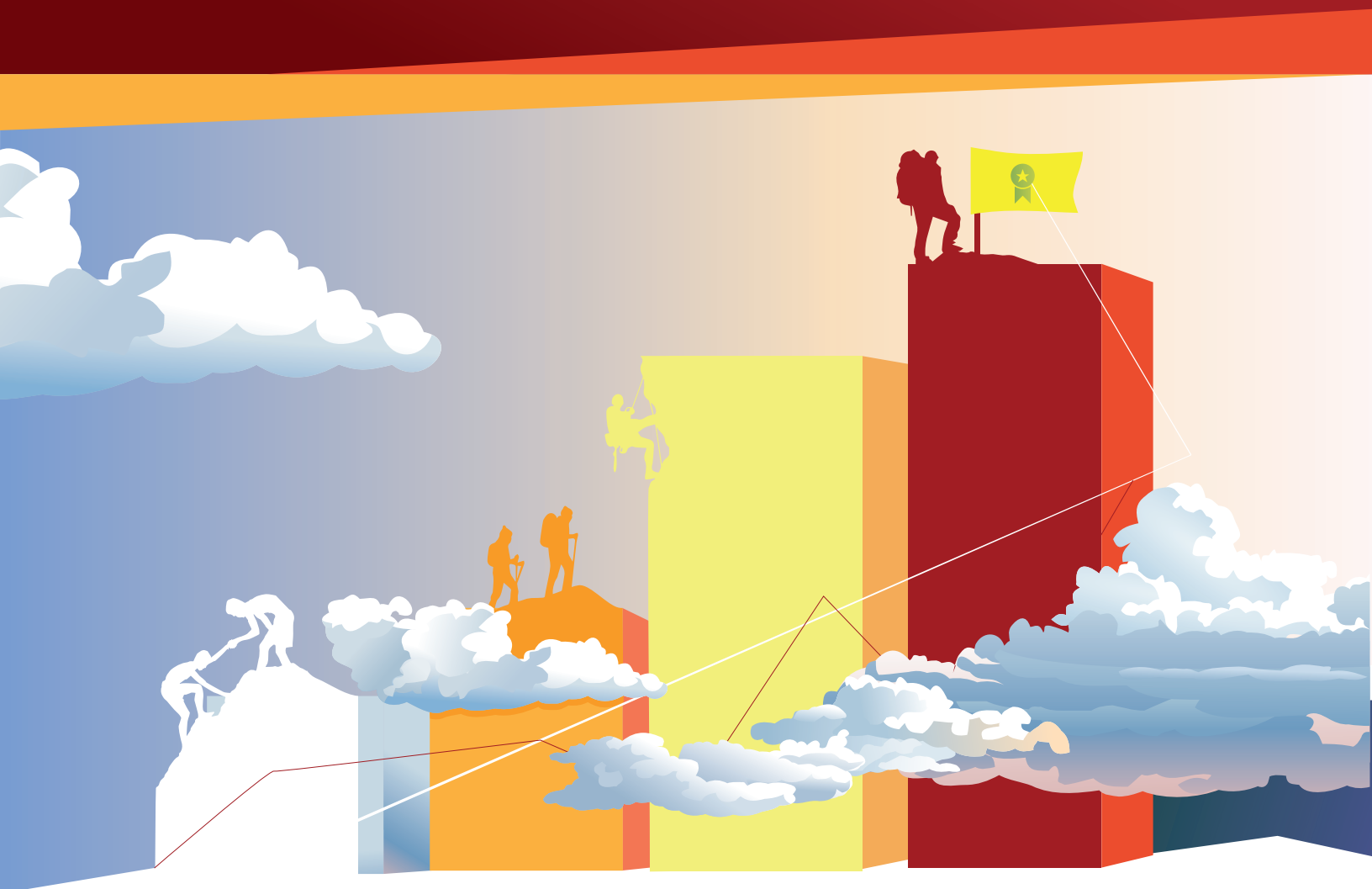


Volumen 4

Número 4

ISSN: 2594-1941

“NUEVOS RETOS PARA EL CONOCIMIENTO”



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA



“Nuevos retos para el conocimiento”

Los artículos son investigaciones propias y originales de los académicos que las suscriben y las opiniones expresadas son responsabilidad de sus autores.

