológico de la nanotecnología en la industria de alimentos, algunos estudios señalan los posibles impactos y riesgos que puede afectar la seguridad alimentaria (Noormans, 2010; Veiga-Álvarez *et al.*, 2015; Drew & Hagen, 2016; Rolando, 2016).

Con respecto a su impacto, algunos autores plantean que esta nueva tecnología cambiaría la forma del manejo, producción, trazabilidad e inocuidad de los alimentos así como la modificación a nivel molecular de los mismo (Bouwmeester *et al.*, 2007; Noormans, 2010; Veiga-Álvarez *et al.*, 2015); a su vez modificaría nuestra dieta alimentaria bebido al desarrollo de nuevos suplementos alimenticios, nanosustancias y nanomateriales lo que puede crear riesgos a la adicción y a la salud durante y después de la manipulación de algunos de sus compuesto, nano-partículas y sustancias (Smith & Raven, 2012; Drew & Hagen, 2016; Lauterwasser, 2016).

Los estudios de (Bouwmeester *et al.*, 2007; Drew & Hagen, 2016; Lauterwasser, 2016) señalan que la nanotecnología en la industria de alimentos, al igual que la mayoría de las tecnologías nuevas y en evolución y de los beneficios que pueda tener, se ha estudiado poco sobre las consecuencias y riesgos derivados en su aplicación, desarrollo y modificación de alimentos. Por lo tanto, el foco del debate se centra en generar acciones inmediatas por parte de los creadores de políticas y científicos, así como crear nuevos marcos regulatorios y legislativos sólidos donde se incorporen Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL) y procedimientos estándar dentro de este nuevo desarrollo con el fin de minimizar y controlar los riesgos asociados a esta nueva tecnología en la industria.

Finalmente, en el estudio se pudo identificar ocho potenciales oportunidades de innovación en el área: nanopartículas, nanomateriales, nanocompuestos, nanoemulsión, nanoencapsulación, microencapsulación, nanorecubrimientos y nanosensores, las cuales están influyendo notablemente en el desarrollo de la industria de alimentos y se han convertido en elementos claves de investigación y desarrollo tecnológico a nivel mundial.

## REFERENCIAS

- Andrew, B. (2017). Small Solutions to Large Problems? Nanomaterials and Nanocomposites in Effluent, Water, and Land Management. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00003-0>
- Aouada, de M. (2015). Nanotechnology Applied in Agriculture: Controlled Release of Agrochemicals. In: Rai M., Ribeiro C., Mattoso L., Duran N. (eds) *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-14024-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-319-14024-7_5)
- Amini, Seyed Mohammad; Gilaki, Marzieh; Karchani, M. (2014). Safety of nanotechnology in food industries. *Electronic Physician*, 6(4), 962–968. <https://doi.org/10.14661/2014.962-968>
- Barbosa, A. F. (2012). Vigilancia tecnológica: metodologías y aplicaciones.
- Bautista, L., Molina, L., Niembro, S., García, J. M., López, J., & Vílchez, A. (2017). Coatings and Inks for Food Packaging Including Nanomaterials. *Emerging Nanotechnologies in Food Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00008-X>
- Bowman, D. M., & Ludlow, K. (2017). Ensuring Food Safety: General Principles for Safeguarding What You Eat Including the Role of Food Labels. *Emerging Nanotechnologies in Food Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00009-1>
- Bouwmeester, H., Dekkers, S., Noordam, M., Hagens, W., Bulder, A., Heer, C. De, ... Sips, A. (2007). Health impact of nanotechnologies in food production, 1–91. Recuperado de [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)
- Busquets, R. (2017). Analysis of Nanomaterials in Food. *Emerging Nanotechnologies in Food Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00004-2>
- Busquets, R., & Mbundi, L. (2017). Concepts of Nanotechnology. *Emerging Nanotechnologies in Food Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00001-7>

