

Empresas nanotecnológicas en México: frente a la necesidad de un inventario nacional

Nanotechnology companies in Mexico: facing the need for a national inventory

Edgar Arteaga Figueroa
Ángeles Ortiz-Espinoza
Guillermo Foladori

Correspondencia: arteagafigueroa@gmail.com
Investigador Posdoctoral en la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas

Correspondencia: angeles.ortiz.espinoza@gmail.com
Estudiante del Doctorado En Estudios del Desarrollo en la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas

Correspondencia: gfoladori@gmail.com
Profesor-investigador en la Unidad Académica de Estudios del Desarrollo. Universidad Autónoma de Zacatecas

Fecha de recepción:
26-julio-2022
Fecha de aceptación:
24-agosto-2023

Resumen

Las nanotecnologías implican la manipulación de la materia a una escala aproximada de entre 1 y 100 nanómetros. A esta magnitud, las propiedades de los materiales cambian significativamente, lo que posibilita una gran variedad de aplicaciones industriales novedosas. Desde inicios de este siglo, los nanomateriales se aplican en dispositivos y productos finales, prácticamente sin restricciones. Algunos países desarrollados comenzaron a exigir registros de empresas que importan, fabrican o comercializan productos nanohabilitados. En el caso de México, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ha realizado proyecciones oficiales que contabilizan poco más de un centenar de compañías. En esta investigación se realizó un inventario propio, con la finalidad de identificar a las empresas que efectivamente incorporan nanotecnologías al interior del país. Se obtuvo la distribución geográfica de las empresas y, una vez localizadas, se les asignaron sectores económicos de acuerdo con el Sistema de Clasificación Industrial Internacional Uniforme (ISIC 4) de todas las actividades económicas. Los resultados indican que en el país hay al menos 138 empresas concentradas en las regiones metropolitanas más importantes. Impulsar un registro obligatorio de empresas que utilizan nanomateriales o venden productos nanohabilitados es clave en la creación e implementación de una política pública de nanotecnologías.

Palabras clave: nanotecnologías, empresas, inventarios públicos, distribución geográfica, sectores económicos.

Abstract

Nanotechnologies involve the manipulation of matter at an approximate scale between 1 and 100 nanometers. At this magnitude, material properties change significantly, enabling a wide variety of novel industrial applications. Since the beginning of this century, nanomaterials have been applied in devices and final products, with practically no restrictions. Some developed countries have begun to require registration of companies that import, manufacture or market nanoenabled products. In the case of Mexico, the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) has made official projections that account for just over a hundred companies. In this research, an own inventory was carried out, with the purpose of identifying the companies that effectively incorporate nanotechnologies within the country. The geographical distribution of the companies was obtained and, once located, they were assigned economic sectors according to the International Standard Industrial Classification System (ISIC 4) of all economic activities. The results indicate that in the country there are at least 138 companies concentrated in the most important metropolitan regions. Promoting a mandatory registration of companies that use nanomaterials or sell nanoenabled products is key in the creation and implementation of a public policy on nanotechnologies.

Key words: nanotechnologies, companies, public inventories, geographic distribution, economic sectors.

Introducción

La investigación y manipulación de la materia en tamaños por debajo de los 100 nanómetros en alguna de sus dimensiones se conoce como nanotecnologías (National Nanotechnology Initiative [NNI], 2000). Estas han tenido un auge en su Investigación y Desarrollo (I&D) y también en su incorporación a procesos industriales desde los primeros años de este siglo. Hoy en día están presentes en la mayoría, si no todos, los sectores económicos (Tsuzuki, 2009). Ello obedece a que en tamaño atómico y molecular la materia presenta funcionalidades novedosas si se las compara con los mismos materiales en tamaño mayor; cambia, por ejemplo, la conductividad eléctrica, la capacidad de catálisis, la resistencia física y otros desempeños físico-químicos; y también biológicos, porque la potencial toxicidad no es necesariamente igual a la que se conoce a los 100, 200, 300 y a veces 1000 nanómetros según el tipo de material y otras características, pero por convención se consideran nanomateriales aquellos menores a 100 nanómetros.

Desde principios de siglo y durante las primeras dos décadas, los materiales se han introducido en el mercado como materia prima, como dispositivos y también en los productos finales sin prácticamente ninguna restricción más allá de las que la reglamentación de productos químicos aplica a los mismos materiales en mayor tamaño. Esto significa una paradoja: la industria y los gobiernos reconocen las nuevas funcionalidades de la materia en tamaño nano para efectos productivos, pero rechazan que puedan significar riesgos tóxicos diferentes a los materiales en mayor tamaño. La práctica de dos décadas de producción e investigación con nanotecnología ha hecho evidente lo que varias Organizaciones No Gubernamentales (ONG) y Sindicatos venían reclamando desde principios de siglo: la urgencia de aplicar el principio de precaución previo a la comercialización de productos con nanotecnologías (Invernizzi, Foladori y Maclurcan, 2008). A cuentagotas, algunas legislaciones comenzaron a establecer restricciones a la comercialización de productos conteniendo nanotubos de carbono, grafeno y nano-dióxido de titanio, principalmente en la Unión Europea. Comenzando la tercera década del siglo, la Unión Europea revisó en varios anexos de su reglamentación sobre químicos el lugar de los nanomateriales, haciendo explícito que deben ser analizados como materiales específicos y con diferentes aplicaciones

de las que tienen a mayores tamaños. El punto central en discusión es, claramente, la potencial toxicidad en caso de no considerarse los materiales en tamaño nano como nuevos químicos (The Royal Society, 2004).

A inicios de la segunda década del siglo XXI, algunos países europeos, como Francia y Bélgica, comenzaron a exigir un registro por parte de industriales que incorporan nanomateriales, comerciantes que venden productos o la propia materia prima, e inclusive importadores (European Chemicals Agency [ECHA], 2019). Un inventario de empresas de nanotecnología es el punto de partida de cualquier posibilidad de una política pública al respecto. A pesar de aquellos intentos aislados, lo cierto es que nadie sabe ni la variedad, ni la cantidad, ni la distribución de los nanomateriales en los artículos comerciales, y tampoco el ritmo o velocidad con que nuevos entran al mercado. Un indicador altamente elocuente de esta ignorancia son algunos de los inventarios de productos en el mercado con nanotecnologías que diversas instituciones han venido elaborando desde hace años. Algunos de esos inventarios deben basarse en la información que eventualmente brindan las propias empresas, o investigadores; otras lo hacen a partir de la exigua información comercial donde aparece la referencia, y todas son claramente limitadas en su alcance, como más adelante resumiremos.