ISSN: 2594-1941

Los centros de investigación de nanotecnología en México, explorando sus datos

Nanotechnology research centers in Mexico, exploring their data

Alejandra Corichi García¹

Resumen

El propósito de esta investigación es presentar un análisis exploratorio para identificar las características de los centros de investigación de nanotecnología en México a partir del estudio de la infraestructura científica y tecnológica; se han destinado fondos públicos para los centros de investigación de este ramo; no obstante, aún no se cuenta con algún registro que identifique lo que en ellos se investiga, se produce o se vende con este tipo de tecnología. El instrumento fue aplicado a 67 personas responsables de los centros de investigación del país. La presente investigación es cuantitativa del tipo no experimental, es de corte transversal y descriptivo. A partir de esto se identificó el tipo de recurso que reciben los centros para su desarrollo, los resultados mostraron que el personal recibe capacitación por lo menos una vez al año, para enfrentar las continuas innovaciones tecnológicas y así competir en un mercado globalizado con el desarrollo de algún producto con nanotecnología. También, se observó el número de personas que laboran, así como el número de líneas y proyectos de investigación, destacando los estados con mayor número de centros de investigación.

Palabras clave: Nanotecnología, centros de investigación, innovación

¹ Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Administración
Orcid: 0000-0002-4785-7234, corichi@uaeh.edu.mx

Abstract

The purpose of this research is to present an exploratory analysis to identify the characteristics of the nanotechnology research centers in Mexico from the study of the scientific and technological infrastructure; public funds have been earmarked for research centers in this field; however, there is still no record that identifies what is investigated, produced or sold with this type of technology. The instrument was applied to 67 people responsible for the country's research centers. The present investigation is quantitative of the non-experimental type, it is cross-sectional and descriptive. From this, the type of resource that the centers receive for their development was identified, the results showed that the staff receives training at least once a year, to face continuous technological innovations and thus compete in a globalized market with development of some product with nanotechnology. Also, the number of people who work was observed, as well as the number of research lines and projects, highlighting the states with the largest number of research centers.

.

Keywords: Nanotechnology, research centers, innovation

Introducción

La nanociencia² y la nanotecnología³ son disciplinas capaces de proporcionar materiales novedosos para áreas como la medicina, biología molecular, física, química y el medio ambiente, así como para industrias del sector farmacéutico, textil, manufacturero, entre otros; asimismo, se utiliza en aplicaciones de las ciencias de los materiales, modelos computacionales de simulación e ingeniería, el

² Es el estudio de los fenómenos y la manipulación de materiales a escala nanométrica. (Royal Society, UK National Academy of Science and the Royal Academy of Engineering, 2004)

³ Es el manejo o montaje de átomos individuales, moléculas y conjuntos moleculares dentro de estructuras tan pequeñas como 100 nanómetros (un nanómetro es equivalente a 10^{-9} m), con la cual se pueden crear nuevos materiales y partes con distintas propiedades (Pole y Owens, 2007).

rediseño de sistemas de producción y la obtención de nuevos materiales y dispositivos (Correia, et al. 2007 y Vásquez et al., 2009).

La nanociencia y la nanotecnología aparecen desde hace más de 50 años cuando los científicos desechan conceptos de física clásica y dando pie a la física cuántica obteniendo así una función distinta que no es posible observar de manera natural; es decir, el átomo es estudiado de manera que el funcionamiento del núcleo de los electrones y los fotones dan lugar a las actividades nanotecnológicas (Quintili, 2012); en la historia de estas ciencias se tiene como pionero al Dr. Richard Feynman⁴ quien proyecta conceptos sobre nanotecnología al hacer uso de estructuras atómicas edificando átomos sobre átomos.

El estudio del mundo pequeño de acuerdo con Álvarez y Barbero (2013) ha generado el uso de nuevas palabras; para este caso el prefijo “nano” que significa enano, diminutivo o pequeño y que señala a lo que se van a dedicar de forma clara la nanociencia y la nanotecnología que son utilizados en fenómenos y objetos que son manipulados en dimensiones de una millonésima parte de un milímetro (1×10^{-9} mts.); por lo tanto hablar de nanotecnología es hablar de un mundo nanométrico donde los materiales adquieren propiedades diferentes a las que tienen a escala microscópica.