- Cerqueira, M. Â., Pinheiro, A. C., Ramos, O. L., Silva, H., Bourbon, A. I., & Vicente, A. A. (2017). Advances in Food Nanotechnology. Emerging Nanotechnologies in Food Science. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00002-9>
- Changan Li, Hai Chen, Bin Chen & Guanghua Zhao (2017). Highly fluorescent gold nanoclusters stabilized by food proteins: From preparation to application in detection of food contaminants and bioactive nutrients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(5), 689-699. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1213698>
- Colica, C., Aiello, V., Boccuto, L., Vecchio, I., Abenavoli, L. (2018). The role of Nanotechnology in food safety. *Minerva Biotechnologica* 30(2), 69-73.
- Cundy, A. B. (2017). Small Solutions to Large Problems? Nanomaterials and Nanocomposites in Effluent, Water, and Land Management. Emerging Nanotechnologies in Food Science. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00003-0>
- Cummings, C. L., Chuah, A. S. F., & Ho, S. S. (2018). Protection Motivation and Communication through Nanofood Labels: Improving Predictive Capabilities of Attitudes and Purchase Intentions toward Nanofoods. *Science Technology and Human Values*, 1–29. <https://doi.org/10.1177/0162243917753991>
- Dilmaçunal, T. (2017). Intelligent Systems in the Food Packaging Industry: Contaminant Sensors and Security/Anticounterfeiting Devices. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811942-6.00014-5>
- Drew, R., & Hagen, T. (2016). Potential Health Risks Associated with Nanotechnologies in Existing Food Additives.
- Echegoyen, Y. (2015). Nano-developments for Food Packaging and Labeling Applications. In: Rai M., Ribeiro C., Mattoso L., Duran N. (eds). *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Springer, Cham. [https://doi.org.itm.elogim.com:2443/10.1007/978-3-319-14024-7\\_7](https://doi.org.itm.elogim.com:2443/10.1007/978-3-319-14024-7_7)
- Eduok, S., & Coulon, F. (2017). Microbiological Toxicity of Nanoparticles. Emerging Nanotechnologies in Food Science. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00006-6>
- Elango, B., Rajendran, P., & Bornmann, L. (2015). A scientometric analysis of international collaboration and growth of literature at the macro level. *Malaysian Journal of Library and Information Science*, 20(2), 41–50.
- Eleftheriadou, M., Pyrgiotakis, G., & Demokritou, P. (2017). Nanotechnology to the rescue: using nano-enabled approaches in microbiological food safety and quality. *Current Opinion in Biotechnology*, 44, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2016.11.012>
- Elsevier. (2015). Funcionalidades avanzadas en Scopus, 1–58.
- Erdem, S. (2015). Consumers' Preferences for Nanotechnology in Food Packaging: A Discrete Choice Experiment. *Journal of Agricultural Economics*, 66(2), 259–279. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12088>

- Foladori, G., & Invernizzi, N. (2012). Implicaciones sociales y ambientales del desarrollo de las nanotecnologías en América Latina y el Caribe. México y Curitiba, Brasil: ReLANS e, IPEN. Recuperado de [om http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/Nanotecnologia-2.pdf](http://www6.rel-uita.org/nanotecnologia/Nanotecnologia-2.pdf)
- Fornari, E., Fornari, D., Grandi, S., Menegatti, M., & Hofacker, C. F. (2016). Article information. <https://doi.org/10.1108/IJRDM-07-2015-0103>
- Fundación Vasca para la Seguridad Alimentaria. (2012). La aplicación de las nuevas tecnologías en la industria alimentaria. Recuperado de [http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo993/Artículo\\_nanotecnología\\_alimentaria.pdf](http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo993/Artículo_nanotecnología_alimentaria.pdf)
- Gomes, R. C., Pastore, V. A. A., Martins, O. A., & Francisco, G. (2015). Aplicações da nanotecnologia na indústria de alimentos. Uma Revisão, 8, 1–8.
- Granqvist, N., & Ritvala, T. (2016). Beyond Prototypes: Drivers of Market Categorization in Functional Foods and Nanotechnology. *Journal of Management Studies*, 53(2), 210–237. <https://doi.org/10.1111/joms.12164>
- Hamad, A. F., Han, J. H., Kim, B. C., & Rather, I. A. (2018). The intertwine of nanotechnology with the food industry. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(1), 27–30. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.09.004>
- He, X., & Hwang, H. M. (2016). Nanotechnology in food science: Functionality, applicability, and safety assessment. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(4), 671–681. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.06.001>
- Jurewicz, M. (2017). Uregulowania prawne wykorzystania nanotechnologii w produkcji materiałów i wyrobów z tworzyw polimerowych przeznaczonych do kontaktu z żywnością, (2), 144–148.
- Kalpna Sastry, R., Anshul, S., & Rao, N. H. (2013). Nanotechnology in food processing sector-An assessment of emerging trends. *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 831–841. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0873-y>
- Kuswandi, B., Futra, D., & Heng, L. Y. (2017). Nanosensors for the Detection of Food Contaminants. *Nanotechnology Applications in Food: Flavor, Stability, Nutrition and Safety*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811942-6.00015-7>
- Lacey, J. (2017). Bioavailability of Nanomaterials and Interaction With Cells. *Emerging Nanotechnologies in Food Science*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00005-4>
- Lauterwasser, C. (2016). Small sizes that matter: Opportunities and risks of Nanotechnologies. *Allianz*, 46.
- Macías. (2001). Papel de la informetría y de la cienciometría y su perspectiva. *Scielo*, 35–41.
- Masami et al. (2013). Nanotechnology and Public Health: Contributions, Promises, and Premises. <https://doi.org/10.1002/9781118451915.ch3>
- Molina, J. L. (2004). La ciencia de las redes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, (11), 36–42.