Como han señalado la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), desde hace 20 años el impacto a la salud y los ecosistemas de los químicos que están en las cosas de consumo cotidiano debe considerarse como una pandemia mundial (Kemf y United Nations Environment Programme, 2013). Los nanomateriales son químicos y se inscriben en esa preocupación.

Además de la Unión Europea, otros países comenzaron a regular las nanotecnologías en algunos mínimos casos y aspectos, por ejemplo, etiquetando productos con la advertencia de la existencia de materiales nano (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2012), prohibiendo algunos productos para aplicaciones industriales específicas, como en la alimentación (Safe Food Advocacy Europe, 2020). China, en los últimos años, ha revisado también su regulación de químicos destacando un tratamiento específico para los nanomateriales (Guan Yu, 2021; He, 2021). Estados

Unidos ha avanzado tímidamente con algunos nanomateriales, restringiendo su uso (U.S. Environmental Protection Agency [EPA], 2017).

En América Latina no existe ningún país que haya dado algún paso en el sentido de identificar las aplicaciones de productos con nanotecnología. No se conoce ni los productos que circulan en el mercado, ni las industrias que incorporan materia prima nano y materiales auxiliares, ni la procedencia de la materia prima, ni los volúmenes que entran al país, ni existe un mecanismo para identificar los productos en el transporte y comercio internacional (Foladori, 2012). Sin embargo, las estimaciones y limitados inventarios muestran que esos químicos están en los mercados latinoamericanos.

México, luego de Brasil, es el país que probablemente tenga mayor producción de artículos que contengan nanomateriales, a juzgar por el temprano desarrollo de centros de investigación, de clústeres de nanotecnología, de importantes abastecedoras de dispositivos para industrias estadounidenses y que claramente utilizan muchas nanotecnologías, como la industria electrónica. Siguiendo indicaciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), México ha incorporado en sus estadísticas oficiales un módulo para contemplar las nanotecnologías en las Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) desde el año 2012. No se trata de un inventario de empresas propiamente dichas, porque el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2019) realiza un muestreo industrial y, sobre esa base, una estimación, pero para el año 2016 estimó en 144 el número de empresas que fabrican e implementan nanotecnologías.

Lo que este artículo busca no es realizar una estimación nueva, sino identificar con mayor rigurosidad e información (que se detalla en la metodología), las empresas que efectivamente incorporan nanotecnologías a sus procesos productivos, el lugar geográfico en que están asentadas, el sector económico en el cual participan, y el producto en cuestión que colocan en el mercado. Debe advertirse que, como en el caso de cualquier nueva tecnología, la presencia de empresas en el mercado puede ser fugaz. No obstante, desde la Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad (Relans)¹ se viene dando seguimiento a este tema desde hace más de una década, con lo cual ha afinado los pasos y criterios.

¹ Para mayor información, véase: www.relans.org

En términos de responsabilidad social, el que México logre impulsar un registro obligatorio de empresas que trabajan con nanotecnologías y sus características sería un avance sustancial para establecer políticas públicas y para posicionarse en el contexto internacional con seriedad frente a potenciales problemas que afectan a la salud de sus ciudadanos.

Inventarios de nanotecnologías

El primer registro de un inventario público mundial de productos que contienen nanotecnologías se realizó en 2005 por el Woodrow Wilson International Center for Scholars (WWICS) en Washington D.C. (Woodrow Wilson International Center for Scholars [WWICS], 2021). Este inventario se convirtió en el recurso más citado en aplicaciones generalizadas de la nanotecnología. Sin embargo, en 2009 el proyecto dejó de recibir financiamiento (VT Daily, 2013). Para darle continuidad, el WWICS se asoció con el Instituto de Tecnología Crítica y Ciencias Aplicadas del Instituto Politécnico de Virginia (ICTAS-VT), lo que le permitió mejorar en gran medida la confiabilidad y funcionalidad de su base de datos original; sin embargo, su última actualización fue realizada en marzo de 2015, donde llegó a contabilizar 1814 productos en una base de datos de búsqueda pública (WWICS, 2021).

Nanowerk, con sede en Estados Unidos y Alemania, es otra empresa que mantiene un sitio web que difunde información acerca del avance de las nanotecnologías. Sus bases de datos no incluyen productos como era el caso del WWICS, pero sí un registro global de empresas, clasificadas alfabéticamente y por sectores. En mayo de 2021, Nanowerk contaba con información de 1499 empresas a nivel mundial (Nanowerk, 2021). Estados Unidos lidera, con 690; le siguen Alemania con 155, Reino Unido con 114, Japón con 39, Francia con 38 y todos los demás países con aún menos empresas.

StatNano es un proyecto que inició en 2010 con la finalidad de identificar fuentes de información de la industria y la academia para recopilar contenidos relacionados con la nanotecnología. Actualmente, ofrece las bases de datos mundiales de nanotecnología (Nanotechnology Products Database), que incluyen los datos de empresas y productos, normas nacionales, universidades y centros de investigación,

nanomateriales, así como documentos de políticas y planes nacionales de desarrollo de diferentes países en el campo de la nanotecnología. Hasta mayo de 2021, la base de datos contabilizaba 9151 productos en 2612 empresas de 64 países (StatNano, s.f.).

Existen también diversos inventarios nacionales. El Ministerio Federal de Investigación y Educación de Alemania también mantiene un registro de instituciones relacionadas con el desarrollo de la nanotecnología en ese país, incluidas instituciones de investigación, laboratorios, universidades y empresas. Según la información disponible en su página de internet, al momento de escribir este artículo existen 603 medianas y pequeñas empresas y 164 grandes corporaciones con productos de nanotecnología. Los registros se clasifican de acuerdo al sector final de aplicación (automotriz, químico / materiales, construcción, energía, salud) y las disciplinas tecnológicas que complementan (Biotecnología, Óptica, Química, entre otras) (Federal Ministry of Education and Research, s.f.).