En México, entre 1998 y 2004, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) proporcionó un financiamiento aproximado de 14.4 millones de dólares a 152 proyectos de investigación relacionados con nanotecnologías y nanociencias (Záyago - Lau y Foladori, 2010; Takeuchi y Mora, 2011 y Foladori et al., 2012); debido a lo anterior la investigación sobre nanotecnología en México despunta en la década de los 90 y de manera oficial incursiona desde 2001 al reconocer el

⁴ Físico teórico estadounidense conocido por su trabajo en la teoría de la electrodinámica cuántica y en la física de partículas para el que propuso el método de Partón, recibió el premio Nobel de Física en 1965 por sus contribuciones en el desarrollo de la electrodinámica cuántica; Además desarrollo un conjunto de esquemas de representación pictórica ampliamente utilizados para las expresiones matemáticas que rigen el comportamiento de las partículas subatómicas, que más tarde se conocieron como los diagramas de Feynman; también ayudó en el desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial; finalmente introdujo el concepto de nanotecnología, (Cositorto, 2007)

gobierno a la nanotecnología como un área estratégica para dar seguimiento en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 (PECyT), que era parte del Plan de Desarrollo de este periodo; este plan se presentó en México como una política de largo alcance para la Ciencia y Tecnología (CyT), orientada a apoyar la educación científica, la tecnológica y fomentar la inversión pública y privada en investigación y desarrollo de las políticas.

Por otro lado, se sabe que la nanotecnología puede ser aprovechada al máximo y lo hace a través de un campo estratégico de políticas de ciencia y tecnología (CONACyT, 2002) y es a partir de 2009 que este organismo destina financiamientos junto con la Red Nacional de Nanociencia y Nanotecnología a fin de impulsar el desarrollo de centros públicos y privados de investigación en todo el país; abriendo una gran oportunidad a fin de crear conocimiento multidisciplinario y distribuir diferentes aplicaciones de nanotecnología y nanociencia.

Otro apoyo para este tipo de investigación se establece en el estado de Nuevo León, con la creación de un clúster especializado en nanotecnología en 2008, siendo un parque de alta tecnología, que agrupa a distintos centros de investigación, universidades, agencias de gobierno y empresas a fin de impulsar la nanotecnología como una herramienta para incrementar la competitividad de las empresas (CIMAV, 2014).

Por su parte el CONACyT implementa una serie de programas de apoyo como el Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2006 (PECyT) en el cual se establece la necesidad de contar con un Programa Nacional de Nanotecnología para sostener una red de intercambio científico; posteriormente este mismo programa en su versión 2008-2012 declara a las nanociencias y las nanotecnologías como una de las nueve áreas prioritarias para el desarrollo de la CyT; para finales de 2010, se implementa la política de nanociencia y nanotecnología en México estableciéndose cuatro líneas de desarrollo: la creación de una red nacional de investigación (RNyN), la construcción de dos laboratorios nacionales, el desarrollo de parques tecnológicos y el establecimiento del laboratorio binacional de sostenibilidad.

No obstante, los fondos públicos que se han destinado a laboratorios especializados, así como el establecimiento de parques industriales y a la creación de redes de investigación; el desarrollo de las nanotecnologías en México es incipiente de acuerdo con Záyago-Lau, et al., (2015) y aún no se cuenta con algún tipo de registro que identifique lo que en ellos se investiga, se produce o se vende con este tipo de tecnología; por otro lado, existe poca información sistematizada de los centros de investigación y universidades públicas, generando también un desconocimiento de la información que se realiza en el sector privado; lo anterior se complica aún más con la ausencia de un programa o institución con lineamientos establecidos para su desarrollo y control de la información, propiciando brechas cada vez mayores en este rubro (Záyago-Lau y Foladori, 2010 y Foladori e Invernizzi, 2013).