- Molins, R. (2008). Oportunidades y amenazas de la nanotecnología. *Comuniic4*, 38–53. Retrieved from ricardo.molins@iica.int
- Noormans, A. G. (2010). Impact of Nanotechnology in Food Production Impacto de la Nanotecnología en la Producción de Alimentos. *Lámpsakos*, (4), 2145–4086.
- Naranjo, M., Cecilia, K., Palacios, C., Lorena, M., Correa, B., Mesa, R., Palacios, C. (2014). Tendencias investigativas de la nanotecnología en empaques y envases para alimentos.
- Otles S., Yalcin, B. (2015). Papel estratégico del nanobiosensor en los alimentos: beneficios y cuellos de botella. En: Rai M., Ribeiro C., Mattoso L., Duran N. (eds). *Nanotecnologías en alimentación y agricultura*. Springer, Cham. [https://doi.org/itm.elogim.com:2443/10.1007/978-3-319-14024-7\\_8](https://doi.org/itm.elogim.com:2443/10.1007/978-3-319-14024-7_8)
- Pathak (2017). Nanoemulsions and Their Stability for Enhancing Functional Properties of Food Ingredients. *Nanotechnology Applications in Food. Flavor, Stability, Nutrition and Safety*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811942-6.00005-4>
- Peter Viberg. (2017). Emerging Nanotechnologies in Food Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-42980-1.00010-8>
- Pinto, A. L., & González-Aguilar, A. (2014). Visibilidad de los estudios en análisis de redes sociales en América del Sur: Su evolución y métricas de 1990-2013. *Transinformação, Campinas*, 26(3), 253–267.
- Robledo, S., Osorio, G. A., & López, C. (2014). Networking en pequeña empresa: una revisión bibliográfica utilizando la teoría de grafos. *Revista Vínculos*, 11(2), 6–16. <https://doi.org/https://doi.org/10.14483/issn.2322-939X>
- Robles-García, M. A., Rodríguez-Félix, F., Márquez-Ríos, E., Aguilar, J. A., Barrera-Rodríguez, A., Aguilar, J., ... Del-Toro-Sánchez, C. L. (2016). Applications of Nanotechnology in the Agriculture, Food, and Pharmaceuticals. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 16(8), 8188–8207. <https://doi.org/10.1166/jnn.2016.12925>
- Rolando, C. (2016). Nanotecnología en la industria alimentaria. Universidad Politécnica de Madrid, 1–32.
- Rodríguez, J. (2015). A critical review of SCImago Journal & Country Rank. *Research Evaluation*, 24(4), 343–354. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvu008>
- Sadeghi, R., Rodríguez, R. J., Yao, Y., & Kokini, J. L. (2017). Advances in Nanotechnology as they Pertain to Food and Agriculture : Benefits and Risks, (January), 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-041715-033338>
- Serena, P. A. (2002). Nanociencia y nanotecnología: aspectos generales. *Encuentros Multidisciplinares*, 1–12. <https://doi.org/https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=285405>
- Shankar, S., & Rhim, J.-W. (2016). Polymer Nanocomposites for Food Packaging Applications. *Functional and Physical Properties of Polymer Nanocomposites*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118542316.ch3>
- Singh, H. (2016). Review Article Nanotechnology Applications in Functional Foods ; Opportunities and

- Challenges, 21(February), 1–8.  
<https://doi.org/10.3746/pnf.2016.21.1.1>
- Singh, T., Shukla, S., Kumar, P., Wahla, V., & Bajpai, V. K. (2017). Application of nanotechnology in food science: Perception and overview. *Frontiers in Microbiology*, 8(AUG), 1–7.  
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.01501>
- Smith, A., & Raven, R. (2012). What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability. *Research Policy*, 41(6), 1025–1036.  
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.12.012>
- Sodano, V., Gorgitano, M. T., Quaglietta, M., & Verneau, F. (2016). Regulating food nanotechnologies in the European Union: Open issues and political challenges. *Trends in Food Science and Technology*, 54, 216–226.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.05.022>
- Sougata., Gandhi & Jana (2017). Nanotechnology in Bioactive Food Ingredients: Its Pharmaceutical and Biomedical Approaches. *Nanotechnology Applications in Food. Flavor, Stability, Nutrition and Safety*. Pages 21-41.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811942-6.00002-9>
- Steenis, N., & Fischer, A. (2016). Consumer attitudes towards nanotechnology in food products: an attribute-based analysis. *British Food Journal*, 118, 1254–1267.  
<https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2015-0330>
- Thiruvengadam, M., Rajakumar, G., & Chung, I.-M. (2018). Nanotechnology: current uses and future applications in the food industry. *3 Biotech*, 8(1), 74.  
<https://doi.org/10.1007/s13205-018-1104-7>
- Tomiko (2013). The Challenge of Nanotechnology-Derived Food: Addressing the Concerns of the Public.  
<https://doi.org/10.1002/9781118451915.ch2>
- Wasserman, S., & Faust, K. (2011). *Social network analysis: Methods and applications*. Cambridge University Press, 1, 116.  
<https://doi.org/10.1525/ae.1997.24.1.219>
- Veiga-Álvarez, Á., Sánchez-de-Alcázar, D., Martínez-Negro, M., Barbu, A., González-Díaz, J. B., & Maquea-Blasco, J. (2015). Riesgos para la salud y recomendaciones en el manejo de nanopartículas en entornos laborales. *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 61(239), 143–161.  
<https://doi.org/10.4321/S0465-546X2015000200002>
- WIPO. (2017). Guía del usuario. Recuperado de:  
<http://www.wipo.int/hague/es/guide/>
- Yandy, O., & Goyeneche, R. (2015). Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Facultad de Ciencias Económicas Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.