El Ministerio de Transición Ecológica e Inclusiva, de Francia, mantiene un registro obligatorio para las empresas y entidades que fabrican, importan, exportan y distribuyen nanomateriales, así como declaraciones sobre los riesgos que implica el uso de cada material (R-nano). En 2019, R-nano reportó que 1216 entidades francesas producen, importan o distribuyen sustancias en estado nanoparticulado (en comparación con 1288 reportadas en 2018) (Ministère de la Transition Écologique et Solidaire [MTES], 2020). Este reporte permite determinar cuáles fueron las cinco sustancias más producidas en el país (sílice, negro de humo, carbonato de calcio, dióxido de titanio y silicato de magnesio), así como las cinco sustancias más importadas (negro de carbón, sílice, carbonato de calcio, boehmita y el pigmento rojo 48:2). Además, permite saber que 1107 de las empresas son distribuidores (más del 90%); 351 son usuarias y distribuidoras; 187 son importadoras; 51 son productoras, y 26 son reacondicionadoras y distribuidoras (MTES, 2020).

Dinamarca también mantiene una base de datos de búsqueda de productos nanotecnológicos a disposición del público. “The Nanodatabase” está patrocinada por el Consejo de Consumidores de Dinamarca, el Consejo de Ecología de Dinamarca y el Departamento de Ingeniería Ambiental (DTU Environment). Su inventario se basa en el autoinforme: para dar de alta un producto se llena un formulario online, donde

se incluye el nombre y fotografía del producto y los datos generales de la empresa. A mayo de 2021, se habían identificado 5107 productos (The Nanodatabase, 2013).

En América Latina, la Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) ha realizado el “Mapa de la Nanotecnología en Argentina”, que ofrece información sobre investigadores, becarios, centros de investigación, institutos y empresas de nanotecnología en el país. La forma de incorporación de nuevos datos al mapa se realiza a través de un procedimiento similar al que se utiliza en Dinamarca. Actualmente, el inventario tiene 73 empresas registradas, pero varias son sólo de investigación (Fundación Argentina de Nanotecnología [FAN], 2021). Datos más detallados sobre la presencia en el mercado argentino de productos con nanotecnología fueron publicados en 2018 y en 2021. Una investigación llevada a cabo por la Relans, en colaboración con la Red Nano Colombia (Foladori et al., 2018), identificó 37 empresas que lanzaban productos nanotecnológicos al mercado. En 2021, un proyecto colectivo sobre el desarrollo de las nanotecnologías en Argentina incorpora un capítulo que identifica 28 empresas productoras, número que coincide con la investigación señalada anteriormente, si se incluyen además aquellas que solo se dedican a actividades de I+D (Surtayeva, 2021).

El gobierno brasileño ha impulsado la investigación y desarrollo de las nanotecnologías desde inicios del siglo y, particularmente, hasta mediados de la segunda década. Estudios basados en datos de hasta 2017 ya distinguían 1085 empresas (505 productoras, 418 comercializadoras y 162 que realizan actividades de I&D), lo cual no sorprende dado el tamaño del país y el apoyo gubernamental en ese periodo, particularmente para pequeñas y medianas empresas innovadoras (Barbosa, Invernizzi y Bagattolli, 2021). Colombia también registra empresas nanotecnológicas con presencia en el mercado. Bermúdez et al. (2018) enlistaron ocho empresas, siendo la mayoría del sector químico.

En el caso de México, todavía existe un vacío significativo en la sistematización de información relacionada con el desarrollo de estas tecnologías. Esto se debe principalmente a la falta de una iniciativa, política pública o algún marco regulatorio que implique el ordenamiento de datos sobre este paquete tecnológico. La primera ocasión que las nanotecnologías aparecieron en la agenda nacional fue en el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT) 2001-2006, donde se les denominó

área de interés para la investigación, específicamente del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) (CONACYT, 2002). A partir de entonces, el rápido crecimiento de las nanotecnologías en el escenario mundial, que presiona para su replicación en otros países, y la ausencia de una estrategia pública, han vuelto cada vez más difícil recolectar información sobre el avance de estas tecnologías en el país. A pesar de ello, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía ya ha realizado algunos esfuerzos para estimar el número de empresas que producen o implementan estas tecnologías en sus procesos productivos. También existen investigaciones desde la academia, como la realizada por Relans, para detectar los sectores económicos de mayor aplicación de nanotecnologías y los productos nanohabilitados que se comercializan. En lo que sigue se explica la metodología desarrollada para realizar un análisis más detallado de las empresas con presencia de nanotecnologías en México a comienzos de la tercera década del siglo XXI.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en dos partes de manera independiente: la primera correspondiente al registro de un inventario de elaboración propia de empresas dedicadas a nanotecnología; la segunda corresponde a la revisión de los datos oficiales publicados en la ESIDET para los años 2012, 2014 y 2017, cuyo levantamiento estuvo a cargo del INEGI (2012; 2014; 2017).

La primera parte, a su vez, se divide en dos etapas: la primera consistió en realizar un inventario de empresas que realizan o comercializan productos nanohabilitados en México. Para ello, se tomaron como base dos inventarios previos: Empresas nanotecnológicas en México: hacia un primer inventario (Záyago et al., 2013) y Análisis económico sectorial de las empresas de nanotecnología en México (Záyago et al., 2015). La información se obtuvo de diversas fuentes:

- Página web de la empresa, avisos de privacidad, términos y condiciones, anuncios en internet, radio y televisión: la compañía menciona explícitamente que realiza o vende productos nanohabilitados.

- Parques especializados: página web del Cluster de Nanotecnología de Nuevo León² y del Gobierno del Estado de Nuevo León.³
- Portales de transparencia sobre el presupuesto ejercido por empresas en proyectos de nanotecnologías. Portal del sistema de información pública sobre contrataciones públicas (Compranet).⁴
- Boletines de prensa, artículos científicos y de divulgación en revistas académicas donde se informa que la empresa participó en algún proyecto de nanotecnologías.

La información se recopiló entre el 17 de diciembre de 2020 y el 20 de abril de 2021. Se partió del producto o productos con nanotecnología que la empresa coloca en el mercado. En la mayoría de los casos se publicita solo un producto. Cuando se encontró más de uno, se seleccionó el primero identificado.