Por lo anteriormente señalado, el propósito de esta investigación es presentar algunos resultados del análisis exploratorio identificando las características generales de los centros de investigación de nanotecnología en México a partir de la información obtenida respecto a la infraestructura científica y tecnológica.

Desarrollo

La literatura consultada presenta algunas vertientes que son fundamentales para este estudio, debido a que se analiza el desempeño de las nanotecnologías en México permitiendo observar los avances tenidos de forma cronológica.

En 2008, se establece el primer estudio sobre el Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México, el cual fue llevado a cabo por el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) con el apoyo de la Secretaría de Economía (SE), en el estudio se identificaron 56 instituciones que desarrollan actividades de investigación y docencia relacionadas con nanotecnología, también, se detectaron 449 investigadores afines a esta área del conocimiento, destacando un mayor número de investigadores en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). De igual forma, se establecieron 340 líneas de investigación y 191 proyectos. Por el

lado de la academia se detectaron programas de maestría y doctorado donde se imparten asignaturas relacionadas con la nanotecnología.

El estudio presenta un primer inventario sobre las empresas que trabajan con nanotecnología; destacándose que, de un total de 94 empresas, 64% se clasifican como grandes, 20% son medianas, 12% pequeñas y sólo 4% son consideradas micro empresas. Distribuidas en 15 entidades federativas, siendo el estado de Nuevo León el de mayor porcentaje con 22.3%, seguido del estado de Jalisco con 14.9%, Ciudad de México y Estado de México con 14.8% respectivamente y Guanajuato con 11.7% (CIMAV, 2008).

Por otro lado, Záyago-Lau y Foladori (2010) realizan un diagnóstico de las acciones que los centros de investigación han elaborado para incorporarse a la revolución de las nanotecnologías; ejemplo de ellos es el Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) organismo que en 2008 inaugura el NANOTECH (Laboratorio Nacional) con el propósito de poner al servicio de las instituciones y empresas mexicanas el desarrollo de aplicaciones específicas con nanotecnología.

Otra institución clave para el desarrollo de la nanotecnología es el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT) quien actualmente funge como sede del Laboratorio Nacional de Investigaciones en Nanociencias y Nanotecnología (LINAN), con el propósito de orientar sus investigaciones en la formación de recursos humanos competitivos y contribuir al desarrollo de las empresas en la región; tanto el NANOTECH como el LINAN se presentan como los proyectos más relevantes de la nanotecnología en México. Estos autores presentan datos sobre 56 centros de investigación y 449 investigadores trabajando con 340 líneas de investigación relacionadas con la nanotecnología.

En 2018, ProMéxico presenta el estudio denominado El Mundo de la Nanotecnología, Situación Actual y Prospectiva para México, elaborado por la Unidad de Inteligencia de Negocios; en este estudio se hace una descripción del ecosistema de la nanotecnología en México presentándose los siguientes datos: 70 empresas trabajan con nanotecnología, 58 centros de investigación y desarrollo tanto públicos y privados, 54 instituciones educativas, 7 redes temáticas de

investigación y un clúster especializado que cuenta con una incubadora de empresas en este ramo.

En este estudio se reconocen más de dos mil investigadores especializados colaborando en alguna de las redes temáticas nacionales e internacionales (ProMéxico, 2018). El diagnóstico consideró los resultados publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) presentando un inventario de empresas del sector productivo que hicieron uso de la nanotecnología, identificándose 188 empresas distribuidas en los siguientes sectores industriales; 44% corresponden al sector de sustancias y productos químicos, 13% a maquinaria y equipo, 10% pertenecen al sector productos de informática, electrónica y óptica y 8% es para el sector farmacéutico.

Es importante destacar que en el estudio se presentan 58 centros de investigación operando con recursos públicos y privados, ubicados principalmente en el estado de Nuevo León, seguido por Querétaro y Ciudad de México (ProMéxico, 2018).

El presente trabajo está dirigido a los centros de investigación de nanotecnología en México debido a que son los actores principales en la producción de conocimiento en el campo de las nanotecnologías con el propósito de diseñar una base de datos y establecer un primer acercamiento para identificar la dinámica de trabajo que realizan y así determinar la situación actual de la nanotecnología en México.