Además, se obtuvo la ubicación geográfica de la empresa a través de la dirección de sus oficinas centrales en México, y se realizó una distinción entre empresas que realizan “producción nacional”, y las que “importan y comercializan”. Para ello, se comprobó la existencia de una sede física en México de fabricación de nanomateriales, intermediarios y productos dentro del país. El primer criterio es la declaración explícita de ser una empresa con operaciones en territorio nacional, así como la ubicación geográfica física de una planta de producción. Además, se investigó si:

- Realizan compras y/o son proveídas por empresas que manufacturan nanomateriales al interior del país.
- Solicitan servicios de síntesis, medición y prueba de materiales a empresas nanomateriales que manufacturan en México.
- Pertenecen a un parque tecnológico especializado (Cluster de Nanotecnología de Nuevo León).

Por otro lado, la mayoría de las empresas que “importan y comercializan” no tienen una sede física en México, o bien poseen una oficina de ventas al por mayor o por menor en comercio especializado, donde la empresa manifiesta ser importadora de

² En: <http://clusternano.com/index.php/nosotros>

³ En: <https://www.nl.gob.mx/campanas/cluster-de-nanotecnologia-de-nuevo-leon-ac>

⁴ En: <https://compranet.hacienda.gob.mx/web/login.html>

productos que contienen nanotecnologías para su venta al interior del país. Además, existen comercializadoras que venden sus productos nanohabilitados únicamente a través de pedidos por internet. Se identificó que es manufacturado en otro país bajo aviso del proveedor original, así como ubicación de la matriz productora.

La segunda etapa consistió en asignar a cada empresa una clasificación económica sectorial, tomando como punto de partida el Sistema de Clasificación Central de Productos (Central Product Classification [CPC]), de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).⁵ La CPC es una estructura de clasificación para bienes y servicios basada en un conjunto de conceptos, definiciones, principios y reglas de clasificación acordados internacionalmente. Proporciona un formato que permite el análisis para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2021). En este caso, se utilizó la versión 2.1 de la CPC.

Debido a la gran diversidad de productos encontrados, se estableció equivalencia entre la CPC y la cuarta revisión del Sistema de Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (International Standard Industrial Classification of All Economic Activities – ISIC 4).⁶ Esta clasificación, también de la ONU, ofrece un conjunto de categorías de actividades productivas que sirven para realizar estadística sobre las actividades económicas (ONU, 2002). La ISIC 4 busca presentar ese conjunto de categorías para que los agentes (en este caso las empresas) puedan clasificarse de acuerdo a la actividad económica que realizan. Al realizar la búsqueda de empresas, lo primero que observar es un producto nanohabilitado, pero al tener más de un centenar de productos diferentes, la clasificación económica se vuelve compleja. Al aplicar la concordancia entre CPC-ISIC 4 (ONU, 2008), fue posible establecer una equivalencia de esos productos con las divisiones de la ISIC, ayudando a una clasificación económica simplificada en poco más de una veintena de sectores.

La segunda parte de la investigación corresponde a la revisión de los datos oficiales proporcionados por la ESIDET, de la cual se obtuvieron diversos estadísticos descriptivos referentes al desarrollo de la nanotecnología en México. Cabe señalar que la ESIDET es uno de los pocos instrumentos que se tienen en el país para la

⁵ Versión 2.1 disponible en: <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/cpc>

⁶ En: https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4e.pdf

recolección de datos estadísticos con respecto al tema; dicha encuesta tiene como finalidad recolectar información sobre distintos aspectos referentes a las actividades de I&D en empresas de los distintos sectores productivos, instituciones de educación superior, agencias de gobierno y empresas no lucrativas. Si bien, la primera ESIDET se realizó en 2006, fue hasta el levantamiento del año 2012 que incluyó entre su batería de preguntas, módulos específicos sobre nano y biotecnología. El levantamiento de este instrumento estadístico, así como la inclusión del módulo sobre nano y biotecnología responde a las recomendaciones hechas por la OCDE (Foladori et al., 2017).

La encuesta hace un muestreo probabilístico y estratificado que considera a las empresas dedicadas a los sectores productivos: minería, manufacturas, construcción, electricidad, servicios, transportes y comunicaciones, y que cuentan con más de 20 empleados, además, incluye la totalidad de las instituciones de educación superior, empresas no lucrativas y organizaciones gubernamentales incluidas en el directorio del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Cabe señalar que en los tabulados sobre el uso de bio y nanotecnología únicamente se toma en cuenta la muestra correspondiente al sector productivo (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [INEGI], 2019). A continuación, se presentan los resultados de las dos etapas de la investigación.

Resultados

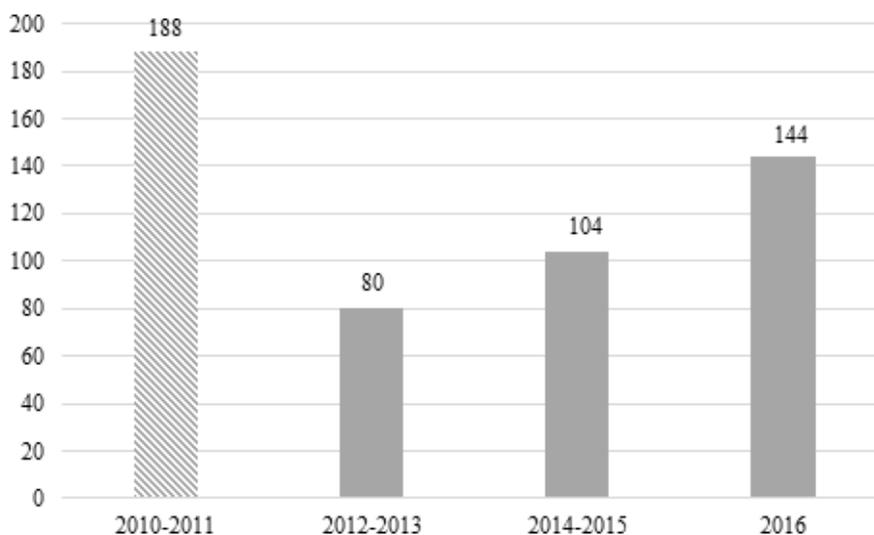
A partir de la realización del inventario propio, se localizaron 138 empresas con productos de nanotecnologías en el país. Dos estados concentran el 66.6% del total, el primero es Nuevo León con el 40.57%, le sigue la Ciudad de México con el 26%. El tercio restante se divide entre otros 14 estados y una entidad sin identificar (ver Tabla 1).

En este sentido, en los tabulados de la ESIDET disponibles en la página de INEGI, que realizan una proyección para el total de las empresas a partir de la muestra descrita en el apartado de metodología, aquellas compañías que utilizaron algún tipo de nanotecnologías no llega a las 150 para el último año en el que se realizó la encuesta (2017), mientras que para lo correspondiente al uso de biotecnología, se sobrepasan las 350 (ver Gráfica 1).

Tabla 1*Empresas con productos nanohabilitados por entidad federativa*

Estado	Empresas
Nuevo León	56
Ciudad de México	36
Estado de México	9
Jalisco	7
Baja California	4
Guanajuato	4
Hidalgo	4
Otros ⁷	18
Total	138

Fuente: Elaboración propia.

Gráfica 1*Empresas del sector productivo que realizaron actividades relacionadas con el uso de nanotecnología⁸*

Fuente: Elaboración propia, con base en tabulados ESIDET-INEGI (2012; 2014; 2017).

⁷ Coahuila tiene tres empresas; Chihuahua, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Yucatán con dos, respectivamente. Aguascalientes, Michoacán, Puebla y Sinaloa con una cada uno. En un caso no se encontró información de la sede en México.

⁸ La barra correspondiente al periodo 2010-2011 aparece punteada debido a que difiere con la tendencia posterior. Diversas causas podrían explicar esta diferenciación; sin embargo, esto implicaría una revisión más profunda del periodo en cuestión que no corresponde a los objetivos del presente texto.

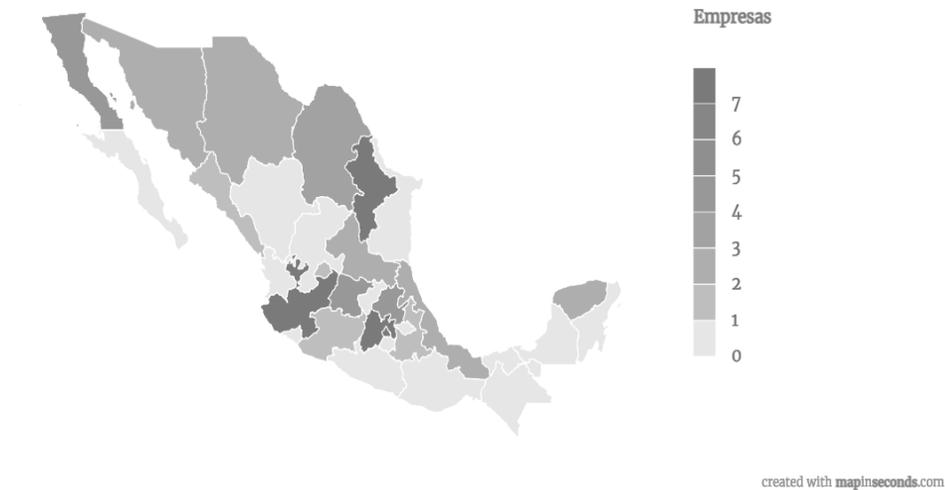
El crecimiento de un 80% de la cantidad de empresas a lo largo de tan solo tres años de análisis (2013-2016) resulta significativo, pero no necesariamente sorprendente si se considera la rápida expansión que está teniendo la incorporación de materiales y procedimientos nano en la producción mundial. Ciertamente es que después del boom entre 2004 y 2007, la crisis del 2008-2009 provocó una caída brusca de inversión en nanotecnología y de empresas productoras. Esto fue muy acentuado porque se trata de tecnologías novedosas, en gran medida financiadas por fondos de riesgo que ante la crisis se retiran (Kelleher, 2015). Sin embargo, esas tecnologías permanecen una vez establecidas y probadas; tan pronto comenzó la leve recuperación económica a partir del 2010, las nanotecnologías repuntaron, aunque de forma más selectiva, en áreas más con mayor amplitud de mercado y de menor riesgo. Dentro de estas últimas, se identifican los dispositivos y nano-sensores, porque son de aplicación clave en la interconexión de tecnologías parciales que se conoce como Industria 4.0 (Foladori y Ortiz-Espinoza, 2022).

En términos generales, un indicador del repunte de las nanotecnologías en la segunda década del presente siglo es el aumento del valor de mercado de sus productos a nivel mundial. Inshakova e Inshakov (2017) comparan tres estimaciones de consultoras en el periodo aproximado de 2012-2015 a 2020-2022 —Mordor Intelligence, Allied Market Research, y Deloitte Touche Tohmatsu Ltd.—. El resultado es que las estimaciones más conservadoras señalan una tasa anual compuesta de crecimiento del 15.5%, mientras que las más optimistas sugieren una del 22%. Considerando estos indicadores generales del repunte de las nanotecnologías, es viable que se haya dado el incremento de empresas en México anteriormente señalado tal como lo indica INEGI.

La Figura 1 muestra la distribución geográfica de las empresas, encontradas en el inventario propio, que realizan o comercializan productos de nanotecnologías en México. Los estados con mayor intensidad de color concentran un número mayor de compañías. Las entidades de la frontera norte, a excepción de Tamaulipas, poseen al menos una empresa. El centro y occidente también tienen presencia importante. Esto coincide con que Jalisco, Nuevo León y la Ciudad de México, son las zonas metropolitanas más importantes y los centros económicos más dinámicos del país.

Figura 1

Distribución geográfica de las empresas con productos nanohabilitados en México (inventario propio)



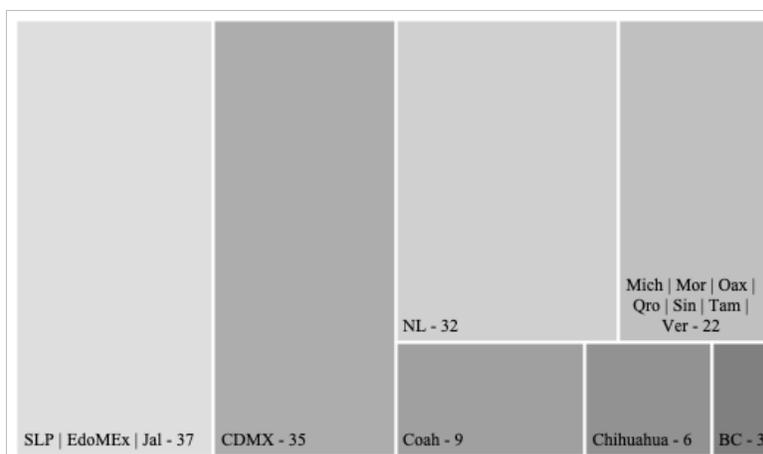
Fuente: Elaboración propia.