La identificación de los centros de investigación de nanotecnología en México se efectuó a través del portal del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y de la Secretaría de Economía respecto a los diagnósticos realizados en el tema de nanotecnología del año 2008, así como del Fideicomiso del Gobierno de México denominado ProMéxico 2018. Para complementar la información se realizaron consultas a sus respectivas páginas web.

La información obtenida posibilitó el diseño de una base de datos de los centros de investigación de nanotecnología en México, de igual forma, se construyó un instrumento para la recolección de la información adecuado a las unidades de

análisis. En esta primera etapa se logró contactar a los responsables de los centros de investigación de nanotecnología y enviarles el cuestionario vía correo electrónico complementándose la información con llamadas telefónicas.

Para la recolección de la información se realizó un censo a los 67 centros de investigación de nanotecnología identificados; sin embargo, al hacer el análisis de la base de datos se eliminaron 13 centros de investigación en virtud de que no proporcionaron la información solicitada, argumentando situaciones de confidencialidad y quedando finalmente 54 centros mismos que se ajustaron a una muestra aleatoria de 16 centros de investigación.

Inicialmente se identificaron 20 estados de la república donde se ubican los centros de investigación de nanotecnología (ver figura 1), cabe resaltar que los estados con mayor número se localizan en; Ciudad de México y Querétaro con 8, Nuevo León con 6 y San Luís Potosí con 5, en Baja California Sur, Chihuahua, Guanajuato y Yucatán se ubican 3 centros entre los más destacados.

Figura 1. Distribución geográfica de los centros de investigación de nanotecnología en México



Fuente: Elaboración propia a partir de la información obtenida

Posteriormente se obtuvieron los estadísticos descriptivos de los ítems que conforman el instrumento, calculando la media, la mediana y la moda (ver tabla 1).

Tabla 1. Estadísticos descriptivos

Estadísticos descriptivos	Media	Mediana	Moda
Número de líneas de investigación	12.33	6.00	4
Número de publicaciones en los últimos cinco años	35.13	10.00	2
Número de proyectos de investigación	37.62	15.00	5
Número de proyectos de investigación de nanotecnología	4.40	2.00	1
Número de personas que laboran	63.88	33.00	13 ^a
Número de veces que reciben capacitación por año	2.33	2.00	2
Número de colaboraciones científicas	11.95	8.00	5 ^a

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

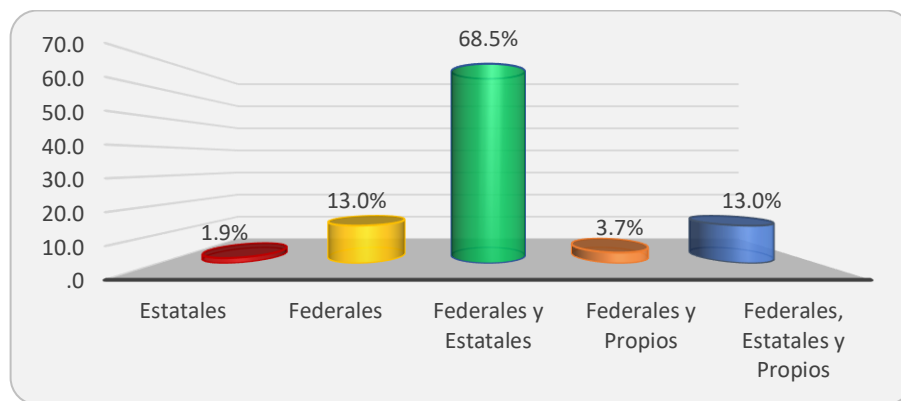
El CONACYT es la institución responsable de fortalecer el desarrollo científico en el país, así como la modernización tecnológica y tiene a su cargo la gestión de recursos para proyectos relacionados con nanotecnología y para el fortalecimiento de su infraestructura; a nivel estatal existen programas que están en posibilidad de impulsar esta industria y las inversiones federales y estatales buscan promover estas tecnologías dirigidas principalmente a redes de investigación, centros de investigación y parque industriales (ProMéxico, 2018).