En contraste, en los estados de color más tenue, donde se encuentran los más pobres del país, no se ubicaron empresas con proceso de manufactura ni comercialización de productos con nanotecnología.

Sobre la distribución geográfica de INEGI, de acuerdo a la información obtenida para 2016, la Ciudad de México y Nuevo León concentraban el 46% de las empresas en nanotecnología, seguidos de los estados de San Luis Potosí, México, Jalisco y Chihuahua con el 7% cada uno y Chihuahua con el 4%. El resto de los estados tenían una concentración de apenas el 2% aproximadamente (ver Gráfica 2).

Gráfica 2

Distribución de las empresas con productos nanohabilitados entidad para 2016 (ESIDET)



Fuente: Elaboración propia, con base en la ESIDET-INEGI (2017).

Al realizar la clasificación económica sectorial, a partir del inventario propio, se encontró que 43 de las 138 empresas están ubicadas en la división 20 de la ISIC4: fabricación de químicos y productos químicos (ver Tabla 1 en Anexo). Esto representa casi un tercio del total. Le siguen el comercio al por mayor y al por menor, con el 20% (27 compañías). Como se mencionó, no todas las empresas tienen producción doméstica. Estas empresas no cuentan con una sede física de producción al interior del país, únicamente tienen sucursales y puntos de distribución. Además, en una empresa no se encontró dirección en el país, debido a que realizan sus ventas exclusivamente por internet.

En este mismo sentido, los datos de INEGI también permiten caracterizar una distribución de las empresas del sector productivo que hacen uso de tecnología por tipo de clasificación industrial según la OCDE. Sin embargo, esta caracterización es mucho menos precisa. Los tabulados de INEGI consideran datos hasta los años 2012-2013, periodo en el que, de las 80 empresas que declararon usar algún tipo de nanotecnología, 49 de ellas lo usaban en el área de manufactura y 31 en el sector de servicios.⁹

⁹ INEGI considera como servicios: intermediación financiera, bienes raíces, renta y actividades empresariales, computadoras y otras actividades empresariales. Contrasta el hecho de que, en el inventario propio, únicamente

Conclusiones

Los nanomateriales ofrecen propiedades novedosas que se han explotado significativamente en la industria desde inicios del presente siglo. En países desarrollados, principalmente, las crecientes preocupaciones por sus efectos en la salud y el medio ambiente han detonado en demandas sociales que dieron paso a que los nanomateriales sean tratados como materiales con propiedades particulares. En ese sentido, algunas regiones y países mantienen inventarios actualizados de empresas que fabrican o comercializan productos nanohabilitados.

En México, la ESIDET es uno de los pocos instrumentos de recolección de datos estadísticos con respecto al tema. Sin embargo, su información se basa en una proyección estadística de una muestra de empresas. La Relans ha realizado un inventario de nanotecnologías con información de distintas fuentes que ha permitido conocer ubicación geográfica, producto, producción local o comercialización y sector económico de las empresas con presencia de nanotecnologías en México.

De acuerdo a este inventario, la mayoría de las empresas se localizan en las zonas metropolitanas más activas del país, principalmente Nuevo León y la Ciudad de México. Casi una tercera parte se dedica a la fabricación de productos químicos. Además, la quinta parte de las empresas son comercializadoras, la mayoría sin una sede física en México, con ventas por internet o con oficinas y puntos de venta en centros comerciales.

Si bien el número de empresas del inventario es similar al que presenta la ESIDET, la distribución geográfica y la clasificación sectorial muestran diferencias significativas. La proyección de INEGI no permite saber si la empresa tiene producción al interior del país o se trata de una comercializadora. Otra diferencia que resalta es que la mayoría de las empresas del inventario se localiza en al área de producción y ventas, mientras que en la ESIDET se visualiza un número importante de compañías dedicadas a los servicios.

La importancia de impulsar un registro obligatorio de empresas que trabajan con nanomateriales o venden productos nanohabilitados en México es el punto de partida

una empresa se encuentra este sector. La variación puede deberse a cambios sucedidos entre el lanzamiento de la ESIDET y la realización del inventario propio.

para todo tipo de política pública en ciencia y tecnología. China, la Unión Europea y en menor medida los Estados Unidos están modificando sus reglamentaciones para obtener mayor información sobre la cual diseñar políticas apropiadas. La implementación por parte de México de un observatorio público y permanente de monitoreo de las nuevas tecnologías colocaría al país en un contexto internacional de vanguardia y, respecto de las nanotecnologías, en un diálogo de actualidad con las regiones y países más avanzados. Las nuevas tecnologías no solo son una cuestión de gran impacto y relevancia económica, sino que tienen directa e inmediata implicancia en la salud humana y medioambiental, aspectos que se vuelven claves en el desarrollo nacional y mundial.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo proporcionado por el Proyecto Ciencia de Frontera No. 304320 del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, así como al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) por los microdatos de la ESIDET.