Los resultados indican que de los 54 centros de investigación 68.5% cuentan con recursos federales y estatales, es decir que más de la mitad son financiadas con este tipo de recursos; 13.0% tiene acceso a recursos federales, estatales y propios, de igual forma 13.0% tienen acceso a recursos federales, 3.7% cuentan con recursos federales y propios, mientras que el 1.9% funcionan con recursos estatales (ver figura 2).

Sin embargo, las iniciativas necesarias para el desarrollo científico de la nanotecnología en México requieren de más apoyo siendo una necesidad que el

gobierno, las universidades y el sector privado apoyen a la comunidad científica y existan proyectos interdisciplinarios que fomenten la investigación básica, y en el mediano plazo se concrete la investigación aplicada con productos y patentes en el mercado y de acuerdo con Záyago-Lau et al; (2013) el desarrollo nanotecnológico en México se enmarca en un contexto donde el apoyo a la ciencia y tecnología (CT) es limitado.

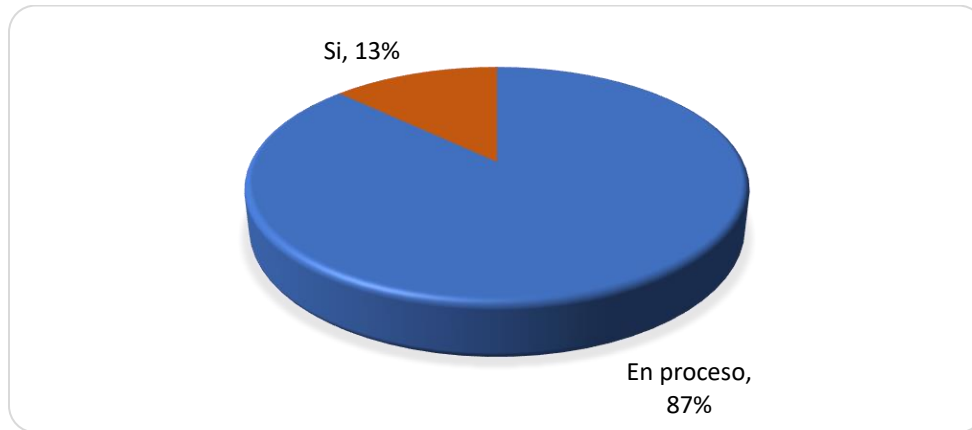
Figura 2. Tipo de financiamiento que reciben los centros de investigación de nanotecnología



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Los productos elaborados con nanotecnología o sus procesos se clasifican en función de su ubicación en la cadena de valor, el Lux Research (2004) hace la siguiente categorización: Nanoherramientas, es el equipo y software para visualizar, manipular y modelar; nanomateriales, estructuras a nanoescala en forma no procesada; nanointermedios, productos intermedios con características de nanoescala y los productos nanohabilitados, bienes finales que incorporan nanotecnología; en la figura 3 se observa que, de los 54 centros de investigación, sólo el 13% cuentan con un producto elaborado con nanotecnología mientras 87% se encuentra en proceso, confirmando que el avance en materia de nanotecnología sigue siendo un tema pendiente para la comunidad científica en México.

Figura 3. Centros de investigación que han desarrollado productos con nanotecnología



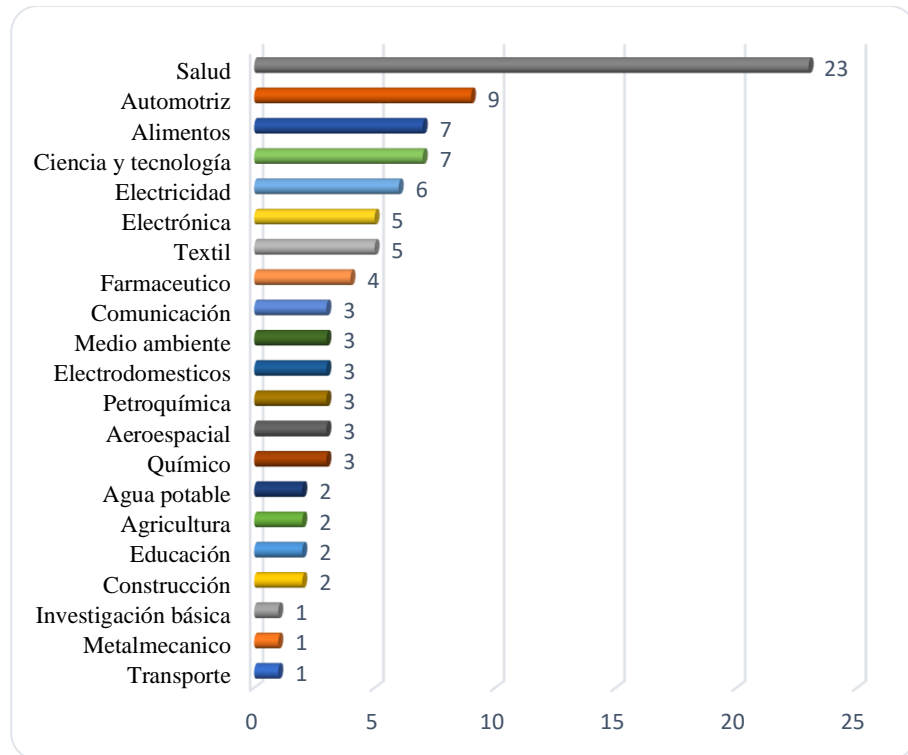
Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Uno de los sectores más dinámicos es el sector salud, donde la aplicación de la nanotecnología ha contribuido con el desarrollo y mejora de sistemas y procesos innovadores como el desarrollo y caracterización de jaulas de oro nanométricas para tratamientos de cáncer, materiales antibacteriales en hospitales y equipos de prevención, diagnóstico y tratamiento, creando soluciones médicas que anteriormente eran inimaginables, pero que hoy se convierten en una realidad. Ubicándose con 23% de los centros de investigación en nanotecnología que respondieron.

El sector automotriz se ubicó con 9% con productos mejorados por los nanomateriales como para la economía de combustibles, lubricantes y revestimientos de fácil limpieza, también se usa en la protección de los motores para lograr mejores rendimientos, la industria alimentaria con 7% fue otro sector que mayormente se seleccionó por los centros de investigación debido a la aplicación en áreas como la calidad y seguridad en los alimentos al momento de ser envasados. También contribuye a la mejora del control de calidad y la formación de nanopartículas, nanoemulsiones y nanocápsulas, permitirá mejorar el valor nutricional de los productos. La figura 6 muestra los sectores en los cuales están

enfocados los centros de investigación de nanotecnología en este trabajo de tesis (ver figura 4).

Figura 4. Sectores a los que están enfocados los centros de investigación de nanotecnología en México



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Se realizó un cruce de variables para identificar los productos que se desarrollan en los centros de investigación y conocer cuántos de ellos se encuentran actualmente en el mercado, identificando que en 47 centros han desarrollado productos con nanotecnología y 7 centros de investigación cuentan actualmente con productos en el mercado (ver tabla 2)

Tabla 2. Centros de investigación que han desarrollado productos con nanotecnología que ya se encuentran en el mercado o están en proceso

		Productos en el mercado o en proceso		Total
		Sí	En proceso	
Productos desarrollados con nanotecnología	En proceso	39	8	47
	Sí	7	0	7
Total		46	8	54

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

En cuanto a la capacitación que se tiene en las unidades de análisis, se confirma la importancia de contar con capacitación permanente y sobre todo al ser un área prioritaria en México (CONACyT, 2008); existe la necesidad de que el personal este consiente de la trascendencia en los productos con alto valor añadido, se trata de un ámbito que está adquiriendo gran protagonismo con gran proyección en la economía mundial, los resultados indican que el personal que labora en los centros de investigación reciben por lo menos una capacitación al año, han desarrollado algún producto o se encuentran en proceso (ver tabla 3).

Tabla 3. Capacitación del personal que labora en centros de investigación y han desarrollados productos con nanotecnología

		Desarrollaron algún producto con nanotecnología		Total
		Si	En proceso	
Número de veces que reciben capacitación	1	5	3	8
	2	36	4	40
Total		41	7	48

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados obtenidos

Conclusiones

La literatura consultada muestra los avances que se tienen en la investigación de la nanotecnología en México, identificándose las estrategias realizadas por los diferentes organismos, sin embargo, aún existe mucho camino por recorrer, debido a que este rubro sigue siendo un área de oportunidad para los centros de investigación en nuestro país. Asimismo, se observó que la mayor parte de los estudios relacionados con el tema se encuentran enfocados a generar inventarios de las empresas que elaboran productos con nanotecnología sin destacar la importancia de los proyectos que se desarrollan en esta área.