Referencias

- Barbosa, T., Invernizzi, N. y Bagattolli, C. (2021). *São inovadoras as empresas brasileiras que adotaram nanotecnologias?* Curitiba, Red Latinoamericana de Nanotecnología y Sociedad.
- Bermúdez, J., Cuéllar, F., Duarte, A., Herrera, O., Osma, J. F. y Záyago Lau, E. (2018). Inventario de empresas nanotecnológicas en Colombia. En G. Foladori, N. Invernizzi, J. F. Osma y E. Záyago Lau (Eds.). *Cadenas de Producción de las nanotecnologías en América Latina* (pp. 125-135). Universidad de los Andes.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) (2002). *DECRETO por el que se aprueba y se expide el programa denominado Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006*. Diario Oficial de la Federación. <http://www.conacyt.gob.mx/siicyt/index.php/centros-de-investigacion-conacyt/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia/programa-especial-de-ciencia-y-tecnologia-2001-2006>

- European Chemicals Agency (ECHA) (2019). *National reporting schemes*. EUON. <https://euon.echa.europa.eu/national-reporting-schemes>
- Federal Ministry of Education and Research (s.f.). *Research map nanotechnology*. <https://www.werkstofftechnologien.de/en/service/nano-map#/?se=u27uzmqc2yde>
- Foladori, G. (2012). Riesgos a la salud y al medio ambiente en las políticas de nanotecnología en América Latina. *Sociológica*, 27(77), 143-180.
- Foladori, G. y Ortiz-Espinoza, Á. (2022). De las nanotecnologías a la industria 4.0: Una evolución de términos. *Nómadas*, 55, 63-73. <https://doi.org/10.30578/nomadas.n55a4>
- Foladori, G., Figueroa, E. A., Lau, E. Z., Appelbaum, R., Robles-Belmont, E., Vázquez, L. L. V., Parker, R. y Leos, V. (2017). La política pública de nanotecnología en México. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 12(34), 51-64.
- Foladori, G., Zayago Lau, E., Carrozza, T. J., Appelbaum, R., Villa, L. y Robles Belmont, E. (2018). Empresas de nanotecnología en Argentina y su lugar en la cadena de producción. En G. Foladori, N. Invernizzi, J. F. Osma y E. Záyago Lau (Eds.). *Cadenas de Producción de las nanotecnologías en América Latina*. Universidad de los Andes.
- Fundación Argentina de Nanotecnología (FAN) (2021). *Mapa Nano*. <https://www.fan.org.ar/mapa-nano/>
- Goodman, S. (s.f.). *NANOTECH: EPA issues first nanomaterial rule*. E&E News PM. <https://www.eenews.net/stories/79631>
- Guan Yu, L. (2021). *Enterprise boost: China ready to allow use of nano and biotech materials in cosmetics for the first time*. *Cosmeticsdesign-Asia.Com*. <https://www.cosmeticsdesign-asia.com/Article/2021/01/12/Enterprise-boost-China-ready-to-allow-use-of-nano-and-biotech-materials-in-cosmetics-for-the-first-time>
- He, N. (2021). *China New Chemical Substance Notification (MEP Order No. 7)*. ChemLinked. <http://chemical.chemlinked.com/chempedia/china-reach>

- Inshakova, E. y Inshakov, O. (2017). World market for nanomaterials: Structure and trends. *MATEC Web of Conferences*, 129, 02013. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712902013>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2012). Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) 2012 [dataset]. Subsistema de Información Económica. <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2012/>
- _____(2014). *Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) 2014 [dataset]*. Subsistema de Información Económica. <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2014/>
- _____(2017). *Encuesta Sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico (ESIDET) 2017 [dataset]*. Subsistema de Información Económica. <https://www.inegi.org.mx/programas/esidet/2017/>
- _____(2019). *Encuesta sobre Investigación y Desarrollo Tecnológico 2017 ESIDET. Documento de diseño muestral*. 14.
- Invernizzi, N., Foladori, G. y Maclurcan, D. (2008). Nanotechnology's Controversial Role for the South. *Science Technology & Society*, 13(1), 123-148. <https://doi.org/10.1177/097172180701300105>
- Kelleher, K. (2015). *Here's Why Nobody's Talking About Nanotech Anymore*. Time. <https://time.com/4068125/nanotech-sector/>
- Kemf, E. y United Nations Environment Programme. (2013). *GCO--Global Chemicals Outlook: Towards sound management of chemicals*. http://www.unep.org/hazardoussubstances/Portals/9/Mainstreaming/GCO/The%20Global%20Chemical%20Outlook_Full%20report_15Feb2013.pdf
- Ministère de la Transition Écologique et Solidaire (MTES) (2020). *Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire. Rapport d'étude 2019*. <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Rapport%20R-nano%202019.pdf>
- Nanowerk (2021). *Nanotechnology company & research labs directory*. https://www.nanowerk.com/nanotechnology/research/nanotechnology_links.php
- National Nanotechnology Initiative (NNI) (2000). *National Nanotechnology Initiative: The Initiative and its Implementation Plan*. National Nanotechnology Initiative/National Science and Technology Council/Office of Science and

- Technology Policy. http://nano.gov/sites/default/files/pub_resource/nni_implementation_plan_2000.pdf
- Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2002). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las Actividades Económicas (CIIU) Revisión 3.1*. Organización de las Naciones Unidas. https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev3_1s.pdf
- _____. (2008). *International Standard industrial classification of all economic activities (ISIC) (Rev. 4)*. United Nations.
- _____. (2021). *Introduction to CPC*. Economic statistics. <https://unstats.un.org/unsd/classifications/Econ/cpc>
- Safe Food Advocacy Europe (2020). Titanium Dioxide (E171). *SAFE - Safe Food Advocacy Europe*. <https://www.safefoodadvocacy.eu/titanium-dioxide-e171/>
- StatNano (s.f.). *Nanotechnology Products Database*. <https://product.statnano.com/>
- Surtayeva, S. (2021). Política tecnológica en contexto semiperiférico: Trayectoria de la nanotecnología en Argentina (2003-218). En M. Berger, T. Carroza y G. Bailo (Eds.). *Nanotecnología y Sociedad en Argentina. Para una agenda inter y trans disciplinaria: Vol. I* (pp. 26-59). CELFI, UNC, SECyT.
- The Nanodatabase (2013). *Inventory for products that contain nanomaterials*. <https://nanodb.dk/en/>
- The Royal Society (2004). *Nanoscience and nanotechnologies: Opportunities and uncertainties*. Royal Society/Royal Academy of Engineering.
- Tsuzuki, T. (2009). Commercial scale production of inorganic nanoparticles. *International Journal of Nanotechnology*, 6(5), 567-578. <https://doi.org/10.1504/IJNT.2009.024647>
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2012). *ERMA200782-CPGS-Document-as-Amended-July-2012.pdf*. Environmental Protection Authority. <https://www.epa.govt.nz/assets/FileAPI/hsno-ar/ERMA200782/e1f83f48f0/ERMA200782-CPGS-Document-as-Amended-July-2012.pdf>
- _____. (2017). Chemical Substances When Manufactured or Processed as Nanoscale Materials; TSCA Reporting and Recordkeeping Requirements. *Federal Register*, 82(8), 3641.