Estos resultados tienen el propósito de mostrar un diagnóstico de la situación actual de la nanotecnología en México con información recabada a través de un instrumento diseñado específicamente para aplicarse a estos centros de investigación. Los resultados estadísticos mostrados indican la relación que existe entre algunas variables de impacto para este sector por lo que en una segunda fase se estará en posibilidad de presentar mayores resultados con el propósito de identificar el impacto de los productos con nanotecnología en México.

Bibliografía

- Álvarez, C. y Barbero, H. (2013). Nanotecnología: máquinas moleculares o cómo hacer que algo se mueva cuando tú quieres. *Revista de Ciencias*, 2 pp. 5-12.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) y Secretaría de Economía (SE). (2008). "Diagnóstico y Prospectiva de la Nanotecnología en México". Recuperado de http://www.2006-2012.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/Estudios/Diagnostico_y_Prospectiva_Nanotecnologia_Mexico.pdf.
- Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) (2014). Anexo I. Plan Estratégico de Mediano Plazo (PEMP) 2014-2018. Recuperado de <https://cimav.edu.mx/wp-content/uploads/2016/03/PEMP2014-2018.pdf>.

- Correia, A., Pérez, M., Sáenz, J. & Serena, P. (2007). Nanoscience and nanotechnology: Driving research and applications, *Phys. Stat. Sol. (RRL)* 1, pp. 68-72.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2002). "Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001–2006". Recuperado de https://www.cepal.org/iyd/noticias/pais/8/31458/Mexico_Doc_4.pdf.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2008). *Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT)*, Recuperado de <http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/Peciti.pdf>.
- Cositoro, B. (2007) *Biografías Universales. Grandes Forjadores de la historia de la humanidad*. En Gran Enciclopedia Time Life. México, D.F.: Ediciones Culturales Internacionales.
- Foladori, G., Invernizzi, N. y Záyago-Lau, E. (2012). *Perspectivas sobre el desarrollo de las nanotecnologías en América Latina*, México: Editorial Miguel Ángel Porrúa.
- Foladori, G. e Invernizzi, N. (2013). Inequality gaps in nanotechnology development in Latin America. *Journal of Arts and Humanities*. 2(3), pp. 35-45.
- Lux Research, Inc. (2004). *The Nanotech Report 2004. Investment Overview and Market Research for Nanotechnology (Third Edition)*. New York: Lux Research, Inc.
- ProMéxico y Unidad de Inteligencia de Negocios (2018). *El Mundo de la Nanotecnología. Situación y Prospectiva para México*. Recuperado de <http://www.Te-nologia-situacion-y-prospectiva-para-mexico-ul1-1-inteligencia-de-negocios-1-l-1-unidad-de.html>.
- Quintili, M. (2012). Nanociencia y nanotecnología... un mundo pequeño. *Cuaderno 42, Centro de Estudios en Diseño y Comunicación*, pp. 125-155.

- Takeuchi, N. y Mora, M. (2011). Divulgación y formación en nanotecnología en México, *Mundo Nano* 4 (2), pp. 59-64.
- Vásquez, J., Martín, F., Martínez, M. y Novoa, F. (2009). Aplicaciones médicas de las nanotecnologías en relación con las otras tecnologías NBIC. *Nuevas Fronteras Tecnológicas*. p. 2-6.
- Záyago – Lau, E. y Foladori, G. (2010). La nanotecnología en México: un desarrollo incierto. *Economía, Sociedad y territorio*, 10(32), pp. 143-178.
- Záyago-Lau, E., Foladori, G., Villa, L., Appelbaum, R. y Arteaga, R. (2015). Análisis Económico de las Empresas de Nanotecnología en México. *Documentos de trabajo de IELAT*, 79, pp. 1-31.