VT Daily (2013). *Nanomaterials inventory improved to help consumers, scientists track products*. <https://www.vtnews.vt.edu/articles/2013/10/102813-ictas-nano.html>

Woodrow Wilson International Center for Scholars (WWICS) (2021). *Consumer products inventory*. Project on Emerging Nanotechnologies. <http://www.nanotechproject.tech/cpi/>

Záyago, E., Foladori, G., Appelbaum, R. y Arteaga Figueroa, E. (2013, diciembre). Empresas nanotecnológicas en México: Hacia un primer inventario. *Estudios Sociales, XXI*(42), 9-26.

Záyago, E., Foladori, G., Villa, L., Appelbaum, R. y Arteaga Figueroa, E. (2015). Análisis Económico Sectorial de las Empresas de Nanotecnología en México. *Documentos de Trabajo Instituto de Estudios Latinoamericanos – IELAT, 79*, 1-31.

Anexos

Tabla 1

Empresas con presencia de nanotecnologías en México por División ISIC 4

División ISIC 4	Empresas
División 20 - Fabricación de químicos y productos químicos	Nanomat, Bintis, Nanomateriales (Grupo Xignux), ScanPaint, Protexa, Grupo Cydsa, Indelpro (Grupo Alfa), Dynasol (Grupo Kuo), Owens Corning México, Key Química S.A. de C.V., Carbomex, Nanocron Nanotecnología, Mesil Productos y Soluciones de Limpieza, Nano Coating Technologies (NCT), Impershield, Nabicon, Biotech, Kol México, Comex (PPG Industries), Macro-M (Grupo Kuo), Eco-Freeze international, Grupo Kuo (DESC), Gresmex (éviter), Henkel, Possehl, AIG Sinergia y Representaciones, Nan-Tec (Grupo Mac-Anders S.A. de C.V.), Colhei, Jalmek Científica, Kemcare de México, Lipoquimia (Coptis), Micro S.A. de C.V. (Microhule químicos), Stay Clean, Nanoagrosolutions, PHC (Plant Health Care), Nano Coating Technologies, Orted (Nbelyax), Bioteksa, Brenntag México, Total Products International (Total Prodinter), ID-Nano (Investigación y Desarrollo de Nanomateriales S.A. de C.V.), Industrias Protect
División 47 - Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	Nano Tec México, Technocoating, NanoPhos, BYK Chemie de México, Distribuidora, Nano de América, Sanki Global, Drywash, NanoProtect (Representante de Nanoproofed), La Cantera Proyectos y Arquitectura S.A. de C.V. (distribuidor de V-kool), Nanodepot (antes NanoSoluciones), Empower Circle México (TruNano), Nanotechnik de México S.A. de C.V., Nanoprotech (Apollo Nanotechnology), Malco (NanoCare), Innobel (Estrategias de Alto Impacto. S.A. de C.V.)
División 46 - Comercio al por mayor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	Nanometrix, Agilent Technologies Región Latinoamericana, VAMSA, Tecnocolibrí (Grupo Colibrí de Monterrey), Nanotecnología México S.A. de C.V., Basf, Swordfish Energy S.A. de C.V., Asgrow México (Bayer), Agrichem, Metallistic (Depósito dental), Malvern Panalytical México, Hosokawa Micron de México
División 27 - Fabricación de material eléctrico	Whirlpool, Prolec (Grupo Xignux), Viakable (Grupo Xignux), Kinetech Power Systems S.A. de C.V., Magnekon (Grupo Xignux), Mabe, Condumex (Grupo Carso), Proyectos Sustentables de la Península S.A. de C.V., Tecno Procesos Aberi S.A. de C.V., IMR Solutions S.A. de C.V.
División 25 - Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	Cedinor S.A. de C.V., Nematik, Metalsa, Metalsa, Frisa Forjados, Industrias Vago de México S.A. de C.V., Hylsa (Galvak), GYAM Ingeniería y Servicios Industriales, 3G Herramientas Especiales S.A. de C.V.

División 21 - Fabricación de de productos farmacéuticos, químicos medicinales y botánicos.	Liomont, Rubio Pharma S.A. de C.V., Neolpharma, Naturex, NanoscienceLabs, Nanoingredientes Bioactivos S.A. de C.V., BionAg, Nano Tutt
División 10 - Fabricación de productos alimenticios	Sigma Alimentos, Qualtia Alimentos (Grupo Xignus), Grupo Pepsico, Margrey, Lala, PIASA (Proveedores de Ingeniería Alimentaria S.A. de C.V.), Logre International Food Science
División 28 - Fabricación de maquinaria y equipo no clasificado en otra parte (n.c.o.p.)	RD Research & Technology, Dow Química Mexicana (Dow Water & Process Solutions), Global Proventus, HelTec (Helguera Tecnologías del Agua), Aquapro (Ingeniería y proyectos integrales de agua), Sadosa, Grupo Simplex
División 23 - Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Cemex, Grupo Vitro, Porcelanite-Lamosa, Maxima Nacional de Adhesivos Cerámicos S.A. de C.V. , Interceramic
División 26 - Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	Kemet de México, Sony, Anton Paar México, IBM México, Aureus México
División 19 - Fabricación de coque y productos refinados del petróleo	Pemex, Lubral(Gonher), Roshfrans
División 13 - Fabricación de textiles	Kaltex, Peñoles (Grupo BAL), PGI (Polymer Group Inc.)
División 17 - Fabricación de papel y productos de papel	CopaMex, Smurfit Kappa
División 22 - Fabricación de caucho y productos de plástico	Polnac, Donaldson Latinoamérica
División 32 - Otras manufacturas	3M de México, Goval S.A. de C.V.
División 14 - Fabricación de prendas de vestir	Antiestática de México (Estatec)

División 15 - Fabricación de cuero y productos relacionados	Ten-Pac
División 24 - Fabricación de metales básicos	Ternium
División 81 - Servicios a edificios y actividades paisajísticas	Clean Center Sureste

Fuente: Elaboración propia.